

KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉLOK HEGESZTÉSE



Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem



Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék

Dr. Palotás Béla

TARTALOM

- **Korrózióálló acélok hegeszthetősége**

- Korrózió jelensége

- Korrózió fajtái

- Ferrites korrózióálló acélok

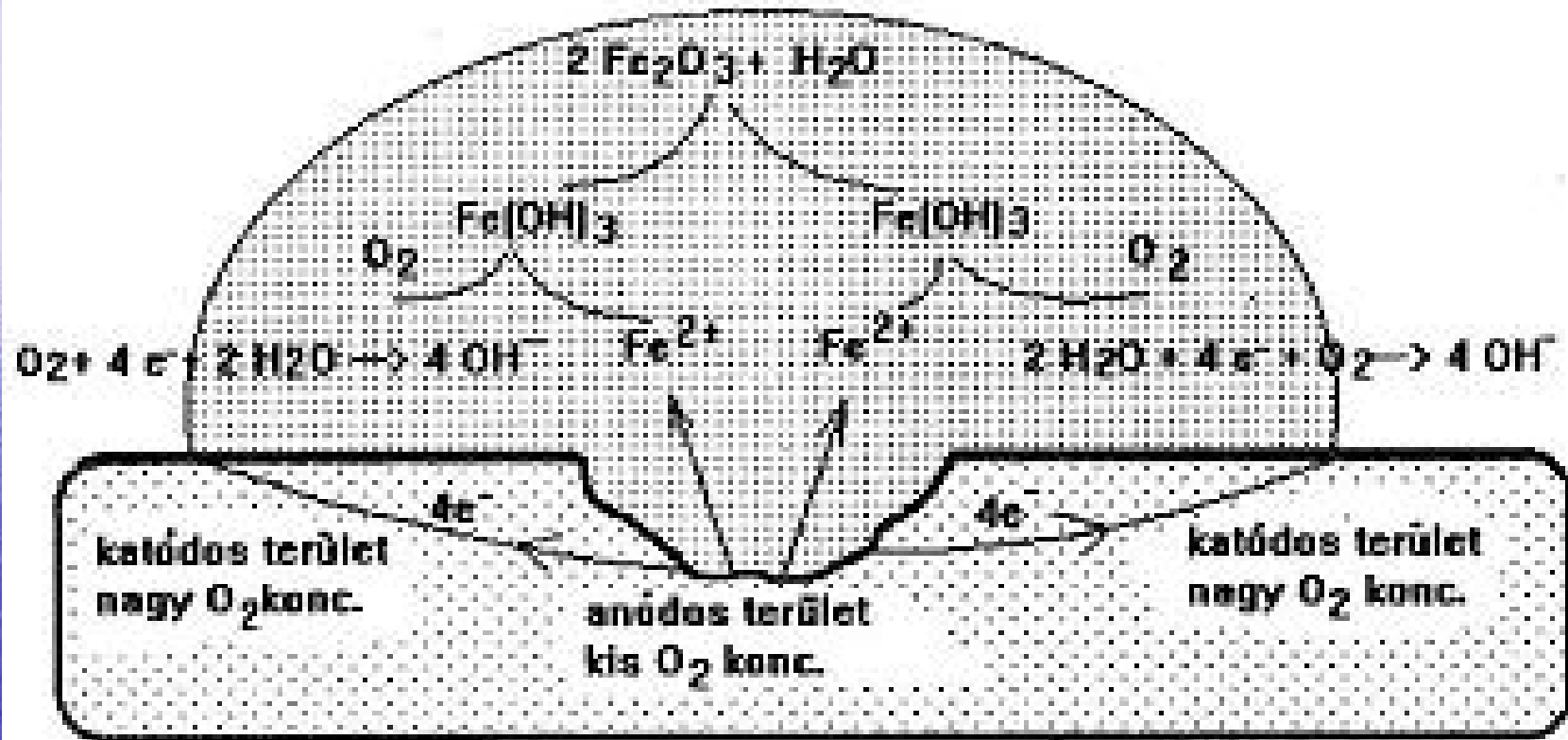
- Martenzites korrózióálló acélok

- Ausztenites korrózióálló acélok

- Új fejlesztésű korrózióálló acélok

- Hőálló acélok

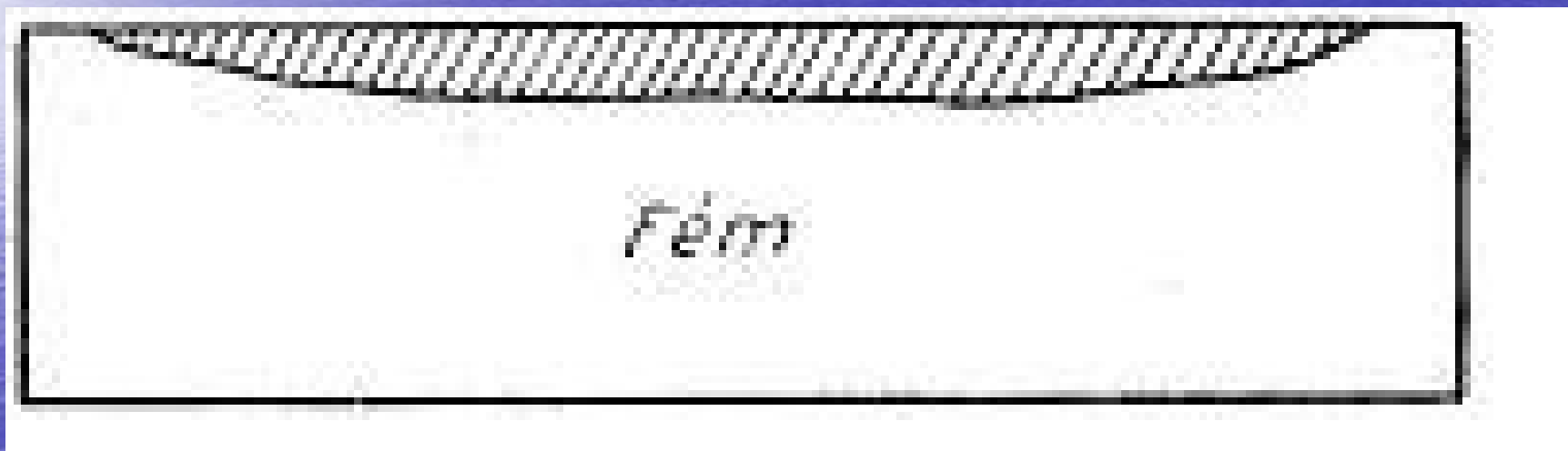
Korrózió jelensége



A korrózió fajtái

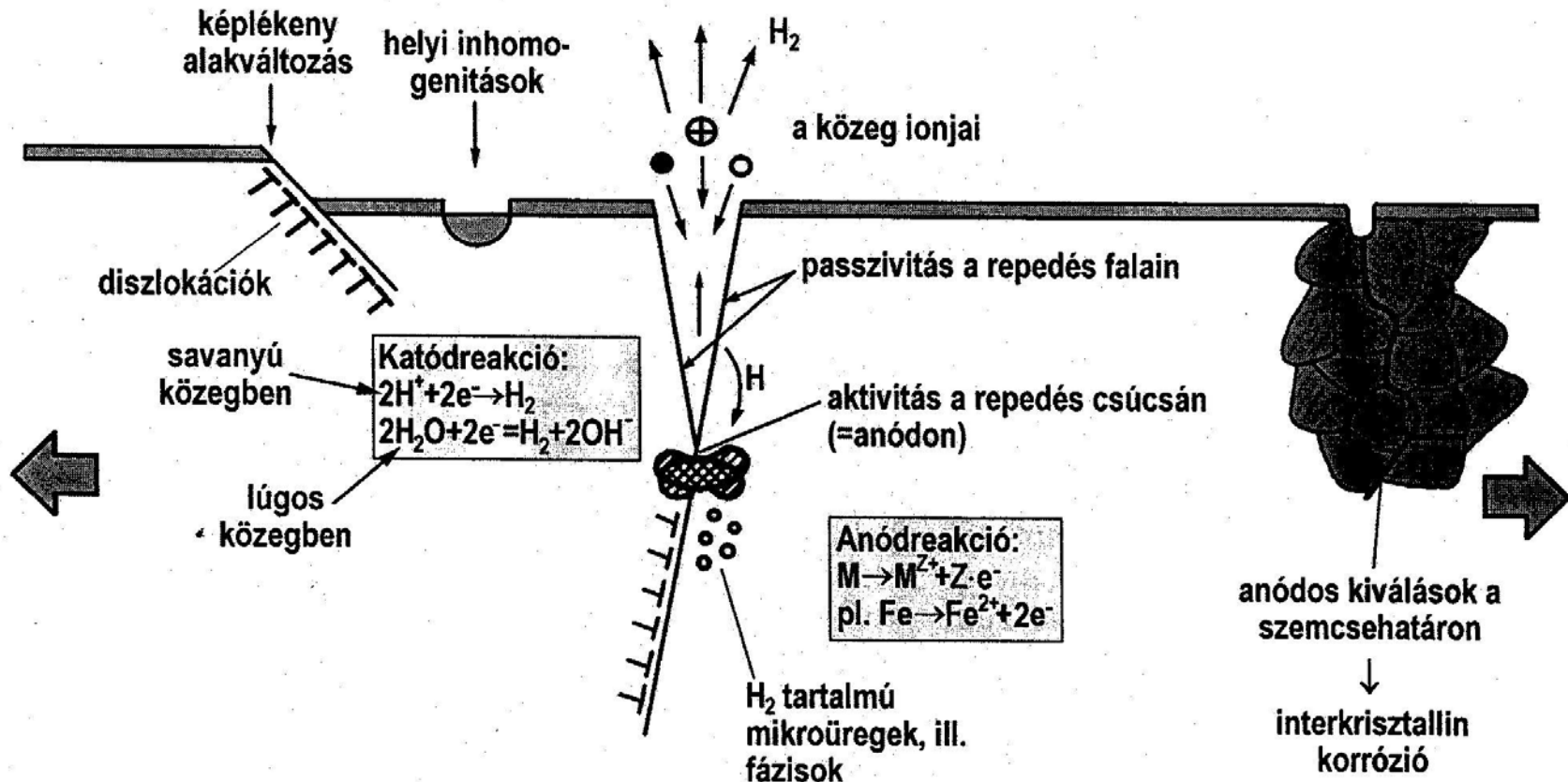
- Egyenletes korrózió
- Helyi korrózió
 - Pont-
 - Rés-
 - Késél-
- Szövetszerkezeti korrózió
 - Szelektív
 - Interkrisztallin
- Repedéses korrózió (feszültségi korrózió)

Általános korrózió

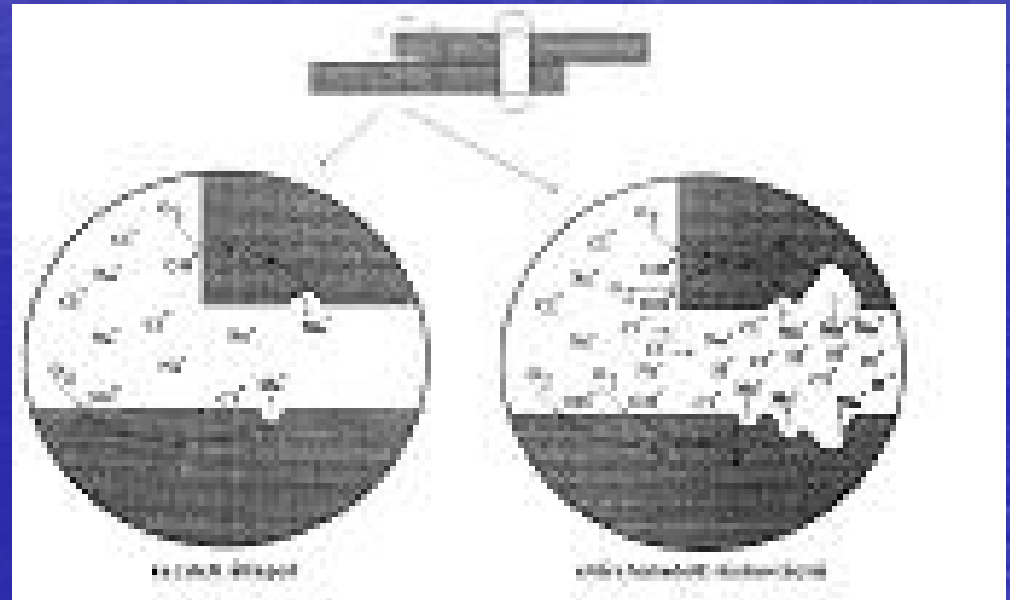
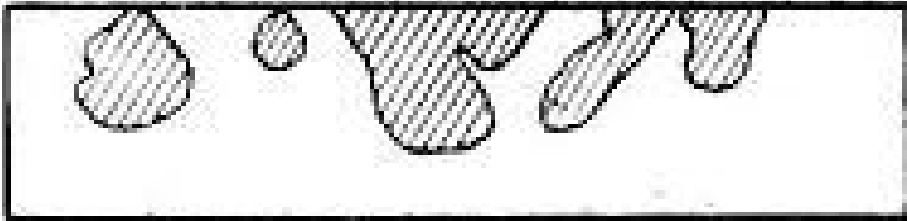


A helyi korrózió kialakulása

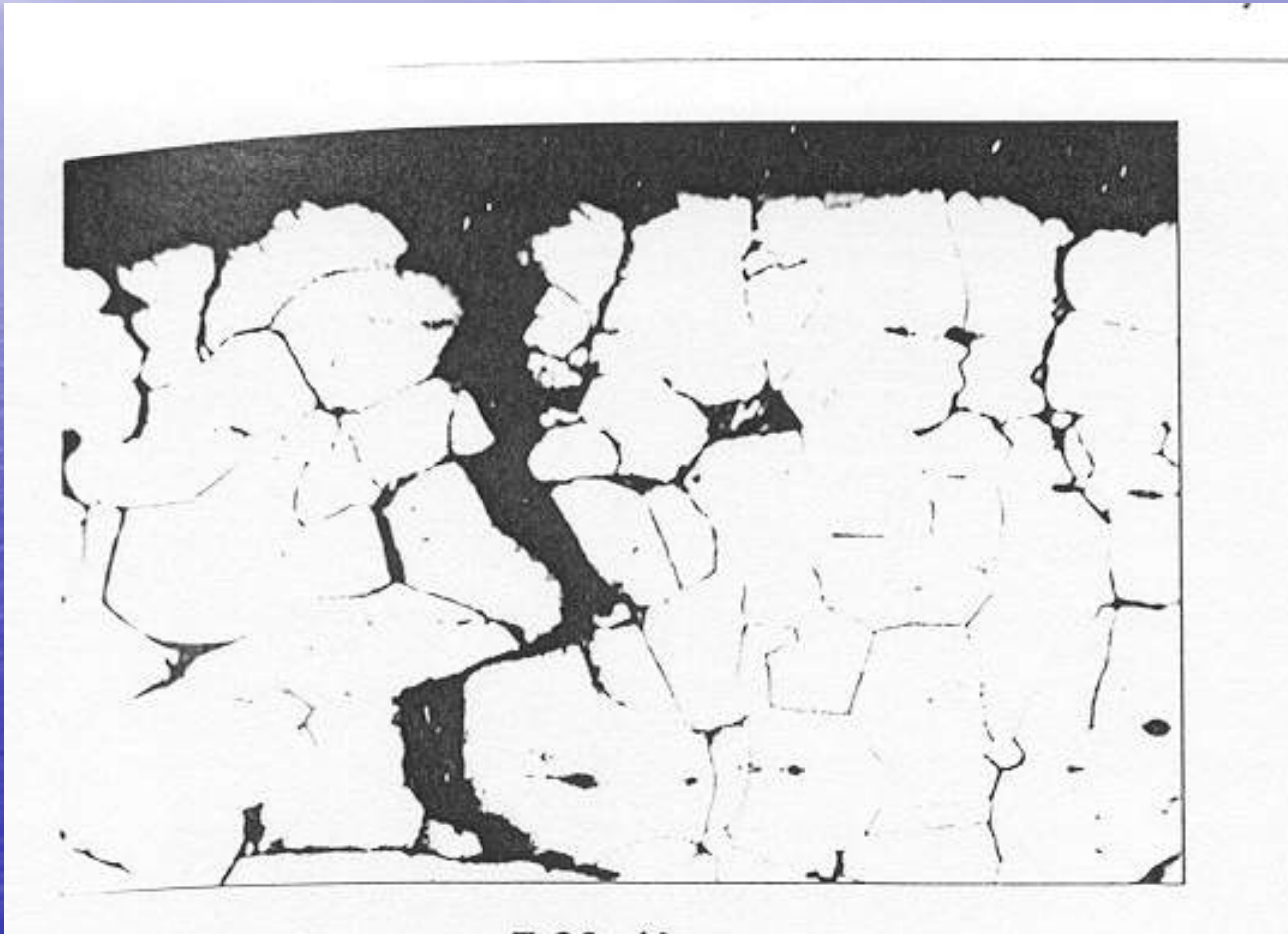
A védőhártya helyi átszakadása



Pont korrózió Rész korrózió



Interkrisztallin korrózió



Feszültségi korrózió



Korrózióvédelem az alapanyag oldaláról

Jó korrózióálló anyagok

Homogén szövetszerkezetű anyagok

Nemes szövetek keveréke

Ferrites

Martenzites

Ausztenites

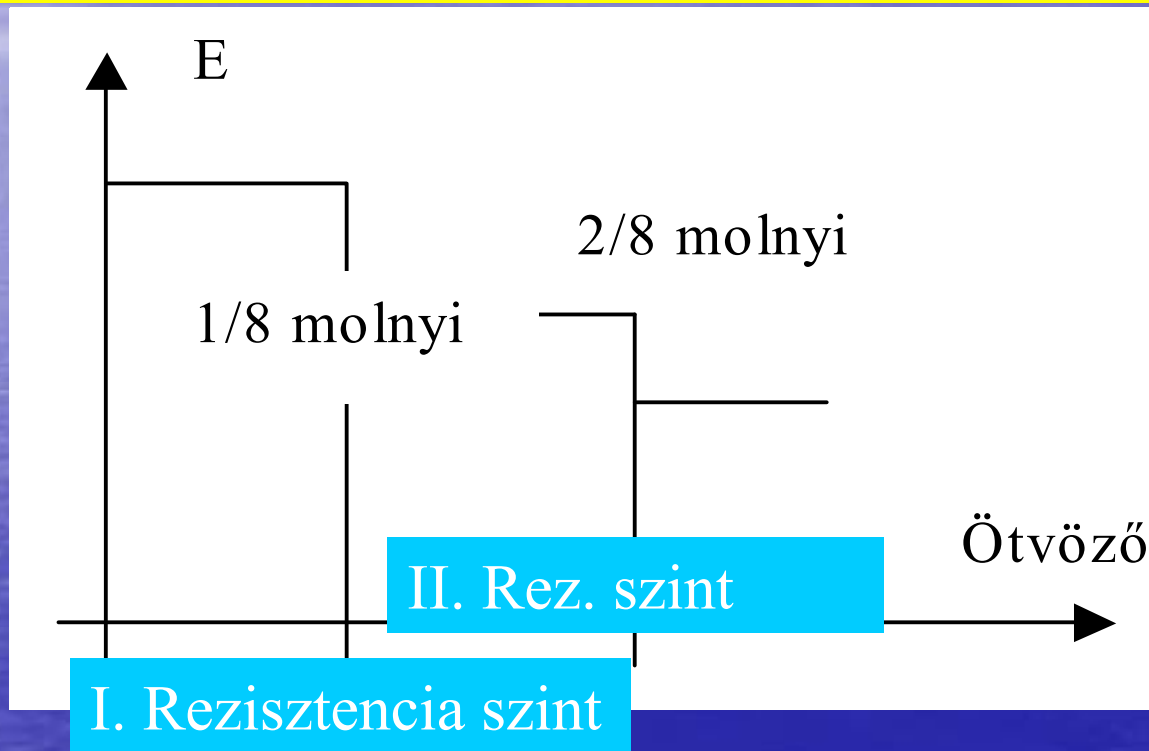
Duplex

Passzivitás

Felületi réteg \Rightarrow Cr_2O_3

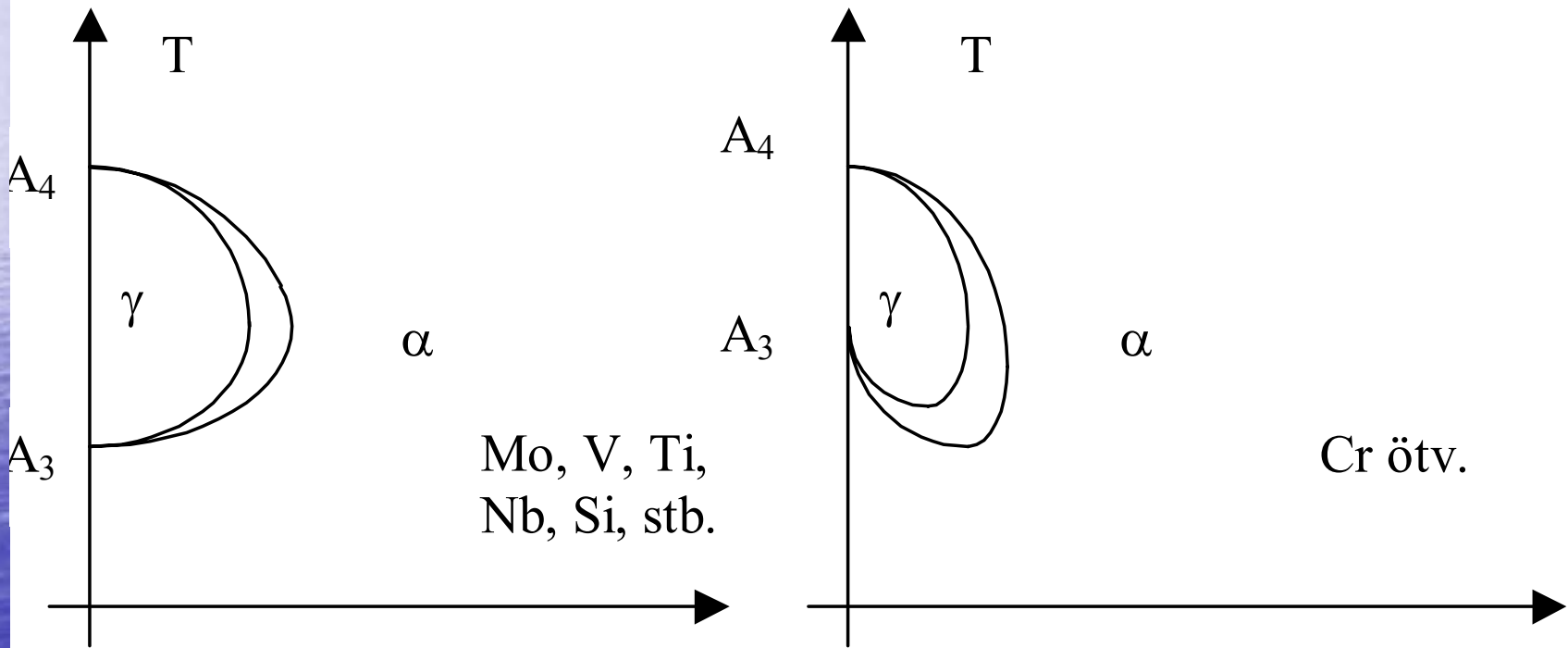
Rezisztencia \Rightarrow Ötvözés legalább az I. rezisztencia szintre

Ötvözés legalább az I. rezisztencia szintre

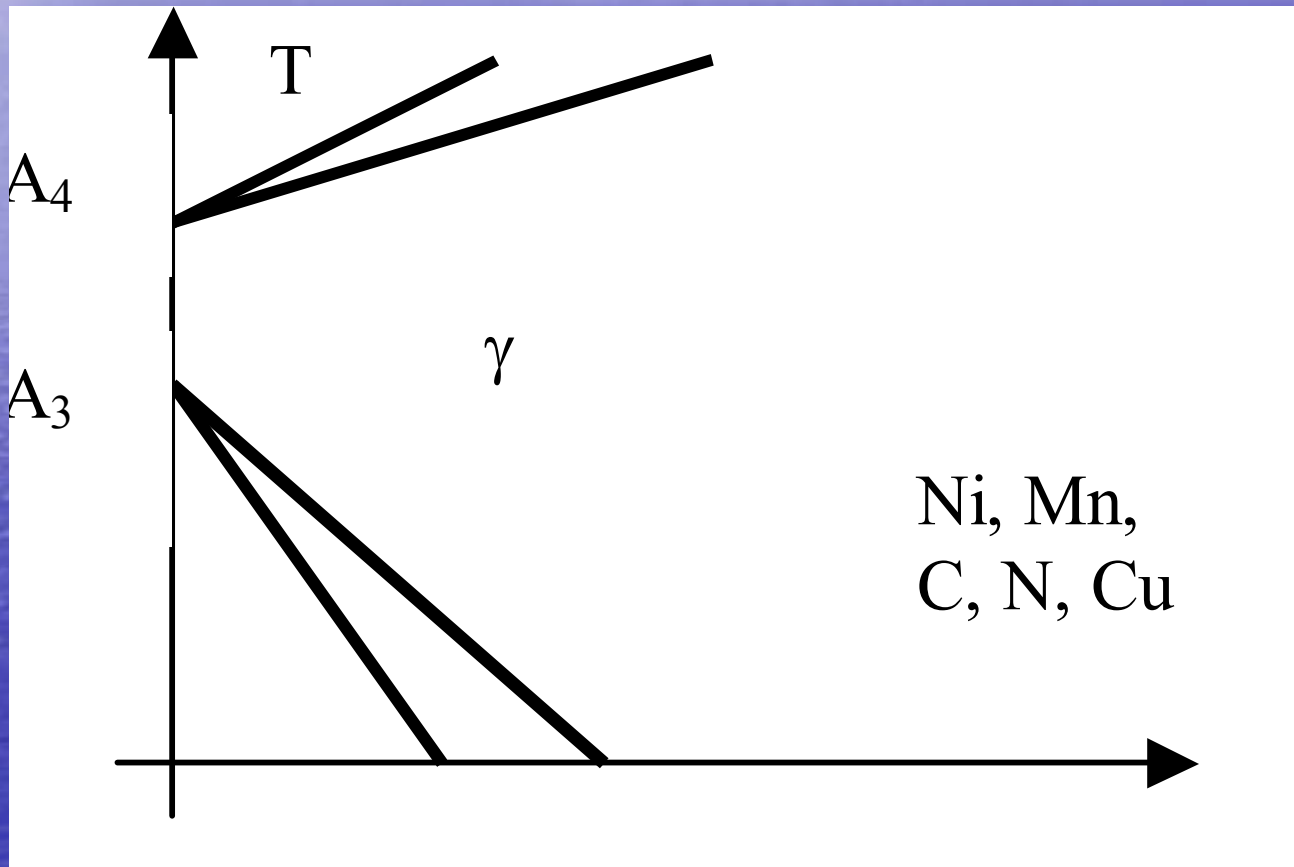


ACÉLOKNÁL A KORRÓZIÓÁLLÓSÁGOT a Cr okozza, I. rez.
szint: 11,7 % II. 23,4%

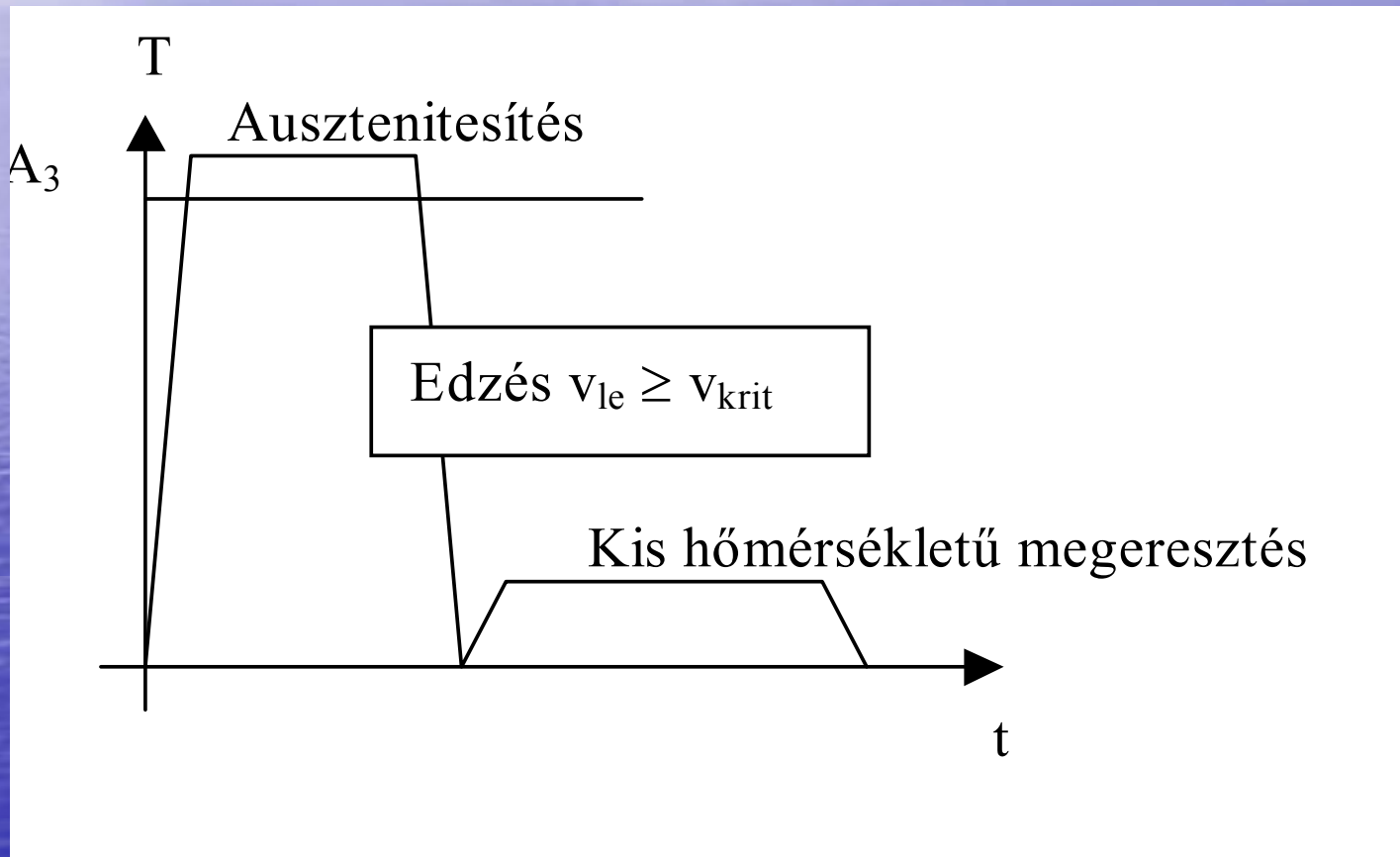
Ferrites szövetszerkezet



Ausztenites acélok



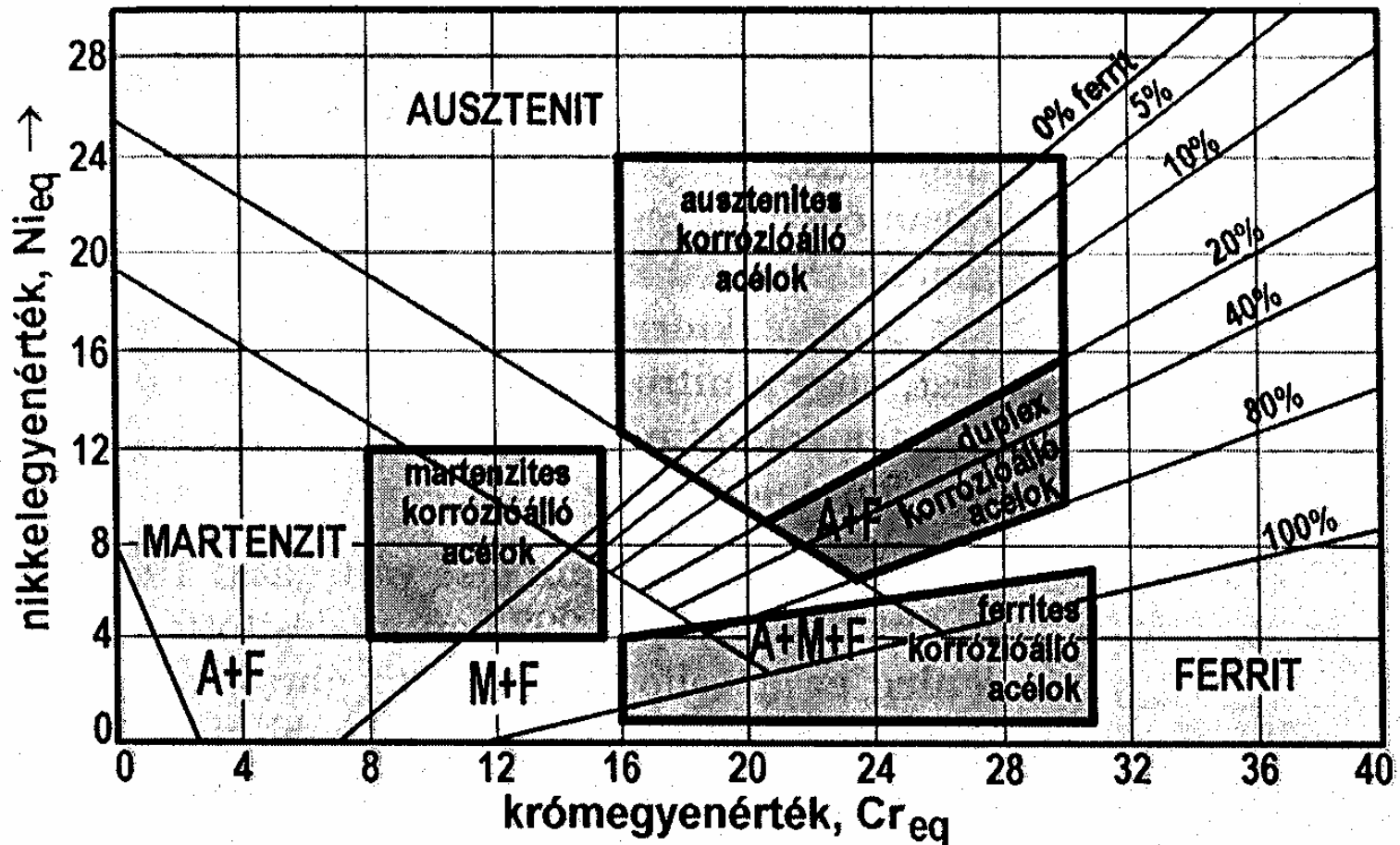
Martenzites acélok $C \geq 0,22\%$



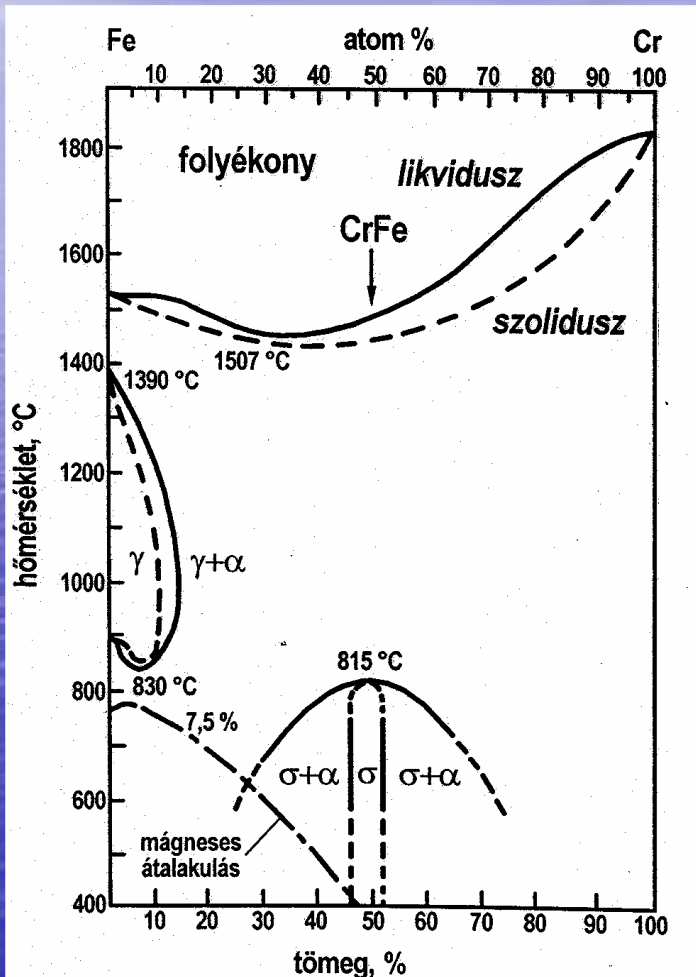
Új fejlesztésű acélok

- Szuper ferrites acélok
- Szuper ausztenites acélok
- Duplex acélok
- Szuper duplex acélok
- Kiválóan keményíthető korrózióálló acélok

Korrózióálló acélok helye a Schaeffler diagrammon



FERRITES KORRÓZIÓÁLLÓ ACÉLOK



• Ötvözés

- Fő ötvöző a Cr
Passzíváló hatás
Ferritképző
- I. rezisztencia szint
Si, Mn \leq 1 %
Ni \leq 0,6 %
C \leq 0,1 %

Ferrites korrózióálló acélok (Rozsdaálló acél)

- Mechanikai tulajdonságok:
 - $R_e \geq 250 - 300 \text{ MPa}$ $A_5 \geq 20 \%$
 - $R_m \geq 450 - 500 \text{ MPa}$
 - Nem a lágy ferrit!
- Fő ötvözet csoportok, jellegzetes típusok
 - X8Cr 13 X12Cr 13 X10Cr 17
 X10CrS 17 X10CrTi 17 X10CrMo 17
 - Mérsékelt, legfeljebb közepes korróziós igénybevétel esetén (tej-, sör,- szeszipar, kozmetikumok gyártása)

Ferrites korrózióálló acélok hegesztési szabályai

Fő probléma a kis alakváltozó képesség

ELŐMELEGÍTÉS

150 – 300 °C-ra a hegesztési
zsugorodásból származó
keresztirányú repedések elkerülésére

UTÓLAGOS HŐKEZELÉS?

Szükséges, 700 – 760 °C, 1 órás
hőntartással. (Vékony lemezeknél kis
falvastagságnál elhagyható.)

HEGESZTÉS

Homogén kötés

Heterogén kötés

Kombinált kötés

Hegesztőanyag választás

Homogén kötés

- Hegesztés sajátanyaggal
- Probléma kis alakváltozó képesség miatti repedés érzékenység

Heterogén kötés

- Hegesztés ausztenites acél hegesztőanyaggal. Nem repedés érzékeny, de a korróziós tulajdonságok romlanak az inhomogenitás miatt.

Kombinált kötés

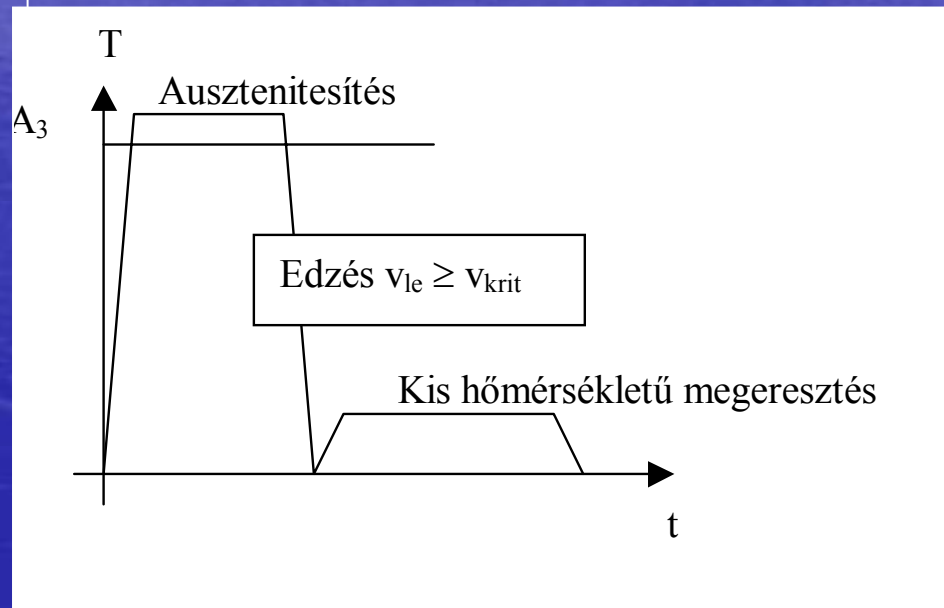
- A varrat ausztenites hegesztőanyaggal készül, de takarás a korróziós közeg oldaláról sajátanyaggal. Ez repedés mentes és korróziós probléma sincsen

• Hőbevitel, hegesztési technika?

- Kis hőbevitel a szemcsedurulás elkerülésére

Martenzites korrózióálló acélok (Rozsdaálló acél)

- Nagy szilárdság, nagy keménység mellett, mérsékelten korrózióálló acél.
- Edzéssel hozzák létre a martenzites szövetszerkezetet, de nemesített állapotban is használják



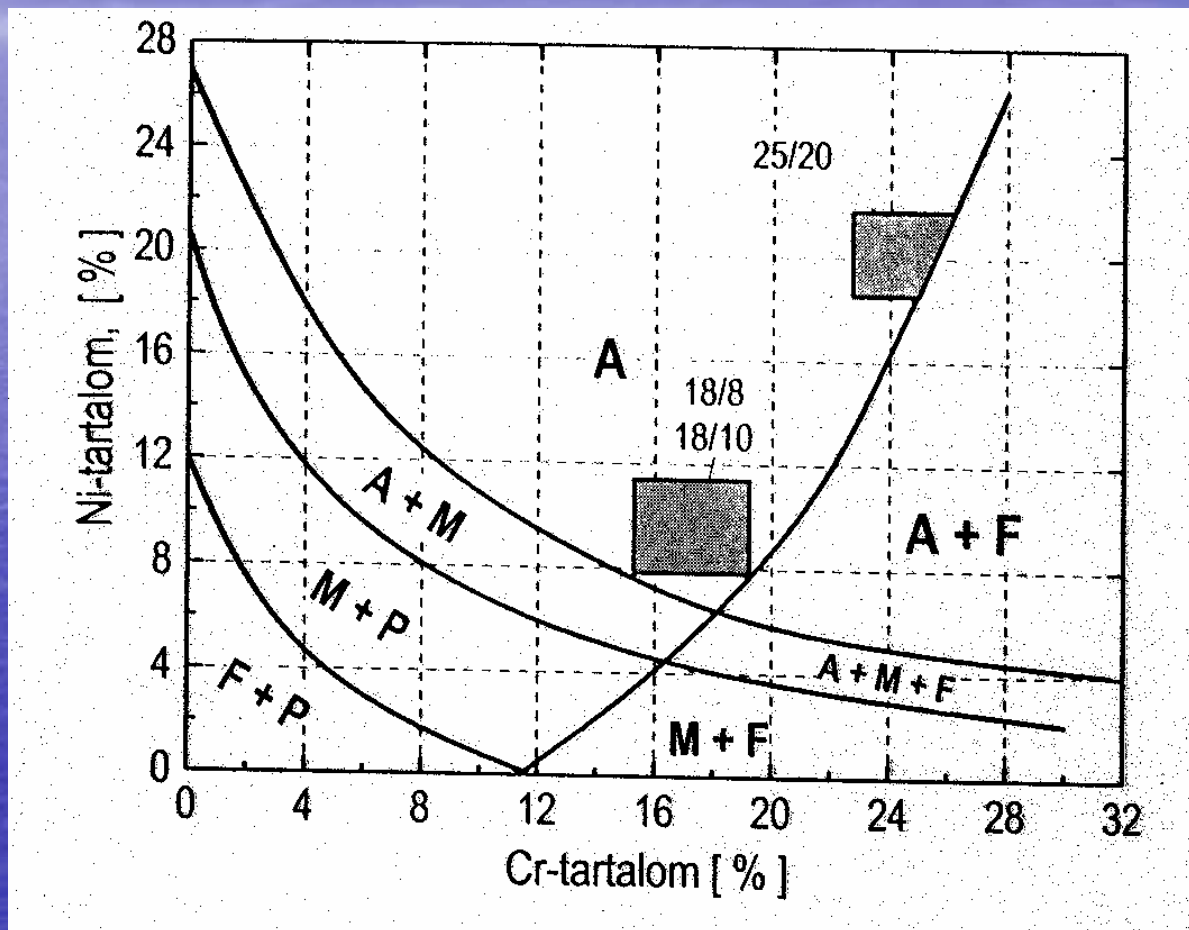
Martenzites acélok

- Alkalmazás:
 - Vegyipari- és élelmiszeripari kések, vágó- és forgácsoló szerszámok, darálók, szelepek, rugók, orvosi eszközök, fogok, kések stb.
- Ötvözés
Cr = 12 ... 18 %, C = 0,1 ... 1,2 %
- Fő ötvözet csoportok
Martenzites
Félmartenzites
- Jellegzetes típusok
X20 Cr 13
X30 Cr 13
X40 Cr 13
X105 CrMo 17
X14 CrNi 17 2

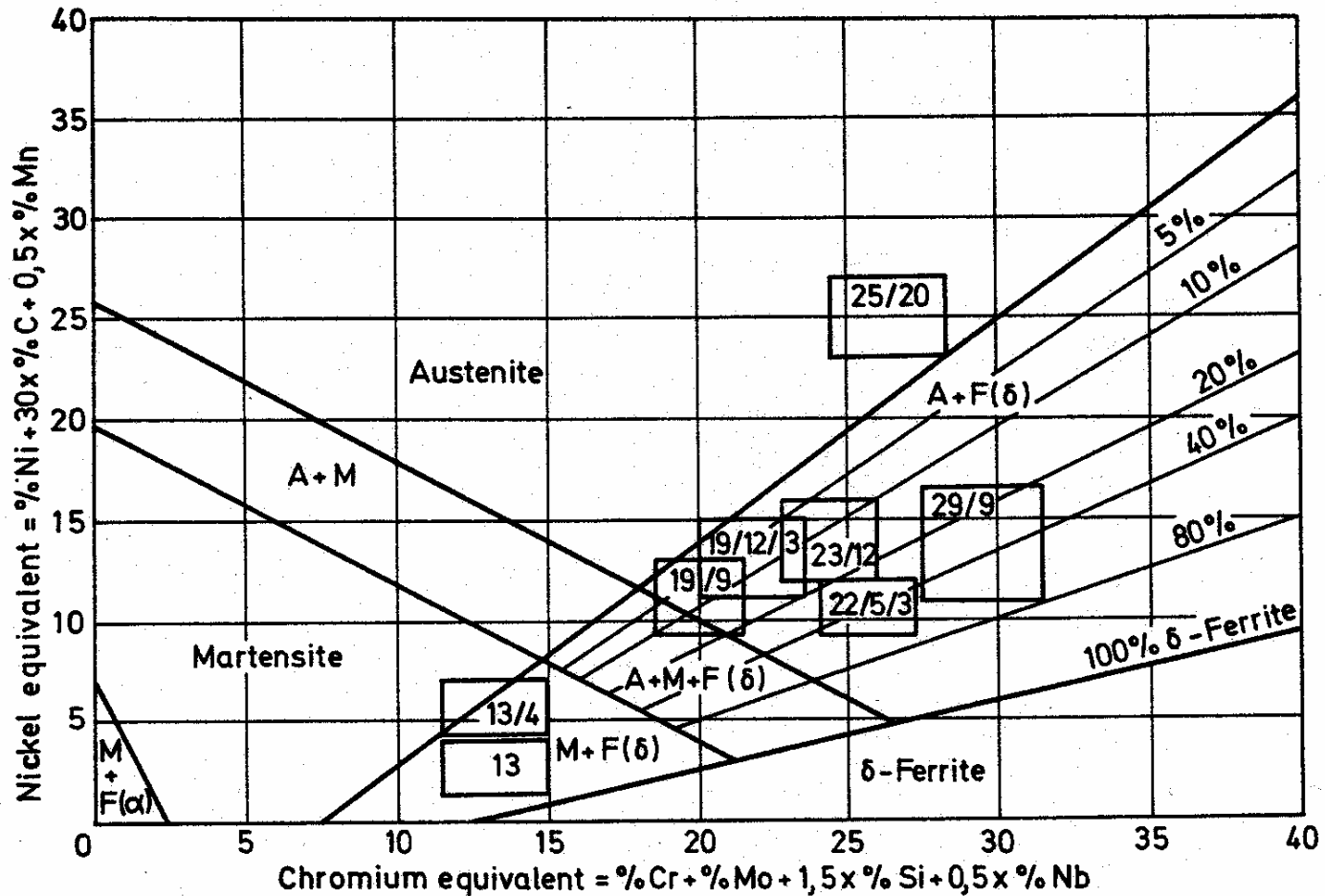
Hegesztési problémák, a hegesztés szabályai

- Fő probléma a kis alakváltozó képesség, így hegesztésnél rendkívül érzékeny a repedésekre.
- - Előmelegítés?
240 ... 400 °C - os előmelegítés szükséges
- - Hegesztőanyag választás?
Hegesztés sajátanyaggal, vagy ausztenites hegesztőanyaggal.
- - Hőbevitel, hegesztési technika?
Nagy hőbevitellel kell hegeszteni.
- - Utólagos hőkezelés?
740 ... 800 °C , 2 – 4 h hőntartással, az utólagos hőkezelést a darab lehűlése előtt el kell kezdeni. Saját anyagnál teljes keresztmetszetű, ausztenites acélnál helyi hőkezelés is elég lehet.

Ausztenites korrózióálló acélok (Saválló acélok)



Alaptípusok



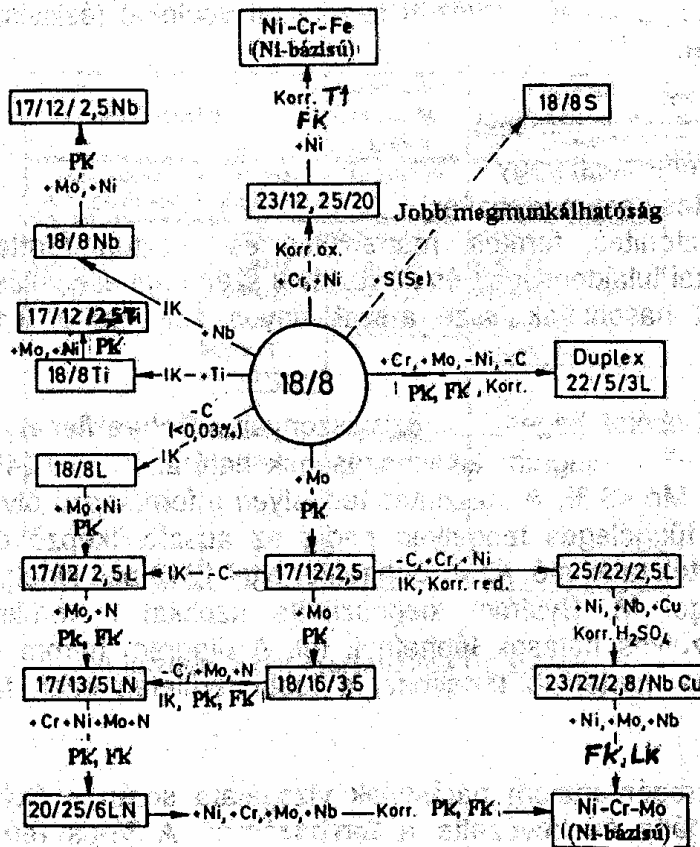
Jellemző tulajdonságok

- Cr ötvözés az I. rezisztencia szint fölött van. A Cr okozta korrózióállóságot a Ni tovább javítja. Túlhűtött állapot, vízhűtéssel is ausztenites marad, mert M_s messze a szobahőmérséklet alatt van. Leglággyabb állapot edzéssel (ausztenites lágyítással) érhető el.
- $R_e \geq 170 - 250 \text{ MPa}$ $R_m \geq 440 - 500 \text{ MPa}$
 $A_5 \geq 40 - 45 \%$

Fő ötvözők

- Cr Rezisztencia, passziválás, ferritképző
- Ni Ausztenitképző, korr. állóságot javít
- Mn Ausztenitképző, Hatfield-acél (12 - 16%)
- Si Hőállóság növeli, melegrepedést okoz
- Mo Helyi korrózióval szemben javít
- Cu Kénsavban javít
- N Szilárdságnövelő, ausztenitképző
- C Ausztenitképző, karbidkiválások és egyéb kiválások jöhetnek létre, mennyiségét korlátozni kell, max. 0,08 % (régebben: 0,12 %)

Típusok, fejlesztések



Az ötvözőelemek hatása a 18/8-as ausztenites Cr-Ni acélra

PK: pontkorrózió; KK: kontaktkorrózió; IK: szemcsehatármenti korrózió; FK: feszültségkorrózió; LK: lyukkorrózió

X8 CrNi 18 10

X8 CrNi Mo 17 12 2

X12 CrNiTi 18 9

X8 CrNiTi 18 10

X8 CrNiNb 18 10

X3 CrNiMo 17 14 3

X3 Cr Ni 19 11

X3 CrNiMo 18 16 4

X2 CrNiSi 17 15 4

X2 CrNiMoCu 25 20 5

Hegesztési problémák

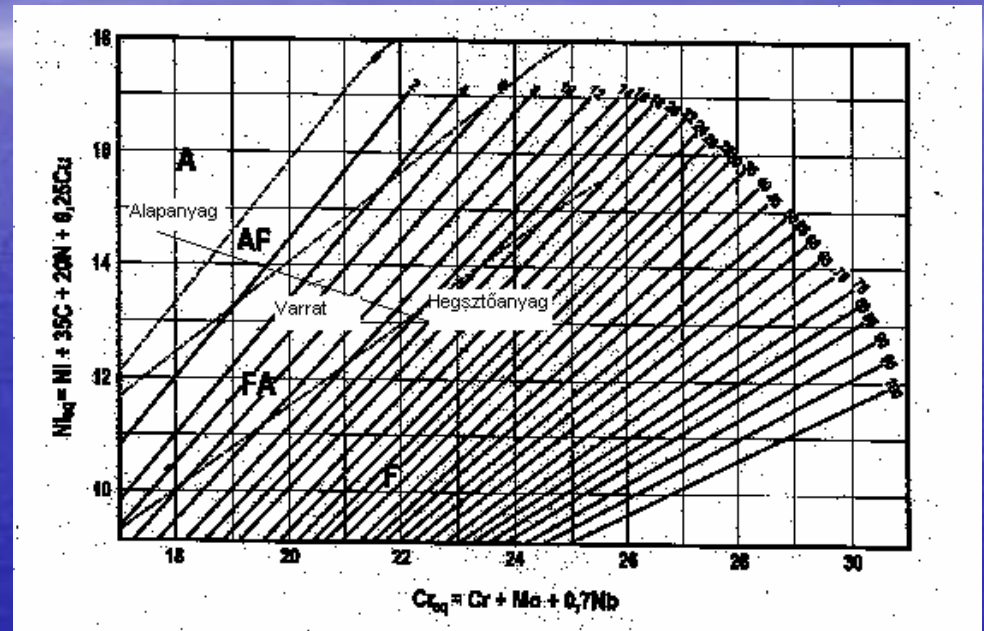
- Melegrepedések (kristályosodási repedések) kialakulása
- Kiválások létrejötte
 - Szenzibilizáció, interkristallin korrózióra érzékenyvé válik az anyag
 - Különböző fázisok kiválása
 - Khi fázis (χ fázis)
 - Laves fázis (η fázis)
 - 475 °C – os elridegedés
 - Nitridek, karbidok kiválása
 - Delta ferrit kiválása az ausztenit szemcsén belül
 - σ –fázis kiválása

Melegrepedés oka

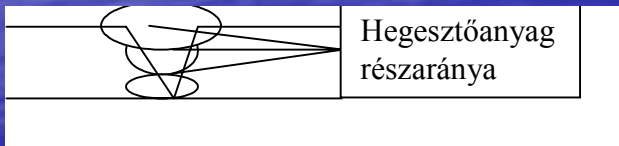
- Oka elsősorban a szilíciumhártya kialakulása a szemcsehatáron. A hártya kialakulásáért nem csak a Si felelős, de a S, P és O is elősegíti a melegrepedést.
- A hártya csökkenti a szemcsék közötti koherenciát.
- Durvaszemcsés anyag érzékenyebb a repedésre.

Melegrepedés elkerülése

- A varratban, 4 – 8 % (5 – 10 %) ferritet (δ -ferritet) kell biztosítani, mert a Si ferritben oldódik, így nem tud a hártya kialakulni.
- Schaeffler diagramon az 5 -10 %-os sávba kell essen a varrat eredő kémiai összetétele.



Korszerű a WRC – diagramon beállítani a varrat összetételét, annak az FA tartományba kell esnie.

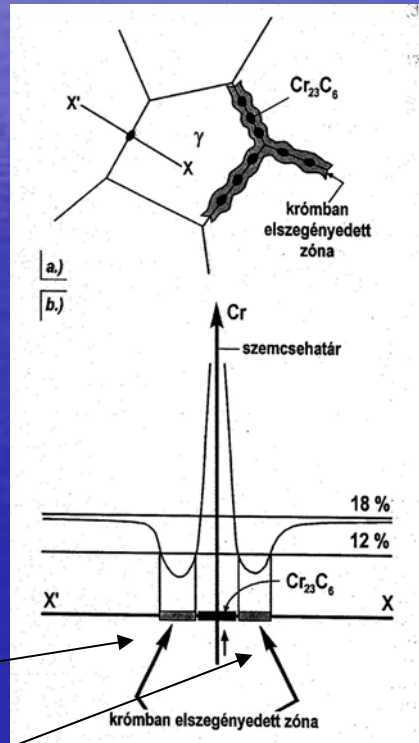
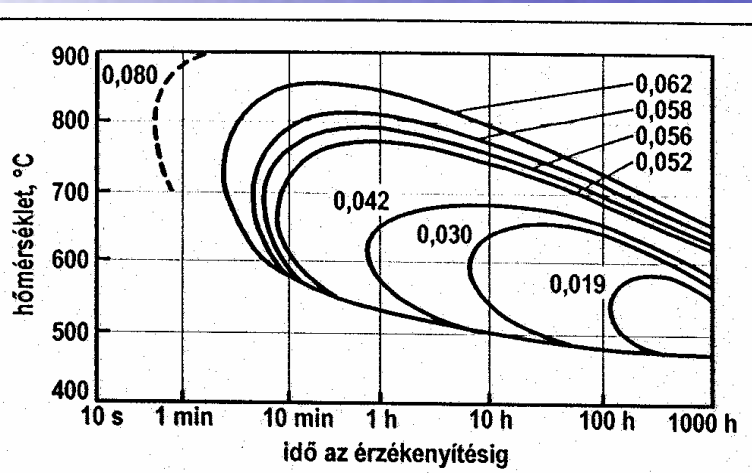


X a hegesztőanyag részaránya

Interkristallin korróziós hajlam

Krómkarbid kiválása a szemcsehatáron (Cr_{23}C_6)

Szenzibilizációs diagram:



Elkerülése:

C – tartalom

korlátozásával

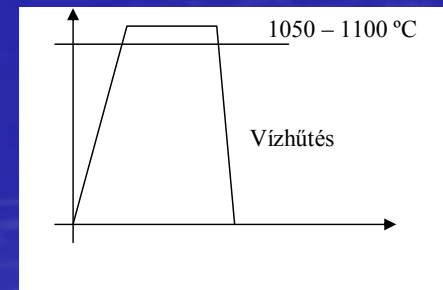
Stabilizálás

$\text{Ti} = (4 \dots 6) \times \text{C} \%$

$\text{Nb} = (8 \dots 10) \times \text{C} \%$

Hőkezeléssel

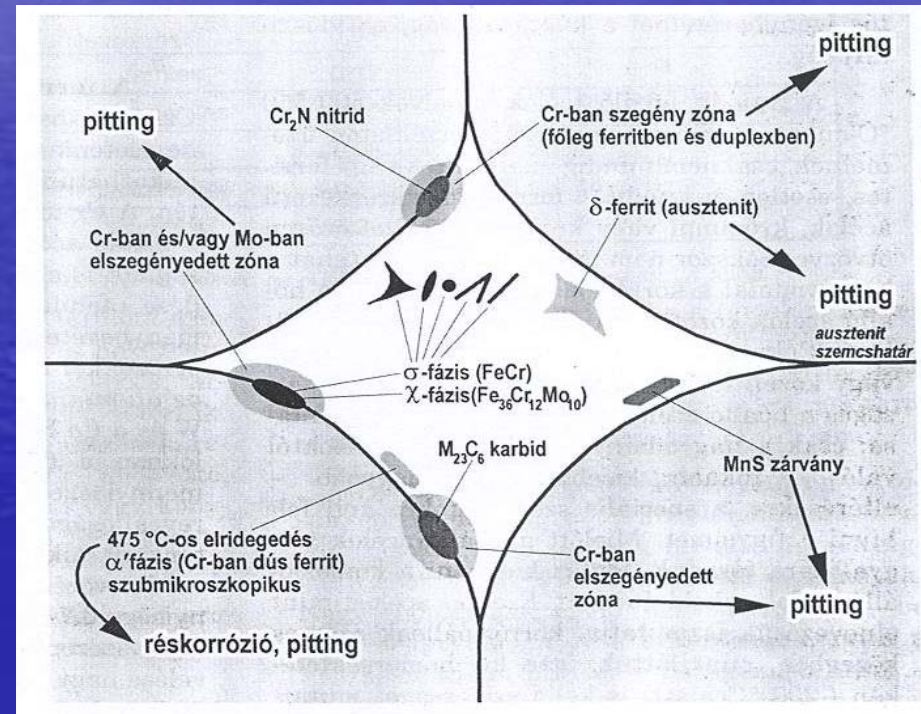
Auszténites edzés:



INTERKRISZTALLIN
KORRÓZIÓRA ÉRZÉKENYÉ
VÁLIK

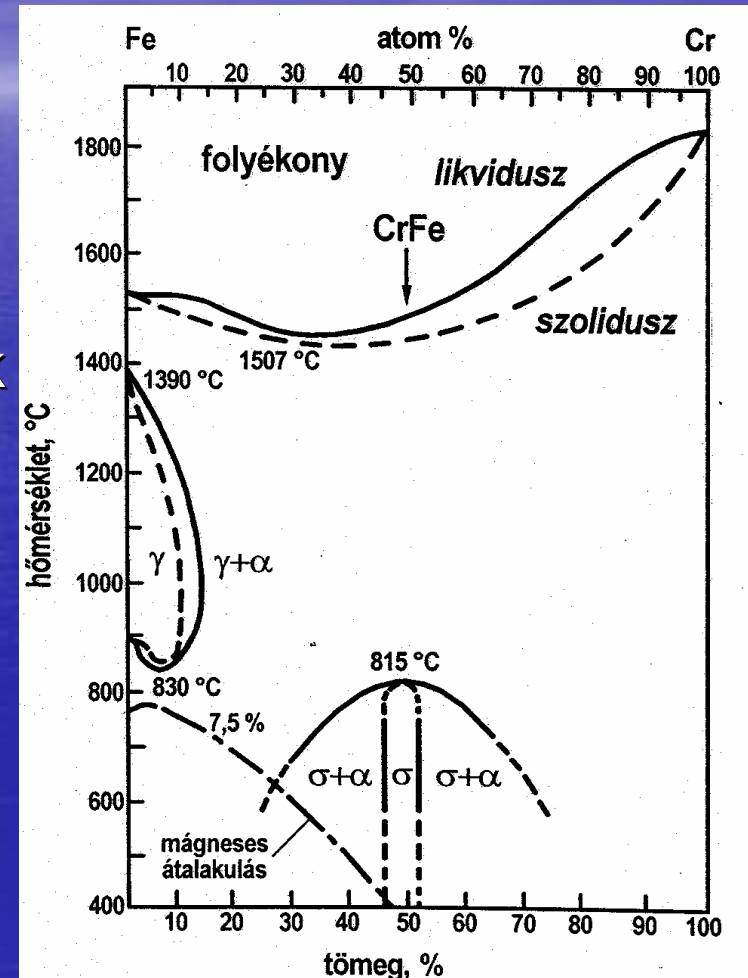
Kiválások a hő hatására

- Szigma fázis (σ -fázis)
- Khi fázis (χ fázis)
- Laves fázis (η fázis)
- 475 °C – os elridegedés
- Nitridek, karbidok kiválása
- Delta ferrit kiválása az ausztenit szemcsén belül

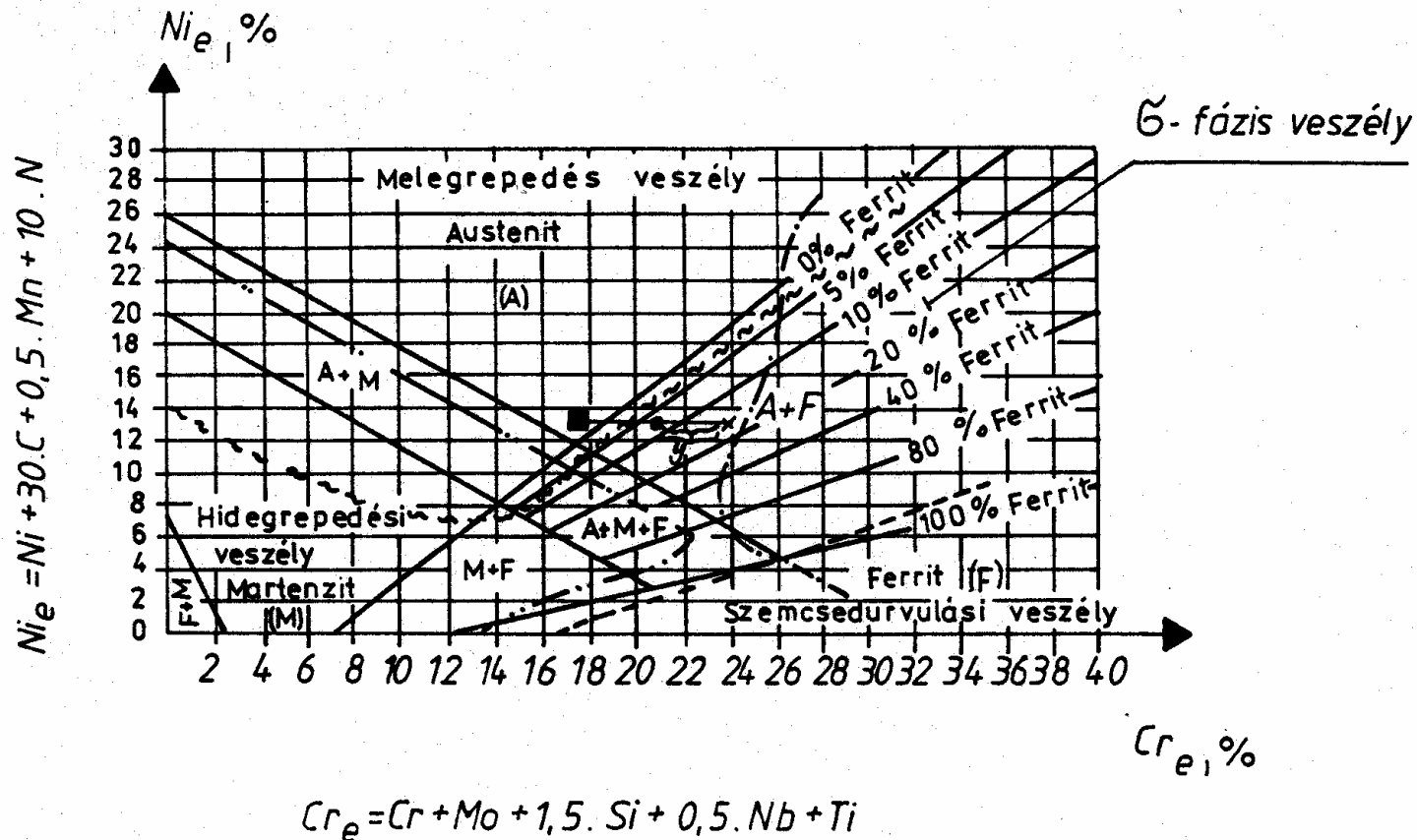


SZIGMA FÁZIS (σ -fázis)

- A 21% feletti Cr tartalom esetén kiváló σ – fázis hosszú távú szilárdoldat rendeződés, amely rendkívül rideg.
- Ha az anyag érzékeny a σ – fázisra, akkor elkerülni nem tudjuk az adott hőmérséklet tartományban, csak úgy kerülhető el, ha az anyagot 500 – 800 °C tartományban nem üzemeltetik tartósan.
- A 25/20-as acél érzékeny,
- Napjainkban inkább 25/20-as acélokban a Ni a 25% és a Cr a 20%.



Hegesztési problémák összesítve



A HEGESZTÉS SZABÁLYAI

- Figyelembe kell venni a nagy hőtágulást, a rossz hővezető képességet, a rossz villamos vezetőképeséget.
- - Előmelegítés?
Nem szükséges, sőt az előmelegítés krómkarbid kiválást is okozhat.
- - Hegesztőanyag választás?
A varrat eredő δ -ferrit tartalma 4 – 8 % (5 – 10 %) legyen a melegrepedés elkerülése érdekében.

A hegesztés szabályai

- - Hőbevitel, hegesztési technika?
 - Kis hőbevitellel kell hegeszteni. Bevonatos elektródát szokás átmérőben „aláválasztani”.
 - A tisztaságra ügyelni kell. Csöveknél a gyökvédelemre is gondolni kell védőgázos hegesztéseknél.
 - Ívelés nélkül kell hegeszteni, a végkrátert vissza kell tölteni.
- - Utólagos hőkezelés?

Természetesen az utólagos hőkezelés is kiválásokhoz vezethet.

Új fejlesztésű korrózióálló acélok

- Szuper ferrites acélok
- Szuper ausztenites acélok
- Kiválóan keményíthető korrózióálló acélok
- Duplex acélok
- Szuper duplex acélok

$$\text{PREN} = \text{Cr} + 3,3\text{Mo} + 16\text{N}$$

Legújabb fejlesztések

- **Szuperausztenites acélok:**

C= 0,02-0,035 % Cr=20 – 26 % Ni= 18 – 40%
Mo= 4 – 7 % Cu= 0,5 – 0,6 % N= 0,1 – 0,3 %
„6MOLY” PREN= 30 - 36

– INCONEL 625-el hegesztik (ENiCrMo-3)

- **Szuperferrites acélok:**

C= 0,005-0,025% Cr=18 – 29 % Ni= 1 – 4%
Mo= 1 –4 % Ti és Nb stabilizálás

– INCONEL 625-el hegesztik (ENiCrMo-3)

- **Kiválóan keményíthető korrózióálló acélok**

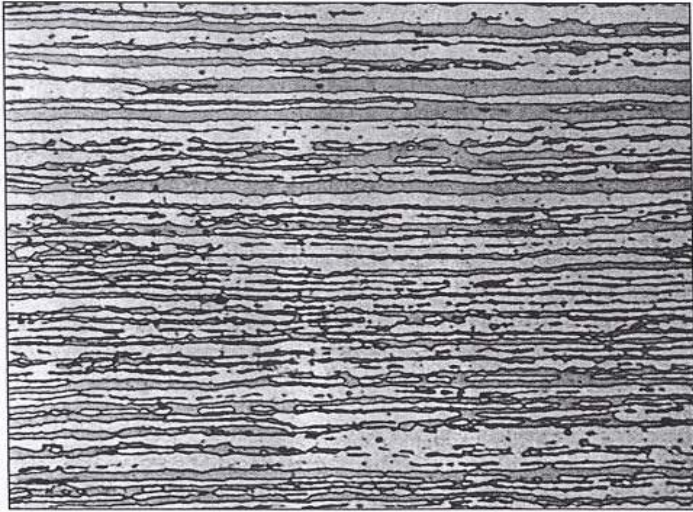
Martenzites, félausztenites és ausztenites szövet,
kiválásokkal, nitrid- és karbid vegyület fázisokkal.

Duplex és szuperduplex acélok

- $C_{max}=0,03 \%$ $Cr=22 - 25 \%$ $Ni=4 - 7 \%$
 $Mo=0 - 4 \%$ $W=0 - 2 \%$ $Cu=0 - 1,5 \%$
 $N=0,1 - 0,35 \%$
- **$PREN = Cr + 3,3Mo + 16N$**
- **$PREN = Cr + 3,3Mo + 30N$**
- **$PREW = Cr + 3,3(Mo + 0,5W) + 16N$**

Típusjel	Csoportjellemezők	N	C	Ni	PREN	Jellegzetes acéltípusok
1.	23 % Cr, Mo-mentes	0,1 %	0,02 - 0,03 %	~ 4	~ 25	SAF 2304
2.	22 % Cr, 2 - 3 % Mo	0,15 %		30 - 37	↓ nő ↓	SAF 2205 1.4462 Carpenter 7Mo+
3.	25 % Cr, 2,5 - 3 % Mo, (esetleg Cu)	0,15 - 0,35 %		38 - 39		UR 52N Ferralium 255
4.	25 % Cr, 3 - 4 % Mo, (esetleg W és/vagy Cu)	0,20 - 0,30 %		40 - 43		SAF 2507 UR 52N+ Zeron 100 DP3W

Duplex és szuperduplex acélok



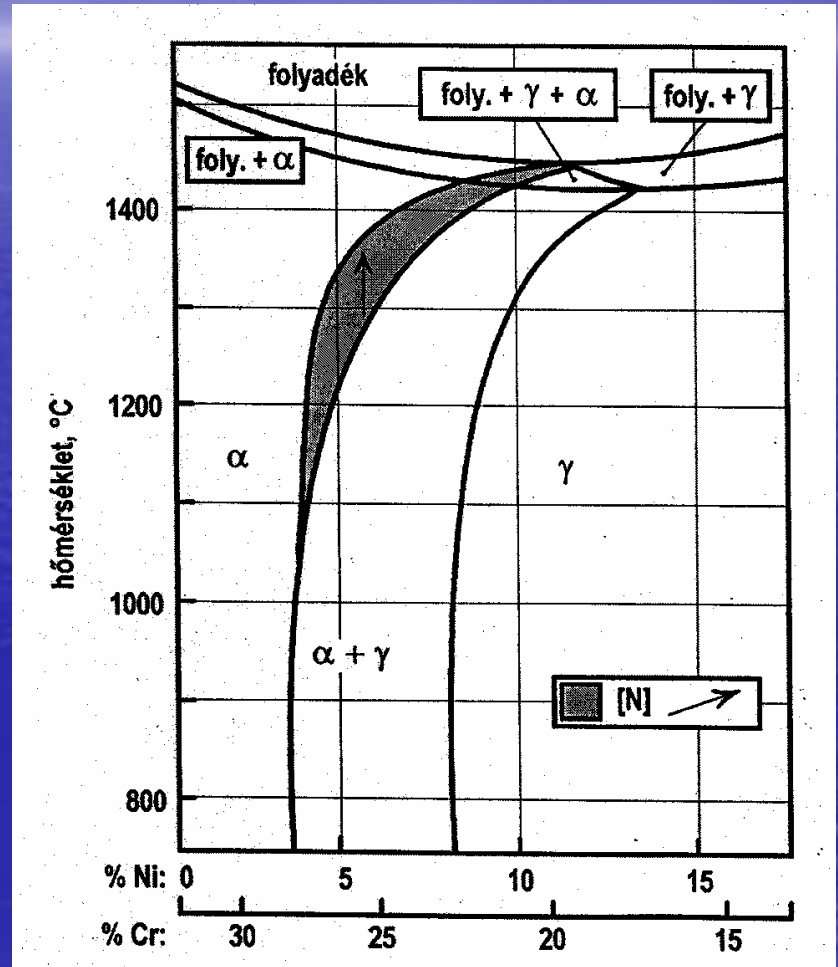
Hegesztés:

Előmelegítés nem szükséges

Utólagos hőkezelés nem
szükséges

Hőbevitel: $q/v = 1,5 - 2$ KJ/mm

Sorközi hőmérséklet: 150 °C



Hőálló acélok

- A hőállóság definíciója:

Hőálló az acél adott hőmérsékleten, ha az oxidációs (revésedési) sebesség maximum $1 \text{ g/m}^2 \text{ h}$ de a hőmérséklet $50 \text{ }^\circ\text{C}$ -os növelése esetén sem nagyobb, mint $2 \text{ g/m}^2 \text{ h}$.

- Típusok:

Ferrites $C \leq 0,12 \%$ $Cr = 12 \%, 18 \%, 25 \%$

Félferrites $Cr = 25 \%$ $Ni = 4 \%$, $Si = 1,5 \%$

Ausztenites 18/8-as 25/20-as 18/35-ös

Hőálló acélok

jelölés	szabvány*	szövetszerkezet	C %	Cr %	Ni %	egyéb %
H8	MSZ	ausztenites	≤ 0,20	17 - 20	8 - 11	S ≤ 2,0
H9	MSZ	ausztenites	≤ 0,20	22 - 25	17 - 20	S ≤ 1,0
H10	MSZ	ausztenites	≤ 0,20	24 - 27	18 - 21	S = 2,0-3,0
H13	MSZ	ferrites	≤ 0,12	17 - 20	-	S ≤ 1,5; Al = 0,7-1,2
310	AISI	ausztenites	≤ 0,25	24 - 26	19 - 22	S ≤ 1,5
310S	AISI	ausztenites	≤ 0,08	24 - 26	19 - 22	S ≤ 1,5
405	AISI	ferrites	≤ 0,08	11,5 - 14,5	-	Al = 0,1-0,3
430	AISI	ferrites	≤ 0,12	16 - 18	-	-
1.4841	DIN	ausztenites	≤ 0,20	24 - 26	19 - 22	Si=1,5-2,5
1.4016	DIN	ferrites	≤ 0,08	15,5 - 17,5	-	-
Z 12 CN 25.20	AFNOR	ausztenites	≤ 0,15	23 - 26	18 - 21	-
Z 20C 13	AFNOR	ferrites	≤ 0,23	12 - 14	-	-

* MSZ a magyar, AISI az amerikai, DIN a német, az AFNOR pedig a francia szabványt jelöli.

Hőálló acélok hegesztése

- Hegeszteni az adott szövetszerkezetnek megfelelően, mint a korrózióálló acélokat
 - Ferrites és félferrites acélokat
Előmelegítéssel, kombinált kötéssel, utólagos hőkezeléssel
 - Ausztenites acélokat
Előmelegítés és utólagos hőkezelés nélkül, nagyobb δ -ferrit tartalommal (8-10% legyen a varratban mert a Si több ezekben az acélokbán)
A 25/20-as acél érzékeny a σ -fázisra!