

Hegesztés

Korrózióálló acélok hegesztése

(Ausztenites, ferrites, martenzites és duplex acélok)

Korrózióálló acélok tulajdonságai

- Korrózióállóság szempontjából a fő ötvöző: Cr
 - 12% feletti mennyiség esetén oxidáló korróziós hatásra $(1-2) \cdot 10^{-5}$ mm vastagságú tömör krómoxid (Cr_2O_3) hártya keletkezik. → nemesrozsdá
 - Homogén szövetszerkezet
 - Cr ferrit képző
 - Cr erős karbidképző
 - Lassú hűléskor a szemcsehatáron krómkarbid (Cr_{23}C_6) háló keletkezik
 - Nagyobb C tartalmú acélok esetén az oldott Cr tartalom gyorsabban csökken a szemcsehatár közelében.
 - Ni ötvözés lassítja a karbid képződést, C diffúzió képességét csökkenti.

Szemcsehatár és lyukkorrózió

- A karbid kiválás hatására az oldott Cr tartalom csökkenése miatt a szemcsehatárok mentén megszűnik a korrózióállóság, valamint a homogén szövetszerkezet → szemcsehatár korrózió
- Veszélyes korrózió forma
 - Nincs látványos nagy korróziós felület
 - A szemcsehatár mentén kis szélességben gyorsan mélyülő korróziós övezet
 - Nem látható, csak mikroszkópon
 - Repedésszerű → erős bemetsző hatás
 - Gyorsan a szerkezet törését okozhatja
- Megfelelő hőkezeléssel a kivált karbidok oldatba vihetők
 - 1080-1100 °C oldó izzítás és gyors hűtés
 - Költséges és nem minden szerkezetnél végezhető el
- Lyukkorróziós hajlamot PREN (Pitting Resistance Equivalent Number) lehet jellemezni
 - $PREN = Cr + 3.5Mo + 16N$

Krómkarbid kiválás elkerülése

- Alacsony C tartalom ($C > 0.03\%$)
 - ELC (Extra Low Carbon) acél
 - Drága
 - Hegesztésükkor CO_2 tartalmú védőgáz nem alkalmazható, helyette 1-3% O_2 .
- Stabilizálás
 - Krómnál erősebb karbidképző ötvöző alkalmazása
 - Ti, Nb
- Késél korrózió
 - Hegesztés közben az 1300 °C fölé hevült részekben a Ti és Nb karbidok felbomlanak és csak részben alakulnak vissza.

Korrózióálló acélok tulajdonságai

- Csoportosításuk a szövetszerkezet alapján történik.

Korrózióálló acélok főbb csoportjai és összetételi tartományaik

Szövetszerkezet	C%	Cr%	Ni%	Mo%	Mn%	Egyéb ötvöző
Ausztenites	0,02-0,25	16-30	4-22	0-4	1-8	N, Cu, Ti, Ta
Ferrites	0,02-0,2	11-27	0-1	0-1,5	0,5-1,5	Al, Ti, Nb, Ta
Martenzites	0,15-1,2	11-18	0-2,5	0-1,5	0,5-1,5	W, V
Duplex	0,05-0,15	18-30	4-10	0-2	0,5-1,5	N, Cu, Si, Al, Nb, W, V

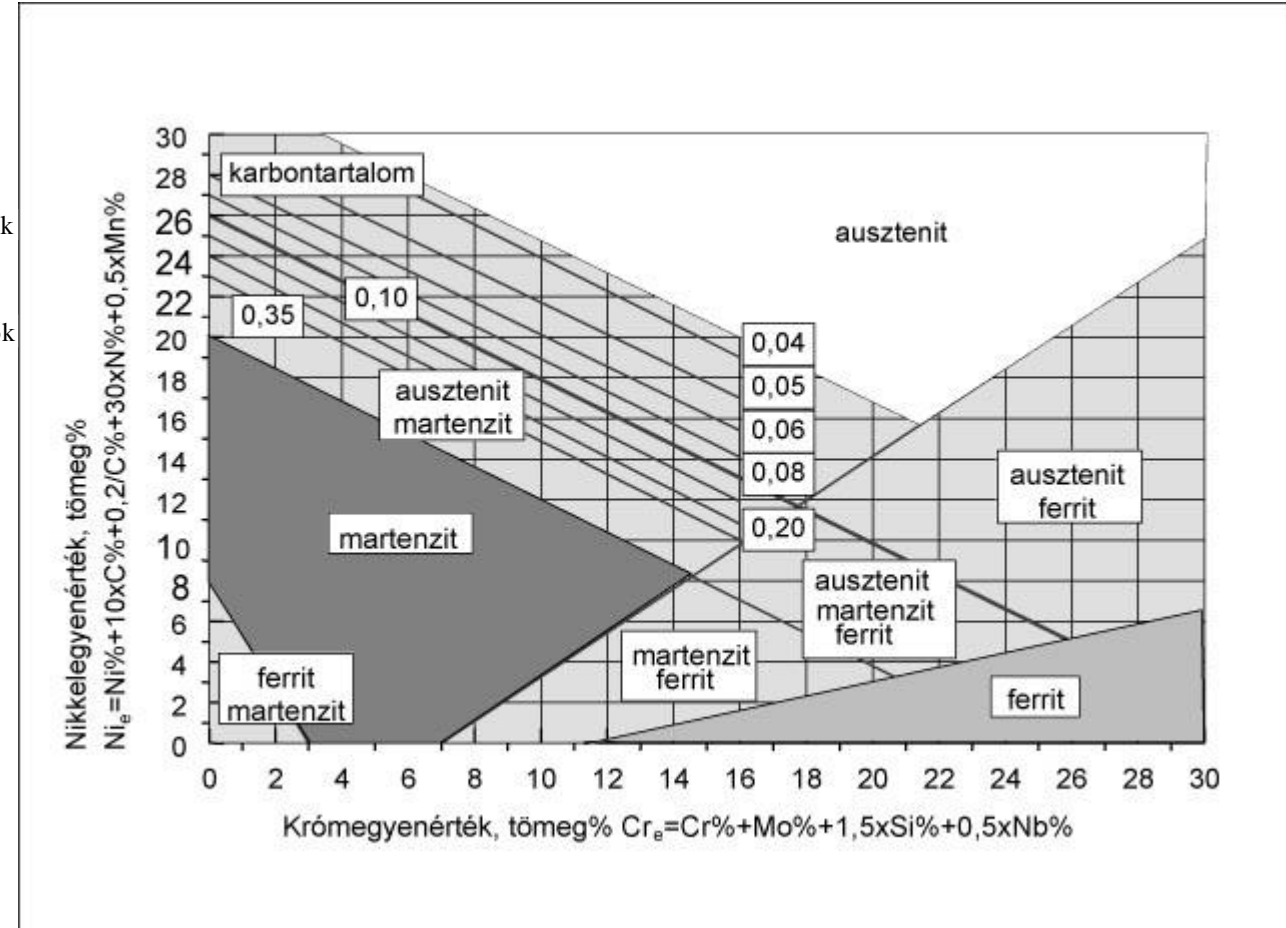
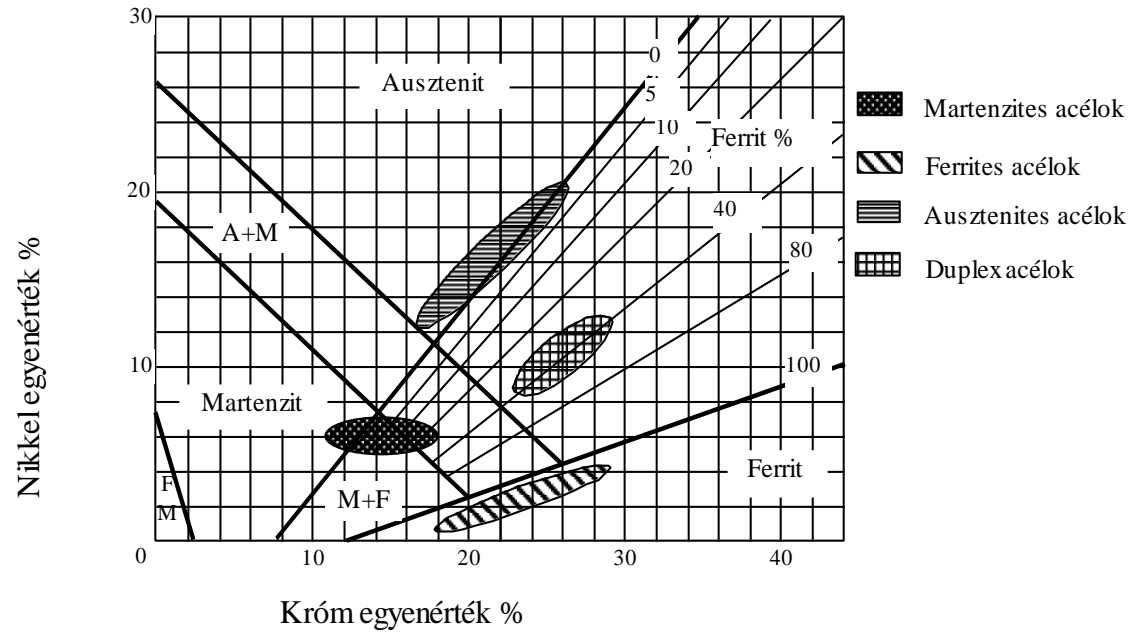
Korrózióálló acélok mechanikai tulajdonságai és korrózióval szembeni ellenállóképességük

Szövetszerkezet	Folyáshatár	Átmeneti hőmérséklet	Alakváltozó képesség	Korrózióval szembeni ellenállás
Ausztenites	kicsi	kicsi	nagy	nagy
Ferrites	közepes	nagy	közepes	kicsi
Martenzites	nagy	nagy	kicsi	kicsi
Duplex	közepes	közepes	közepes	közepes

Schaeffler diagram

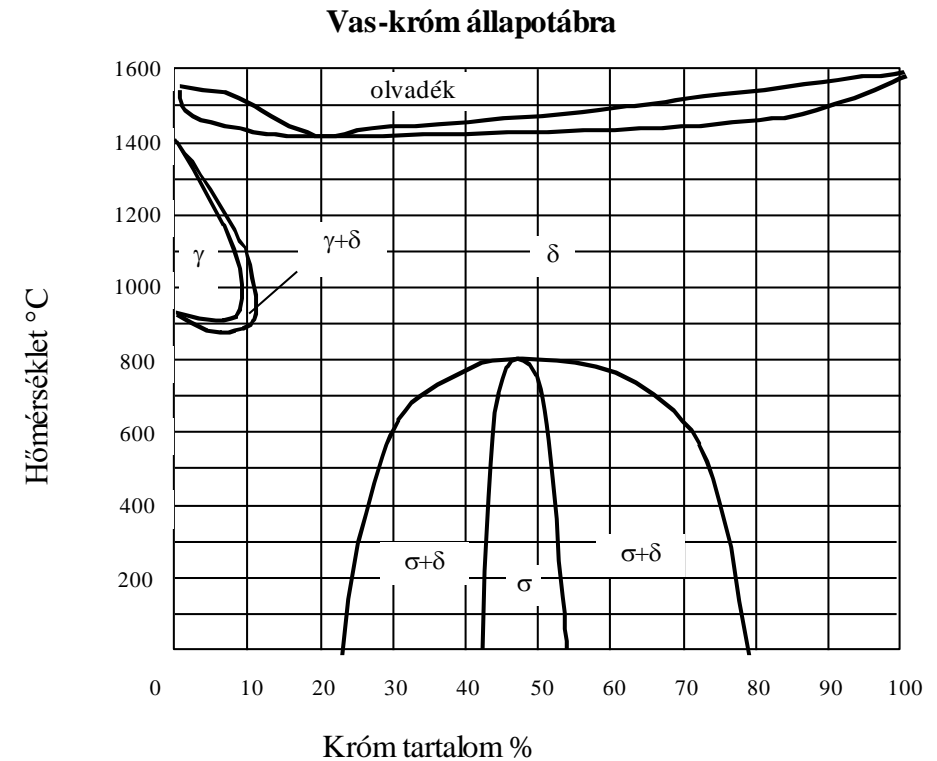
Nikkel egyenérték: $Ni_e = 30C\% + Ni\% + 0,5Mn\%$

Króm egyenérték: $Cr_e = Cr\% + Mo\% + 1,5Si\% + 0,5Nb\%$



Ferrites krómacélok

- δ ferrit formájában kristályosodnak
- Ha a Cr tartalom meghaladja a 20%-ot, akkor nincs allotróp átalakulás.
- Hegesztésének problémája:
 - A hőhatásövezetben bekövetkező szemcsedurvulás (1150 °C fölé hevült részek).
 - Nem végezhető szemcsefinomító hőkezelés.
- Hegesztése:
 - Kis hőbevitellel kell hegeszteni
 - Hegesztési sorrendnél minimális feszültségre kell törekedni.



Ferrites krómacélok

- 14-16% Cr tartalmú acélok
 - Csak akkor tisztán ferritesek, ha a C tartalom 0.01% alatti
 - Különben megjelenik az ausztenit is, ami a hűlés során martenzitté alakulhat.
 - Ezért 200-300 °C előmelegítés szükséges.
 - Lassan kell hűteni
 - 100-150 °C-on 0.5-1 óra hőntartás vagy 1-2 óra megeresztés 700-750 °C-on
- 20% feletti Cr tartalmú acélok
 - 550-900 °C fémes vegyület válik ki (σ fázis)
 - Igen kemény
 - Többretegű varratok esetén okozhat problémát.
- Varratok rendkívül érzékenyek az oldott hidrogénre
- Ferrites hozaganyagot csak akkor alkalmaznak, ha a varratnak az alapanyaggal meg kell egyezni
- Ausztenites hozaganyag → javító hegesztés, ha nem lehet utóhőkezeln

Ferrites acélok típusai

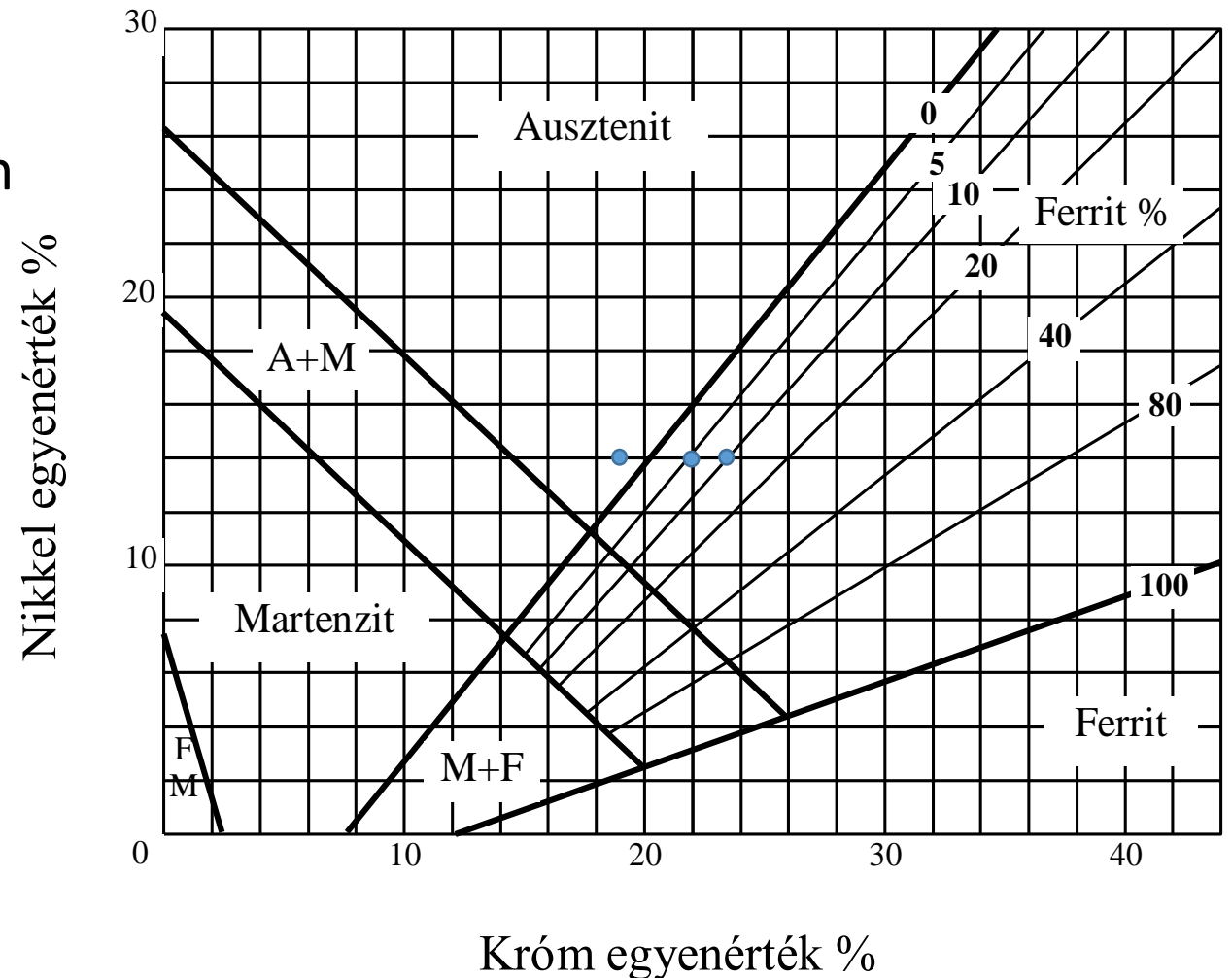
1. 10-14 % Cr (409-410) legkisebb Cr tartalmú csoport
2. 14-18% Cr (430) hagyományosan a legelterjedtebben alkalmazott
3. 14-18% Cr + Ti, Nb, Zr (430Ti, 439,441) stabilizált acélok
kristályközi korrózió kizárható
ausztenites alaptípusok alternatívája
4. 10-18% Cr + Mo>0.5% (434, 436, 444) molibdén ötvözésű
5. Cr>18% (445, 446, 447) nagy Cr tartalmú és szuperferrites acélok

Ausztenites CrNi acélok

- 425-815 °C tartományban króm karbid képződhet!
- Kristályosodásuk kétféleképpen mehet végbe:
 - Ferritesen kristályosodik, majd átalakul ausztenitté
 - Ausztenitesen kristályosodik
- A határ a Schaeffler diaramban a $Cr_e=18\%$, $Ni_e=12\%$ és $Cr_e=27\%$, $Ni_e=16\%$
- Ferritesen kristályosodó típus hegesztésével nincs probléma.
- Az ausztenitesen kristályosodó típus melegrepedésre hajlamos.
 - Ok: Az ausztenit rosszul oldja a szennyezőket → dúsulás
 - Melegrepedés elkerülhető megfelelő hozaganyag választással
 - Varrat összetétele a Ferriti+ ausztenit mezőbe essen 4-8% ferrit tartalomnál

Ausztenites CrNi acélok

- Hozaganyag választás
 - Varrat 4-8% ferritet tartalmazzon
 - A varrat anyaga átlagos felkeveredés esetén 1/3 alapanyag +2/3 hozaganyag
 - Pl: $Cr_{eA}=19\%$, $Ni_{eA}=14\%$
 $Cr_{eH}=23.5\%$, $Ni_e=14\%$
 - $Cr_{eV}=1/3 \cdot 19 + 2/3 \cdot 23.5 = 22\%$
 - δ ferrit=5-6%



Ausztenites CrNi acélok típusai

- δ ferritet tartalmazó csoport
 - 18-19% Cr-ot és 8-11% Ni-t tartalmaznak, esetenként 2-...3% Mo-t.
 - X10CrNi18-8 (1.4310) ($R_{p0,2}=250$ MPa, $A_{\min}=40\%$)
 - X5CrNi18-10 (1.4301) ($R_{p0,2}=210$ MPa, $A_{\min}=45\%$)
- Szuperausztenites korrózióálló acélok
 - Több nikkellel ötvözöttek, mint amennyi a homogén ausztenites szerkezethez feltétlenül szükséges
 - 20-25% krómtartalom mellett 18-35% nikkelt is tartalmaznak.
 - Igen agresszív közegekben például kénsavnak kitett berendezések gyártásánál alkalmazzák.
 - Szuperausztenitesen belül egy alcsoport: 4-7 % molibdénnel is ötvözöttek.
- Ni szegény ausztenites korrózióálló acélok
 - 6-10%Mn, 4%Ni és 0.25%N (200-as sorozat)
 - 1.4618 (X9CrMnNiCu17-8-5-2)
 - Hegesztési szempontból nagyon hasonlít az 1.4301 acélhoz
 - 1.4318 (X2CrNiN18-7)

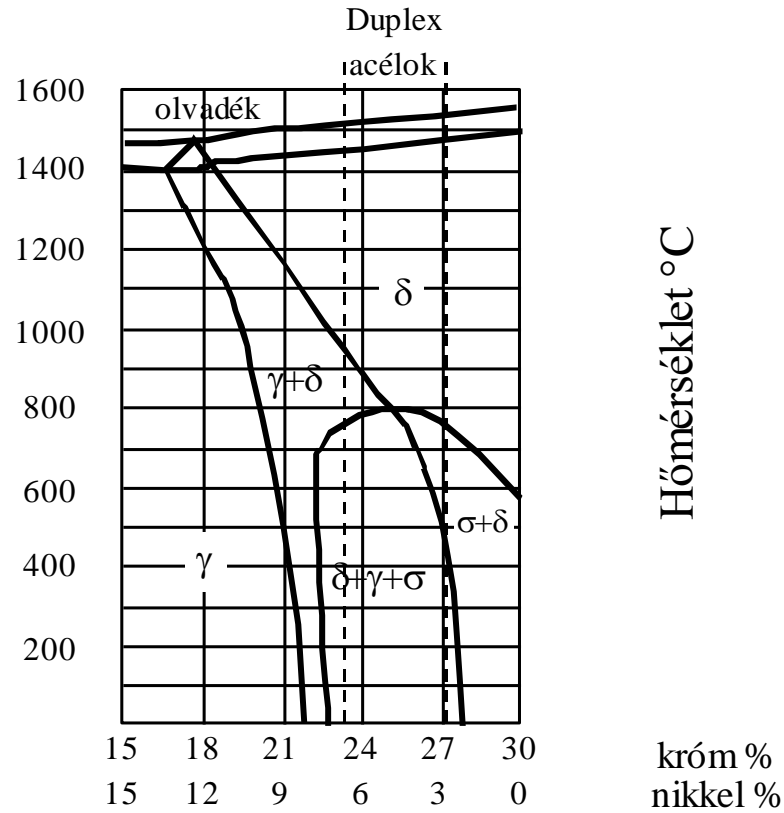
Martenzites korrózióálló acélok

- Cr tartalma hasonló a ferrites Cr acélokhoz, de magasabb a C tartalom és Ni ötvözés
 - Ha a $Cr > 15\%$ csak akkor van $\gamma \rightarrow \alpha$ átalakulás, ha a $C = 0,4-0,8\%$
 - $10-12\%$ Cr és $C < 0.15\%$ martenzit mellett kis mennyiségű ferrit is előfordul
- Lágymartenzites (szupermartenzites) korrózióálló acélok
 - Alacsony szén tartalom $C = 0.03-0.06\%$
 - $3.5-6\%$ Ni és legfeljebb 1.5% Mo
 - Martenzites matrixban $5-20\%$ ausztenit is található
 - Kisebb szilárdság, de nagyobb szívósság jellemzi ($R_{p0,2} = 800$ MPa, $A_{min} = 11\%$)
- Kiválóan keményedő korrózióálló acélok
 - $14-18\%$ Cr, $0.07-0.1\%$ C és $3-8\%$ Ni tartalmúak
 - Kiválást eredményező ötvözőket is tartalmaznak: Cu, Al, Ti, Nb
 - Megeresztett martenzites szövetszerkezetben kiválások jelennek meg.
 - Nagyobb szilárdság érhető el ($R_{p0,2} = 1380$ MPa)

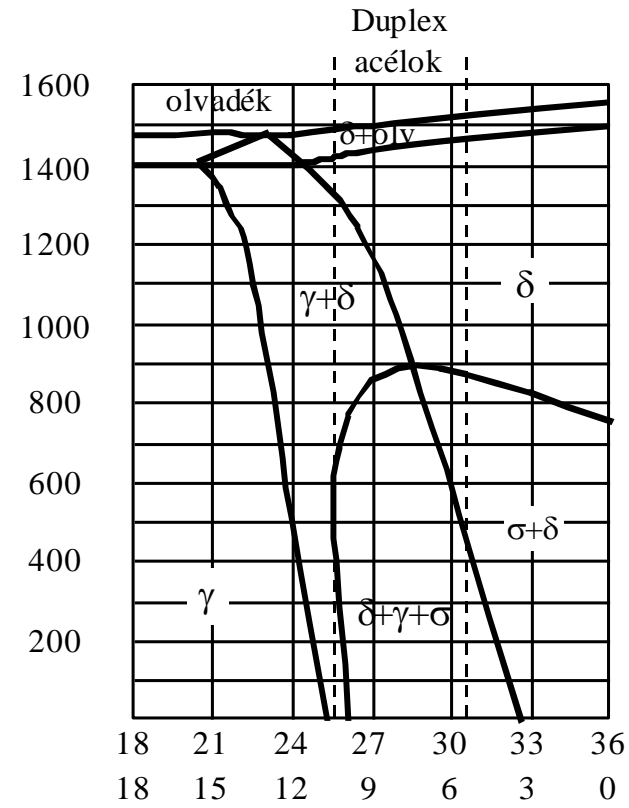
Martenzites korrózióálló acélok

- Levegőn edződnek $\rightarrow v_{krit}$ kicsi \rightarrow martenzit keletkezik
- Szövetszerkezet 800 °C felett kezd átalakulni
- Hegesztése:
 - Ívhegesztéssel és különböző sugárhegesztésekkel hegeszthető
 - Hőbevitel $E=5-15$ kJ/cm legyen
 - Kiinduló hőkezeltségi állapotnak nincs jelentős hatása a varratra és a hőhatás övezetre
 - Hegesztésük $C>0.2\%$ esetén kerülendő
 - Ha mégis – kis alakváltozó képességű hőhatás övezet hidrogén hatására megrepedhet
 - a) Nem szükséges az alapanyaggal azonos varrat
ausztenites hozaganyag
250-320 °C előmelegítés, majd szabályozott lehűlés
 - b) Alapanyagnak megfelelő hozaganyag
technológia gondos tervezése és kivitelezése szükséges
martenzites átalakulás 100-150 °C hőmérsékleti tartományban indul meg
250-320 °C előmelegítés szükséges
darab visszahűlése nélkül 880-900 °C hőmérsékleten fél órás hőntartást kell végezni.
szabályozott hűtés, az alkatrész 500 °C-ra kb. másfél óra alatt hűljön le, majd levegőn hűlés
várható keménység 230-240 HV
Ha nem lehetséges azonnali hőkezelés, akkor addig minimum 100 °C-on kell tartani a darabot
- Érzékeny a bemetszésre, feszültséggyűjtő helyekre
 - Kerülni kell a szélbeégést, túlzott varrat dudort, erős pikkelyezettséget

Duplex acélok



70% vastartalmú Cr-Ni állapotábra



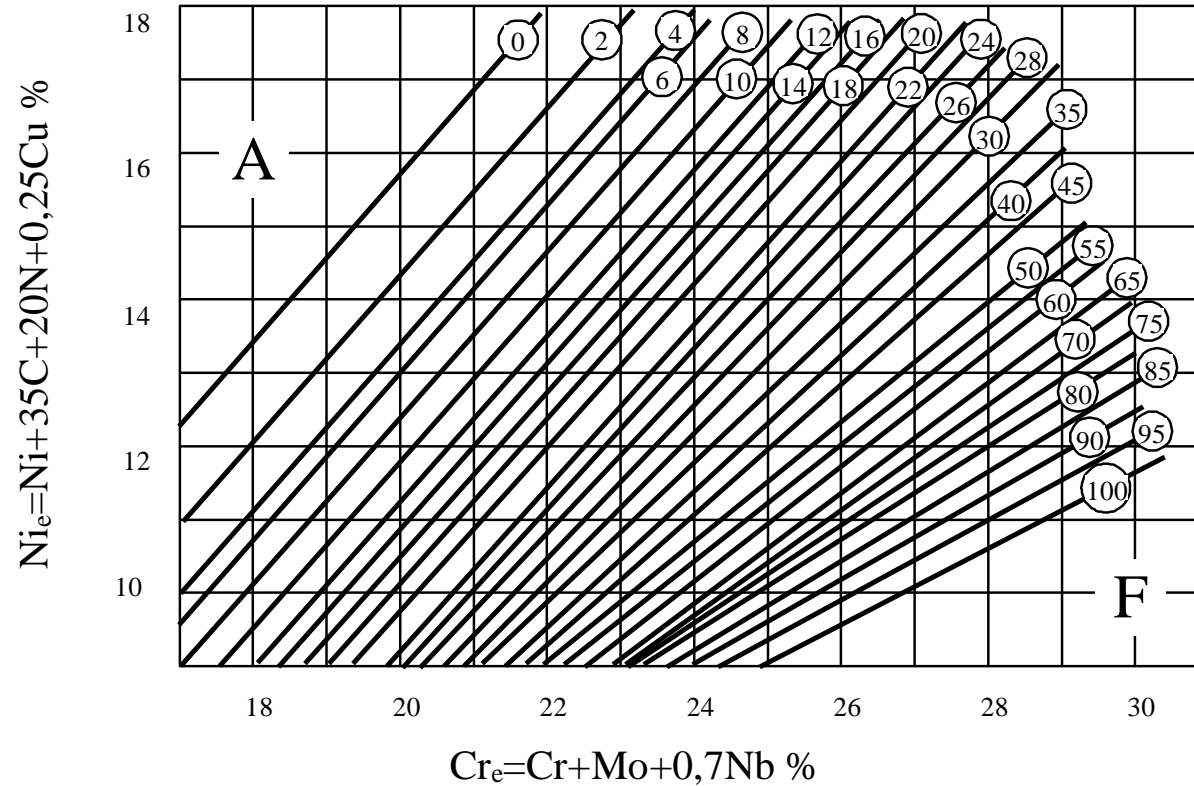
64% vastartalmú Cr-Ni állapotábra

Duplex acélok tulajdonságai

- Szövetszerkezete ausztenit-ferrit (50%)
- Akkor alkalmazzák, ha a korróziós igénybevétel mellett a mechanikai igénybevétel is jelentős.
- Üzemi hőmérséklete: -50 – 250 °C
 - 800-900 °C-on fél órán belül megjelenik a σ fázis
 - néhány perc elteltével a 475 °C-os elridegést előidéző folyamatok is megindulnak.
- Dermedése 1400 °C-on ferritesen kezdődik, majd átalakul részben ausztenitté.
 - Nem kell melegrepedéstől tartani
 - Finom szemcseszerkezet jellemzi
 - TTKV < -80 °C
- 1020-1100 °C-os oldó izzítással és gyors hűtéssel állítható vissza a kedvező f/a arány
 - f/a arány függ az összetételtől és a hűlési sebességtől
 - Gyors hűlés a ferrit mennyiségét növeli

Ferrit tartalom becslése

A diagram érvényességi tartománya korlátozottabb, de lefedi a duplex acélok tartományát ($Cr_e=17-31\%$ és $Ni_e=9-18\%$).



WRC-1992 diagram

Duplex acélok típusai

- 22%Cr+Mo ötvözött rozsdamentes duplex acélok (1.4262)
- 25% Cr ötvözésű rozsdamentes duplex acélok (1.4460)
- Szuperduplex rozsdamentes acélok (1.4501, 1.4410, 1.4507, 1.4477)
- „Sovány” duplex rozsdamentes acélok (LDSS) Lean
 - Ni szegény és Mo mentes
 - (1.4262, 1.4062)
 - Korróziós szempontból egyenértékű a 18/10 kategória acéljaival
 - Szilárdsága közelítőleg kétszeres

Duplex acélok hegesztése

- Hozaganyag: Alapanyaggal megegyező, vagy kicsit több Ni és N ötvözés
- Fűző varratokat kicsit közelebb kell egymáshoz elhelyezni, mint a C acéloknál szokás
- Leélezés 5-10 °-al nagyobb.
- Előmelegítés kerülendő
 - $S > 20$ mm esetén maximum 100 °C-os előmelegítés
- Többsoros varrat esetén a réteg hőmérséklet maximum 200 °C, nagyobb ötv tartalom esetén max 150 °C.
- Hőbevitel: $E = 5-15$ kJ/cm
- N tartalmú védőgáz alkalmazása