

Acélok csoportosítása

Fémek technológiája

Dr. Orbulov Imre Norbert
Anyagtudomány és Technológia Tanszék

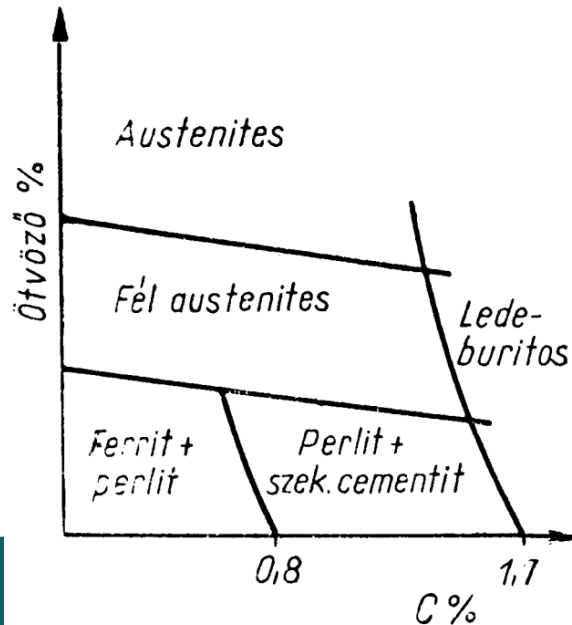
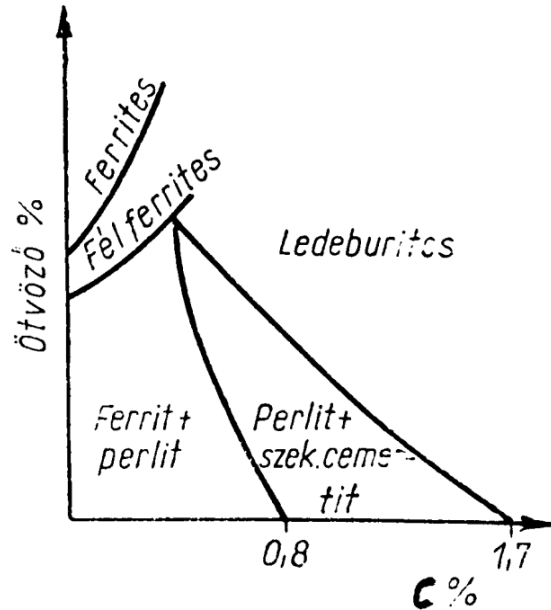
- Vegyi összetétel szerint
- Minőségi csoportok szerint
- Gyártási mód szerint
- Dezoxidálási mód szerint
- Szövetszerkezet szerint
 - Egyensúlyi állapotban
 - Nem egyensúlyi állapotban
- JELÖLÉSI MÓDOK, SZABVÁNYOK
- Felhasználási mód szerint

- Ötvözetlen acél
 - Karbonon kívül más, szándékosan bevitt ötvözőt nem tartalmaz
- Ötvözött acél
 - A gyártástechnológiában előírt, mindig megtalálható ötvözőkből többet, vagy szándékosan bevitt ötvözőket tartalmaz
 - Gyengén ötvözött ($\Sigma\text{ötvöző} < 5\%$)
 - Ötvözött ($5\% < \Sigma\text{ötvöző} < 10\%$)
 - Erősen ötvözött ($\Sigma\text{ötvöző} > 10\%$)

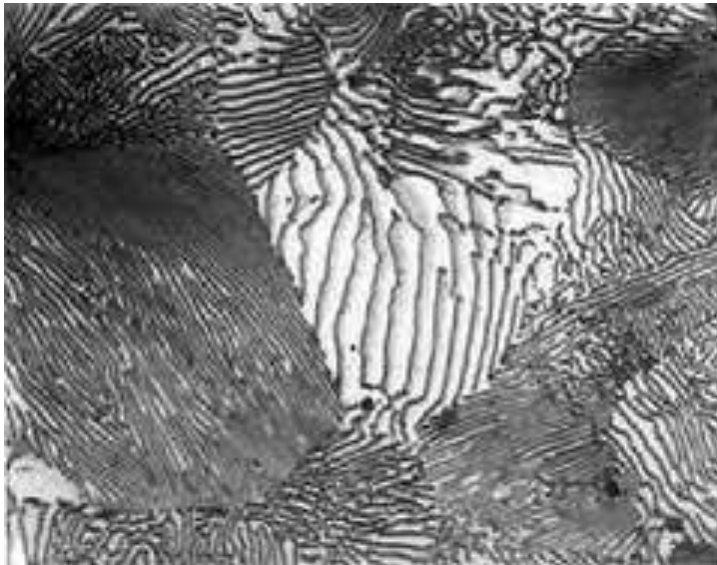
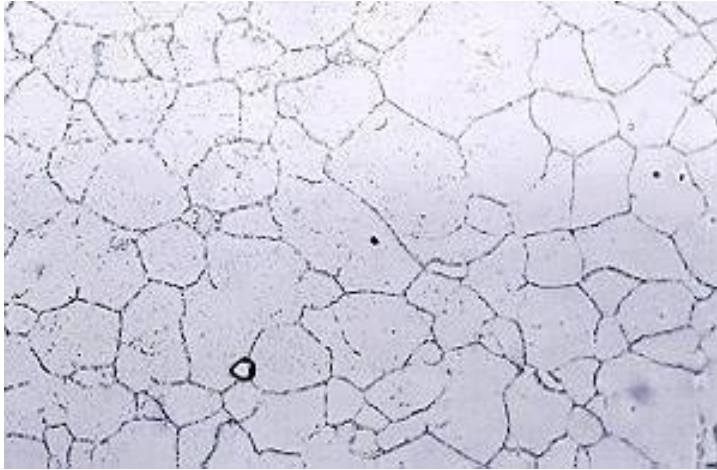
- Alapacél
 - Amelyekre nincs előírva olyan minőségi követelmény, amely az acélgyártás során különleges gondosságot igényelne
- Minőségi acél
 - Az alapacélok és a nemesacélok közti előírások érvényesek rájuk, különleges gondossággal gyártandók (szemcseméret, kéntartalom, felületi minőség stb.)
- Nemesacél
 - Különleges gondossággal kell gyártani őket, lehetnek ötvözetlenek és ötvözöttek, például az összes hőkezelési célra alkalmas acél

- Konverteres acél
 - (Bessemer)
 - Linz-Donavitz (LD)
 - AOD (Argon Oxygen Decarburization)
- Elektroacél
 - Ívfényes kemence
 - Indukciós kemence
- Siemens-Martin acél
- Átolvasztott (finomított acél)
 - Vákuumkezelt stb.

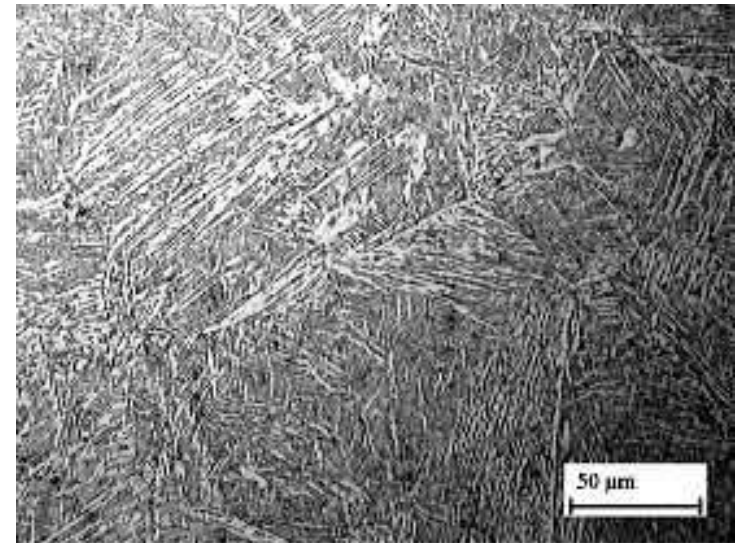
- Csillapítatlan acél
 - Jó kihozatalú, felületi minősége jó, hidegen jól alakíthatók, gyorsan öregszenek, $< 0,2-0,25\% \text{ C}$
- Csillapított acél
 - Az oxigént szilárd állapotban kötik meg (Si, Mn, Al), egy része zárványként visszamaradhat, rosszabb kihozatal, gázzárványok nincsenek
- Különlegesen csillapított acél
 - Nitrogént is megkötik és szemcsefinomító ötvözők (Al, V, Nb, Ti), öregedésállóbbak, ridegtörési hajlamuk kisebb



- Ferrites
 - Ferritképzők!
- Félferrites
- Hipoeutektoidos
- Hipereutektoidos
- Ledeburitos
- Félausztenites
- Ausztenites
 - Ausztenitképzők!



- Perlites
- Martenzites
- Ausztenites
- Ferrites
- Bénites



- Szerkezeti acélok
 - Gépgyártás, járműgyártás, acélszerkezetek
 - Szilárdság mellett a nyúlás és szívósság is követelmény
 - $C < 0,6\%$
- Szerszámacélok
 - Forgácsolószerszámok és alakítószerszámok
 - Kopásállóság, merevség, keménység (szívósság)
 - Nemesíthető, kiválóan keményíthető ötvözetek
- Különleges acélfajták és ötvözetek
 - Kifejezett tulajdonság
 - Hőálló ötvözetek, korrózióálló acélok stb.

AZ ACÉLOK JELÖLÉSÉNEK
SZABVÁNYOS RENDSZERE

Az acélminőség jele

Számjel - MSZ EN 10027-2

Jel

MSZ EN 10027-1

Kiegészítő jel

MSZ EN 12200

Az acélra jellemző kiegészítő jel
(1. csoport) + (2. csoport)

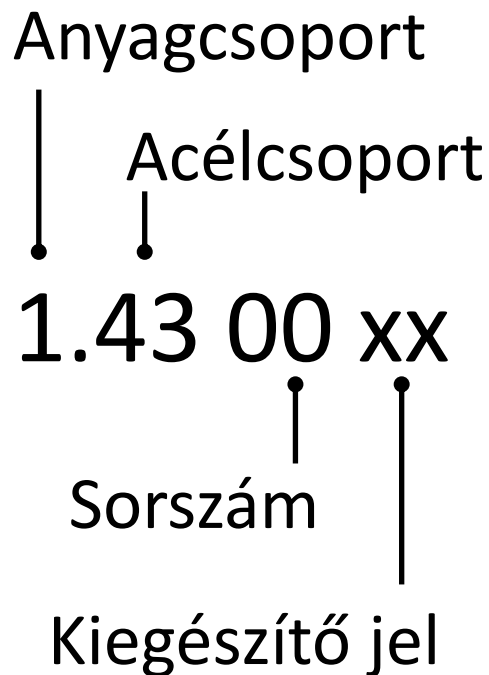
Az acél termékre jellemző
kiegészítő jel

1. csoport

Az acél felhasználása és mechanikai tulajdonságai szerinti jelölés

2. csoport

A vegyi összetétel szerinti jelölés



- MSZ EN 10027
- 1 – Acélok
- 2 – Nehézfémek
- 3 – Könnyűfémek
- 4 – Nemfémes anyagok
- ... - ...
- 8 – Nemfémes anyagok
- 9 – Tartalék

Jel	Alkalmazási terület	Fő tulajdonság	Példa
S	Szerkezeti acél	R_{eH} (MPa)	S235
P	Nyomástartó edények acéljai	R_{eH} (MPa)	P275
L	Acélok csővezetékekhez	R_{eH} (MPa)	
E	Gépacélok	R_{eH} (MPa)	E235
B	Betonacélok	R_{eH} (MPa)	
Y	Acélok előfeszített acélszerkezetekhez	R_{eH} (MPa)	
R	Sínacélok és sínek	R_{eH} (MPa)	
H	Hidegen hengerelt lapostermékek nagy szilárdságú acélból, hideghúzásra	R_{eH} (MPa)	H400
		$T+R_{eH}$ (MPa)	HT400

Jel	Alkalmazási terület	Megjegyzés
D	Lapostermékek hidegalakításra	C – hidegen hengerelt + számjegy
		D – melegen hengerelt termék + két számjegy
		X – a hengerlési állapot nincs előírva + két számjegy
T	Ónozott termék (csomagolásra)	H + az előírt Rockwell keménység
		R_{eH} (Mpa)

Jel	Alkalmazási terület	Megjegyzés
M	Elektrotechnikai acélok	Wattveszteség $\times 100$, vastagság $\times 100$
		A – nem irányított szemcsézetű
		B – ötvözetlen félkész
		E – ötvözött félkész
		N – szokványos irányított szemcsézetű
		S – kis veszteségű irányított szemcsézetű
		P – nagy permeabilitású irányított szemcsézetű

- G, legelső jel lehet – öntvény

Kiegészítő tulajdonságjel			Vizsgálati hőmérséklet (°C)
Előírt ütőmunka értéke			
27 J	40 J	60 J	
JR	KR	LR	+20
J0	K0	L0	0
J2	K2	L2	-20
J3	K3	L3	-30
J4	K4	L4	-40
J5	K5	L5	-50
J6	K6	L6	-60

- M – termomechanikusan kezelt
- N – normalizált, vagy szabályozott hőmérsékleten hengerelt
- Q – nemesített
- G – egyéb jellemzők egy, vagy két számjellel
 - A csillapításra utal

- C – különleges hidegalakíthatóság
- D – tűzi-mártó eljárással bevont
- E – zománcozott
- F – kovácsolt
- H – üreges szelvények
- L – alacsony hőmérsékletre
- T – csövekhez
- X – nagy- és kis hőmérsékletre
- W – időjárásálló
- Valamely elem vegyjele (szorzó!), pl Cu5 – 0,5% Cu

G S 235 J2 G2 W Cu5

0,5% Cu tartalom (ld. később)

Légköri korrózióálló acél

Csillapított acél

Ütőmunka -20 °C -on legalább 27 J

Folyáshatár legalább 235 MPa

Általános rendeltetésű szerkezeti acél

Acélöntvény (csak G és csak öntvényeknél)

- Ötvözetlen acélok
- Csak a gyártás során elkerülhetetlen ötvözőket és szennyezőket tartalmazza
- Általánosan:
 - $C_{nn(n)}$, ahol n pozitív egész szám, $0...9$
 - $nn(n)$ a széntartalom 100-szorosa
- A C az ötvözőmentességre utal („szénacél”)
- Példa: C22, C60, C90, C120 stb.

- Ötvözött acélok
- Tervszerűen bevitt ötvözőelemeket tartalmaz
- Általánosan:
 - nn <ötv1><ötv2> m1 – m2 – m3
 - nn a szénttartalom 100-szorosa
 - <ötv1>, <ötv2>, ... az ötvöző vegyjele
 - m1, m2, m3, ... az ötvöző mennyisége az ötvözőre jellemző számmal szorozva (!)
- Példa: 14NiCrMo13-4

Az ötvöző vegyjele	Szorzótényező
Cr, Co, Mn, Ni, Si, W „ Cro-Co Men-Ni Si-W atag”	4
Al, Be, Cu, Mo, Nb, Pb, Ta, Ti, V, Zr	10
C, Ce, N, P, S	100
B	1000

- Erősen ötvözött acélok
- 10% feletti ötvözőelem mennyiség
- Általánosan:
 - $X\ n_n\ \langle\text{ötv1}\rangle\langle\text{ötv2}\rangle\ m_1 - m_2 - m_3$
 - n_n a szénttartalom 100-szorosa
 - $\langle\text{ötv1}\rangle, \langle\text{ötv2}\rangle, \dots$ az ötvöző vegyjele
 - m_1, m_2, m_3, \dots az ötvöző mennyisége (!)
 - Példa: X8CrNiTi18-10

- Szerkezeti acélok
 - Gépgyártás, járműgyártás, acélszerkezetek
 - Szilárdság mellett a nyúlás és szívósság is követelmény
 - $C < 0,6\%$
- Szerszámacélok
 - Forgácsolószerszámok és alakítószerszámok
 - Kopásállóság, merevség, keménység (szívósság)
 - Nemesíthető, kiválóan keményíthető ötvözetek
- Különleges acélfajták és ötvözetek
 - Kifejezett tulajdonság
 - Hőálló ötvözetek, korrózióálló acélok stb.

- Szerkezeti acélok
 - A: Melegen hengerelt szerkezeti acélok
 - B: Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez
 - Hegeszthetőség, alakíthatóság
 - C: Képlékeny hidegalakításra alkalmas acélok
 - D: Nemesíthető acélok
 - E: Betétben edzhető acélok
 - F: Nitridálható acélok
 - Egyéb acéltípusok, célacélok

A: Melegen hengerelt, ötvözetlen szerkezeti acélok

- Általános rendeltetésűek, S és E jel
- Melegen hengerelt vagy kovácsolt állapot
- Műbizonylat: R_m , R_{eH} , A, KV, összetétel
 - Lapostermék esetén az élhajlíthatóság is
 - E jelűnél nincs előírt KV
- Igényesebb esetekben nem alkalmazhatók, hegesztéshez csak előírt ütőmunkával
 - Szénegyenérték (0,5% alatt, lásd később)
- Számos kivétel a kiegészítő jelek szerint
- Példa: S235JR

A: Normalizált, normalizálva hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés acélok

- A normalizáló hengerlés során a hőbevitelt és elvonást folyamatosan monitorozzák
- 6-osnál nagyobb szemcseszám
- Ugyanaz a jelölés, de kiegészítés:
 - N: normalizált (minden esetben)
 - L: előírt ütőmunka -50°C -on 27 J
- Példa: S275N, S275NL

A: Termomechanikusan hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés acélok I.

- A termomechanikus hengerlés során az előnyújtás az újrakristályosodási hőmérséklet felett kezdődik, de a teljes folyamat alatta fejeződik be
- Nb ötvözéssel emelik az újrakristályosodási hőmérsékletet
- Ti-nal segítik elő a szemcsefinomítást
- Kiegészítőjel: M
- Példa: S355M, S355ML

A: Termomechanikusan hengerelt, hegeszthető, finomszemcsés acélok II.

- HIDROGÉNNYOMÁSÁLLÓ ACÉLOK
- Probléma: a H felületi disszociáció és diffúzió útján bontja az acél vaskarbidját
 - Nagy hőmérsékleten ($T > 200^\circ\text{C}$) gyorsul a folyamat
 - Húzófeszültség gyorsítja a folyamatot
- Megoldás: stabil karbidokat képző ötvözők
 - Cr, Mo, V, W
- Melegszilárdság javul, nemesítve építik be
- Olajipar, finomítók, hidrogénező berendezések
- Folyomány: HSLA

A: Légekörkorrózió-álló acélok

- Az acél a levegő oxigéntartalma és a nedvesség hatására korrodál – porózus
- A folyamat teljes tönkremenetelig tarthat
- Cu, Cr, P, Ni, Mo ötvözés (kis mennyiség!)
- Foszfátos, szulfátos, hidroxidos vegyületek – a pórosukat betömik, lassul, majd megáll a korrózió
- Passzívált réteg, vörösesbarna, <0,3 mm
- Példa: S235J0W, S355J0WP

A: Lemezek és szélesacélok nagy folyáshatárú, nemesített acélokból

- Környezeti és kis hőmérsékleten üzemelő, nagy terhelésnek kitett hegesztett szerkezetek
- Tárolótartályok, hidak, zsilipek, daruk stb.
- Q kiegészítőjel jelöli
- Szokásos eljárással hegeszthető, de hidegrepedésre hajlamos (minél vastagabb, minél nagyobb a szilárdság, feszültséggyűjtők)
- Például: S460QL

- Szerkezeti acélok
 - A: Melegen hengerelt szerkezeti acélok
 - B: Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez
 - Hegeszthetőség, alakíthatóság
 - C: Képlékeny hidegalakításra alkalmas acélok
 - D: Nemesíthető acélok
 - E: Betétben edzhető acélok
 - F: Nitridálható acélok
 - Egyéb acéltípusok, célacélok

B: Ötvözetlen és ötvözött acélok növelt hőmérsékleten előírt tulajdonsággal

- Ötvözetlen acélok (Pl.: P235GH)
 - Melegfolyáshatár, vagy kúszáshatár (-szilárdság) van megadva
 - Gőzkazánok, nyomástartó berendezések
 - Általában $\sim 400^{\circ}\text{C}$ -ig
- Ötvözött acélok (Pl.: 12CrMo9-10)
 - Mn, Mo, Cr, V, Nb és hegeszthetőséghez Si, Ni
 - Kazándobok, túlhevítő csövek, vegyipari berendezések, karimák, kötőelemek
 - Általában $\sim 500\text{-}530^{\circ}\text{C}$ -ig

B: Hegeszthető, finomszemcsés, normalizált acélok

- Három alcsoport
 - Szobahőmérsékleti alapminőségek (P...N)
 - -20°C-ig használhatóak
 - Melegszilárd minőségek (P...NH)
 - -20...400°C között használhatóak
 - Hidegszívós minőségek (P...NL1 és P...NL2)
 - -40, illetve -50°C-on sem ridegednek el
- Szemcsefinomsági mutatószámuk nagyobb, mint 6
- Hegesztéshez támpont a szén egyenérték

B: Hidegszívós, nikkelötvözésű acélok

- Komoly szerkezetek csak olyan anyagból készíthetők, amelyek ütőmunkája előírt
- -60°C alatt ennek biztosítására Ni-t ötvöznek
- FKK rács, elridegedésre nem hajlamos
- Választás falvastagság és hőmérséklet függvényében
- Ütőmunka akár -200°C -on is
- Hűtés és kriogéntechnika
- 11MnNi5-3, 12Ni14, X7Ni9

B: Hegeszthető, finomszemcsés, termomechanikusan hengerelt acélok

- Hasonlóan a lapostermékekhez Nb ötvözés a rekrisztallizációs hőmérséklet emeléséhez
- Ti ötvözés a szemcsefinomításhoz
- V és Mo ötvözés a szilárdságnöveléshez
- -20°C -on is 27 J ütőmunka, hidegszívós esetben L1 és L2 kiegészítés
- Kiegészítőjele: M, pl.: P355ML1

B: Hegeszthető, finomszemcsés, nemesíthető acélok

- Három alcsoport
 - Alapminőség (P...Q)
 - Melegszilárd minőség (P...QH)
 - Hidegszívós minőségek -40°C -ig (P...QNL1), illetve -50°C -ig (P...QNL2)
- A finomszemcsés minőséget és a szilárdságot mikroötvözők (Ti, Nb, V, N, B) biztosítják
- Hegesztést befolyásolja: termékvastagság, bevitt energia, kialakítás, elektródakihozatal, eljárás, varratfém tulajdonságok

B: Korrózióálló acélok

- Ferrites acélok
 - Gyenge maróhatású közegek, nyomástartó edény, élelmiszer-ipari berendezések, katalizátor
 - 350°C-ig is 155-215 MPa folyáshatár
- Martenzites acélok
 - Szivattyúelemek, szelepek, turbinák járókereke
 - 300°C-ig 530-580 MPa
- Ausztenites acélok
 - Nagyon széleskörű alkalmazás
 - -196-600°C-ig alkalmazható (FKK, oldólágyítás után nem hajlamos ridegtörésre, nincs TTKV)
- Ferrites-ausztenites (duplex) acélok
- Hegesztés és hőkezelés a szabványban előírtak szerint

- Szerkezeti acélok
 - A: Melegen hengerelt szerkezeti acélok
 - B: Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez
 - Hegeszthetőség, alakíthatóság
 - C: Képlékeny hidegalakításra alkalmas acélok
 - D: Nemesíthető acélok
 - E: Betétben edzhető acélok
 - F: Nitridálható acélok
 - Egyéb acéltípusok, célacélok

C: Hidegen hengerelt lapos termék kis karbontartalmú acélból, hidegalakításra

- Kis karbontartalmú, ferrites acél
- Nagyon kevés ötvöző, dezoxidáláshoz Al, nitrogén megkötéshez (öregedés) Ti
- DC01...DC06, kiegészítőjel: A, vagy B - felületminőség
 - A: felületi hiányosságok (pórus, kis rovátká, karc, enyhe elszíneződés) megengedett
 - B: a jobb felület legyen hibamentes, a másik legalább A minőségű, csak dresszírozottra!
- Felületi érdesség fokozatok
 - b: fényes, g: félfényes, m: normál, r: érdes
- Példa: DC01Am

C: Hidegen hengerelt, bevonat nélküli lágycél keskeny szalag hidegalakításra

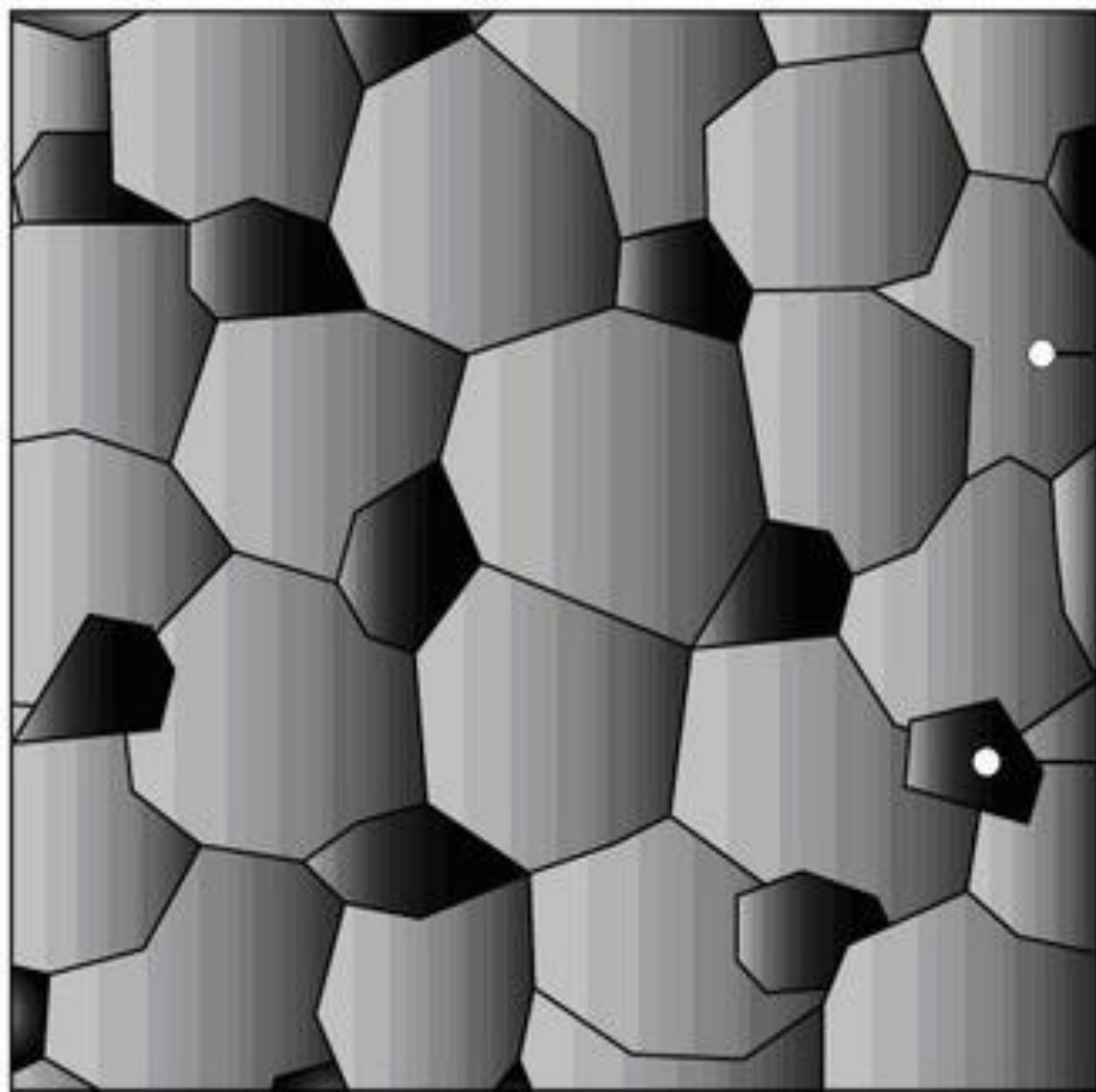
- 600 mm-nél keskenyebb, 10 mm-nél vékonyabb ötvözetlen és ötvözött szalag
- Utánjelölések:
 - Lágýtott (A)
 - Hidegen utánhengerelt (C és megnőtt R_m (MPa))
 - Dresszírozott (LC)
 - Felületi minőség MA, MB és MC
- Példa: DC03C440MB

C: Nagy folyáshatárú acélok melegen hengerelt lapos termékek hidegalakításra

- Hidegalakításra szánt, melegen hengerelt, hegeszthető, nagy folyáshatárú, ötvözött
- Termomechanikusan, vagy normalizálva hengerelt
- Perlitszegény acélok (Ti, Nb, V) – HSLA
- Példa: S420NC, S460MC
- Képlékenyen alakíthatók, nyírhatók, hajlíthatók, forgácsolhatók
- Járműgyártás, hegesztett szerkezetek

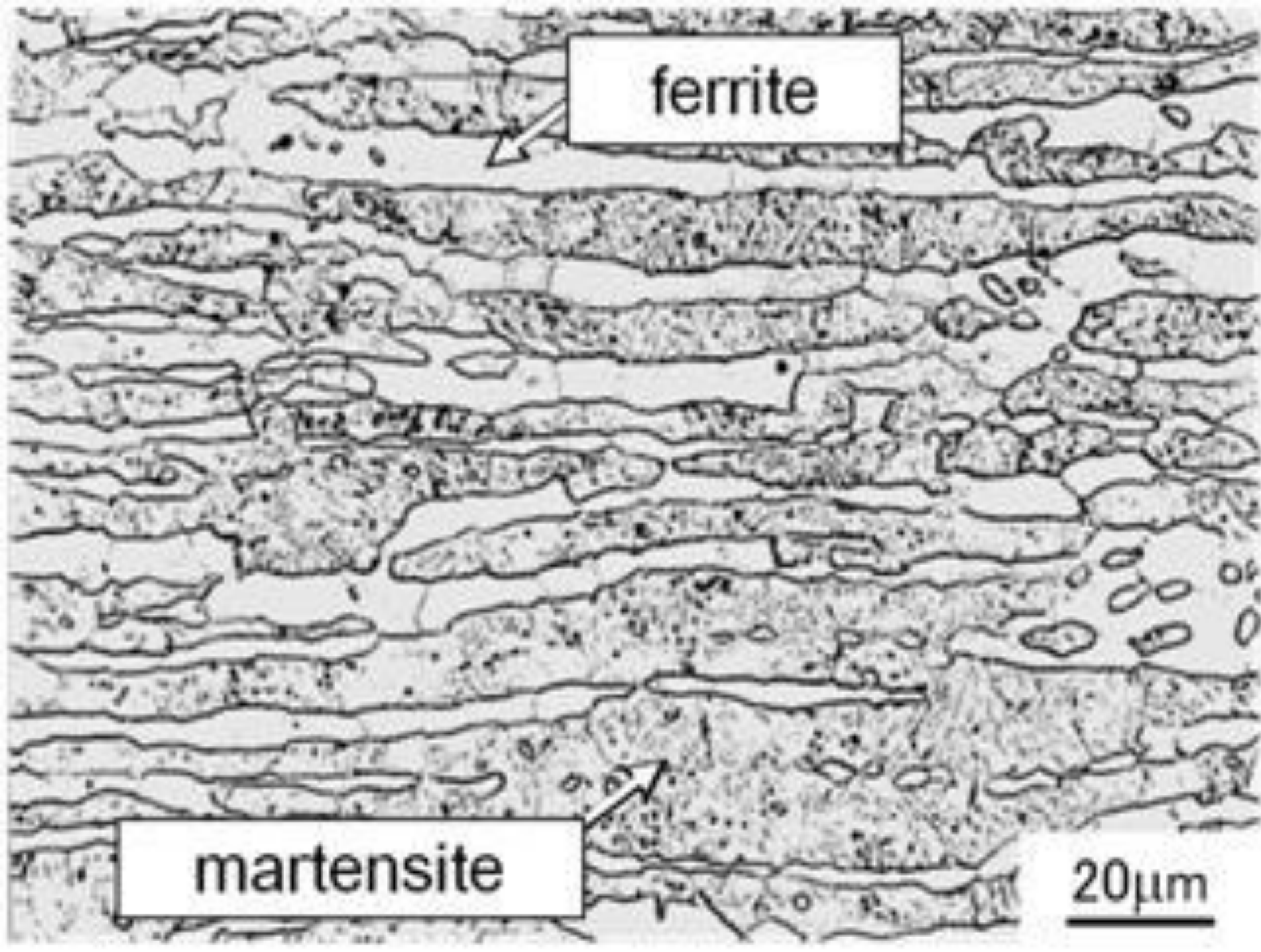
- **Dual Phase**
- Kétfázisú acél
 - Nagyon lágy ferrit mátrixban nagyon kemény martenzit fázis van finoman elosztatva
- Jó szilárdsági tulajdonságokat kombinál szintén jó alakíthatósági tulajdonságokkal
- Keréktárcsák, gépkocsi karosszéria, ütköző elemek, kötöző drótok, állvány és épületelemek

Ferrite-Martensite DP



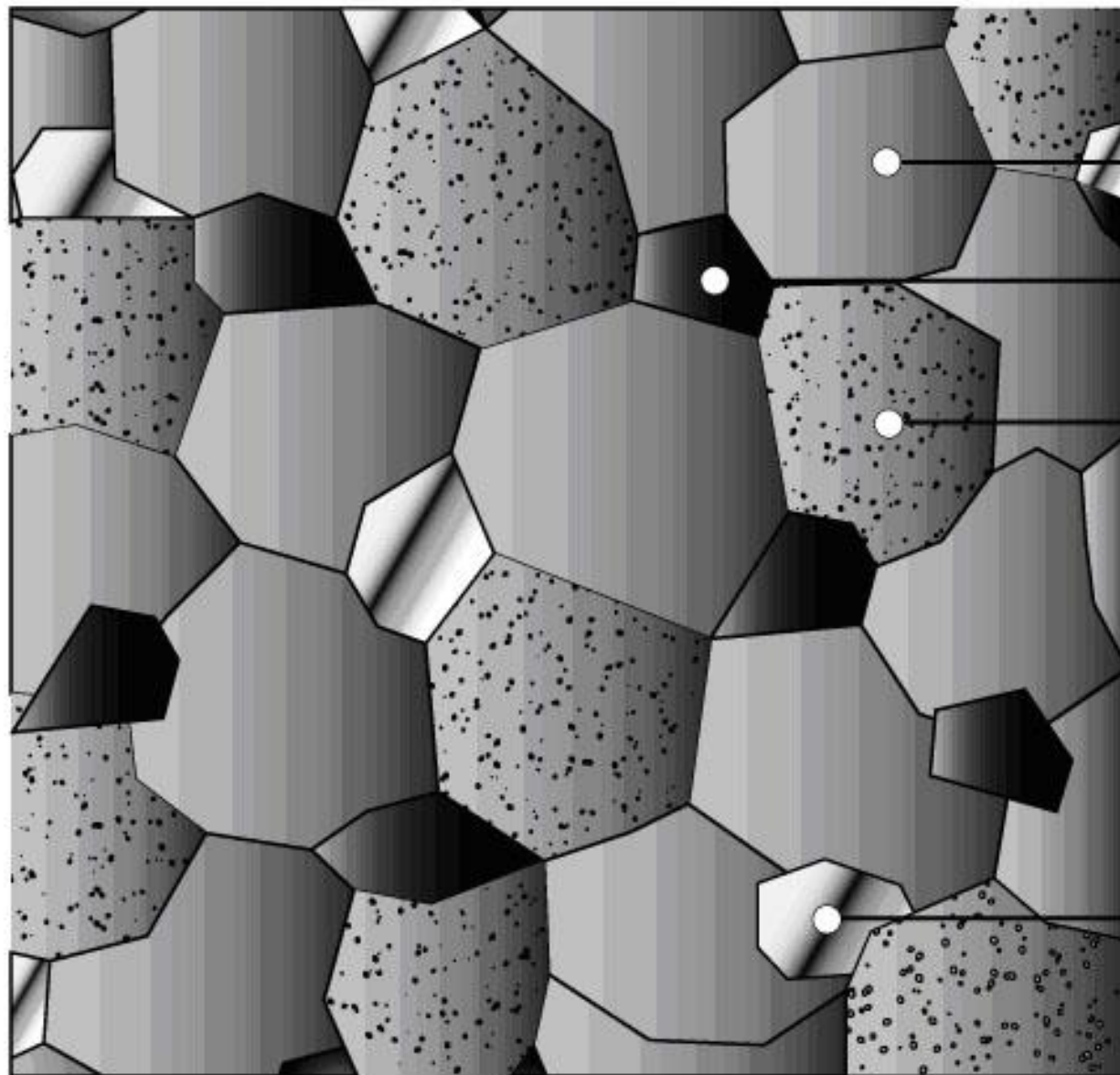
● — Ferrite

● — Martensite



- **TR**ansformation **I**nduced **P**lasticity
- Átalakulással kiváltott képlékenység
- Melegalakítás után a szövetszerkezet ferrit-reszt ausztenit-bainit
- További alakítás hatására a metastabil reszt ausztenit átalakul martenzitté
- Karosszériaelemek, gépjárműgyártás

TRIP



Ferrite

Martensite

Bainite

Retained
Austenite

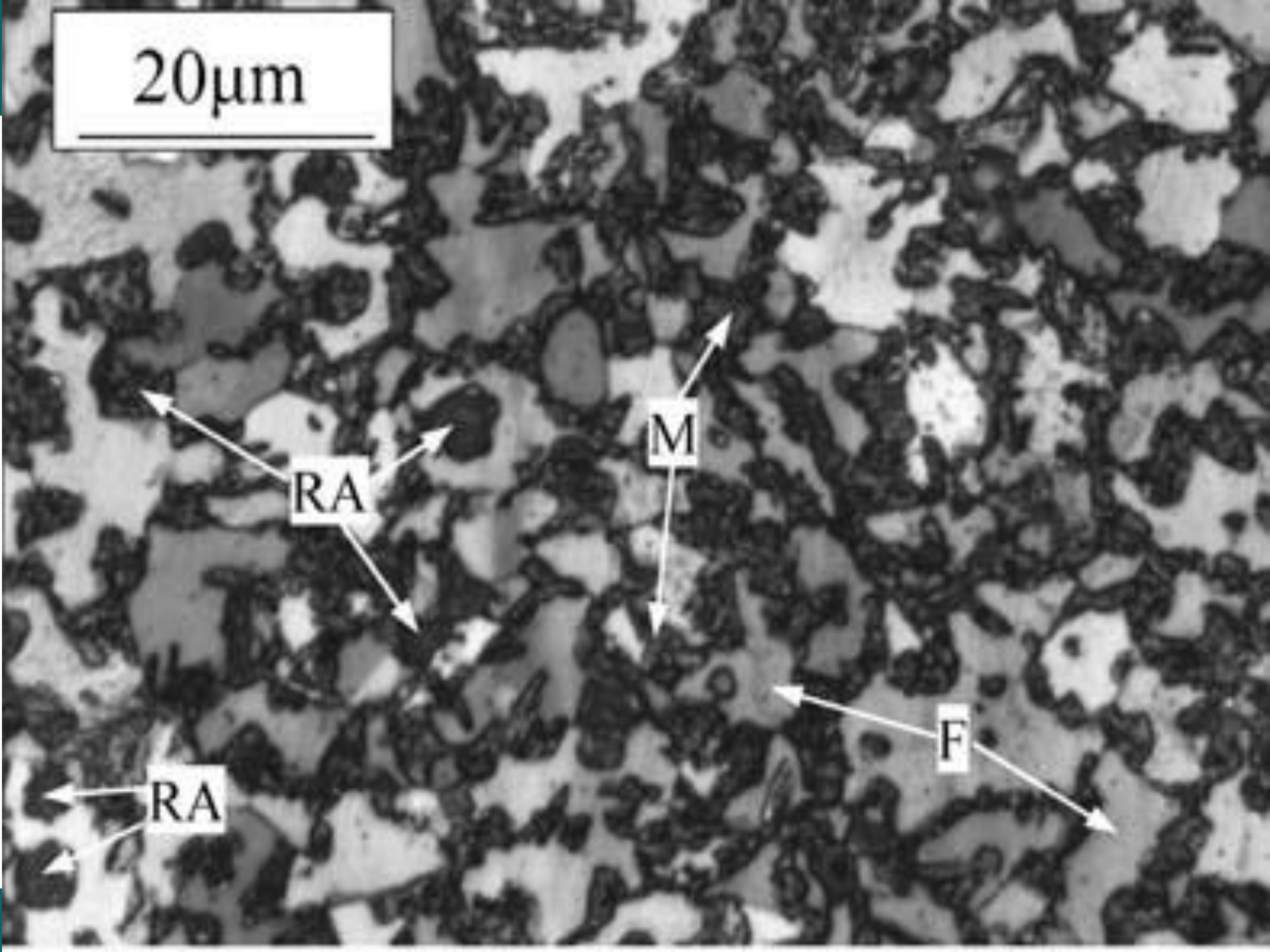
20 μ m

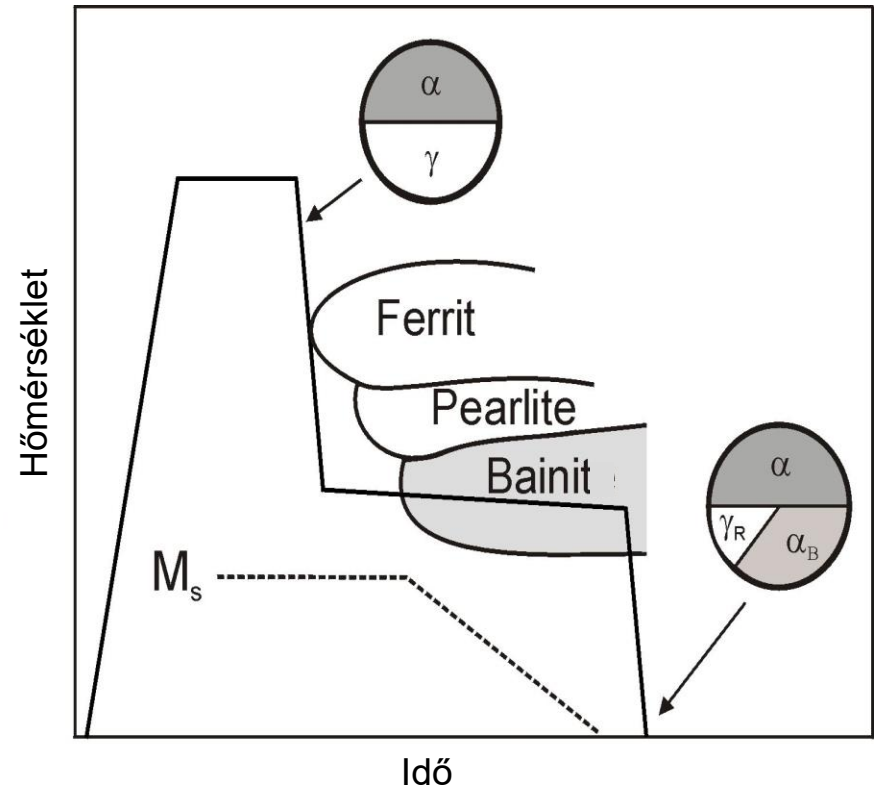
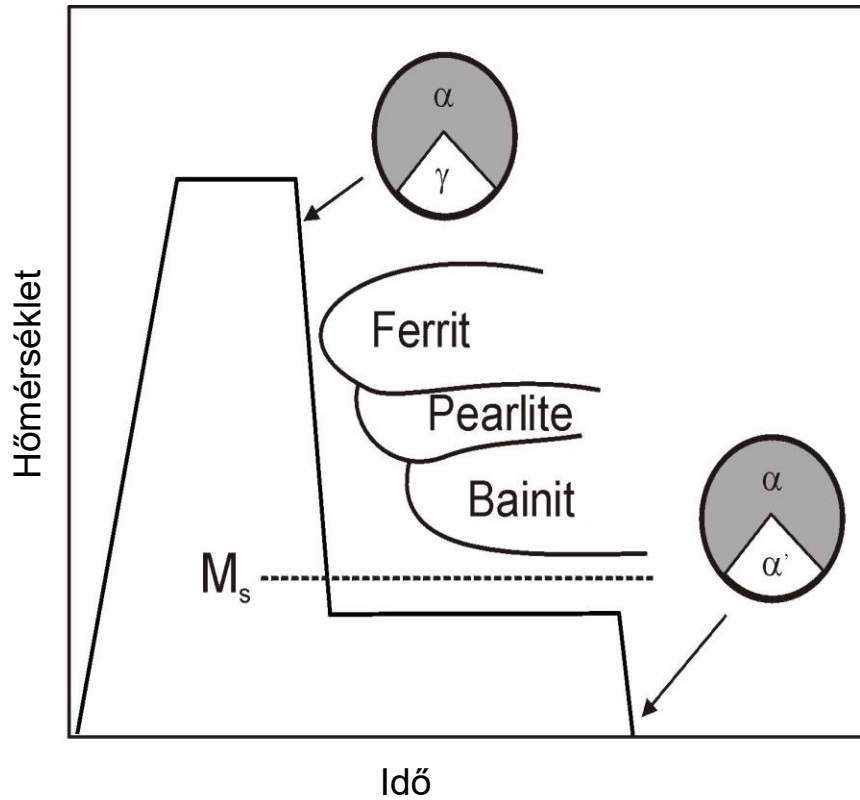
RA

M

RA

F





- **Interstitial Free**
- Rendkívül kis (30-60 ppm) ötvözőtartalom
- Jól mélyhúzható, alakítható, nem öregszik (a szokásos mélyhúzható anyagok csillapítatlanok)
- Háztartási berendezések, gépjármű borítás elemek

- **Bake Hardening**
- Kis szénttartalmú, $\sim 200^{\circ}\text{C}$ -on kiválóan keményíthető ötvözetek
- C és N kiválóan keményítésével ~ 40 MPa szilárdságnövekedés érhető el a folyási határban
- Alakítás után, például festés során is végrehajtható
- Gépjármű karosszériaelemek

- Szerkezeti acélok
 - A: Melegen hengerelt szerkezeti acélok
 - B: Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez
 - Hegeszthetőség, alakíthatóság
 - C: Képlékeny hidegalakításra alkalmas acélok
 - D: Nemesíthető acélok
 - E: Betétben edzhető acélok
 - F: Nitridálható acélok
 - Egyéb acéltípusok, célacélok

- Kellően szívósnak és a dinamikus hatásoknak ellenállónak kell lennie
- Kötéselemek, csapok, csuklók, rudazatok, villáskulcsok, tengelyek, kardánkeresztek, fogaskerekek, szerszámgépfőorsók stb.
- Ötvözött és ötvözetlen kivitelben gyártják
- Ötvözés célja:
 - Átedzhető szelvényátmérő növelése
 - Szívósság növelése, TTKV csökkentése
 - Kifáradási határ növelése
 - Megeresztésállóság növelése
 - Stb. javítása

D: Ötvözetlen nemesíthető acélok

- A gyártás során bent maradt ötvözőkön, szennyezőkön kívül csak korbont tartalmaz
- A kisebb szénttartalmuk miatt szívósak, szilárdságuk kisebb
- Az átedzhető szelvényátmérő kicsi (néhány 10 mm)
- Felületi edzéssel a kopásállóság növelhető
- R_m : 500...1000 MPa, R_{eH} : 300-580 MPa, A: 20-11%, Z: 50-20%
- Jelölésük: C nn, ahol nn a C tartalom 100-szorosa, $20 < nn < 60$
- Kiegészítőjelek: E: $S < 0,035\%$, R: $0,020\% < S < 0,040\%$

D: Ötvözött nemesíthető acélok I.

- Mn (1,4-1,65%)
 - Olcsó
 - Átedzhető átmérőt jelentősen megnöveli
 - Túlhevítésre és megeresztési ridegedésre hajlamos (gyors hűtés kell)
 - 0°C alatt dinamikus igénybevételű alkatrésznek nem alkalmazható
 - Például: 28Mn6

D: Ötvözött nemesíthető acélok II.

- Cr (akár 2%)
 - Leggyakoribb ötvöző
 - Erősen növeli az átedzhető átmérőt és a folyáshatárt
 - Jól kérgesíthetők (50-60 HRc)
 - Közepes igénybevételű hajtóműalkatrészek, tengelyek
 - Megeresztési ridegedés (!)
 - Például: 34Cr4

D: Ötvözött nemesíthető acélok III.

- Cr-Mo (akár 2% Cr, 0,9-1,2% Mo)
 - A Mo megszünteti a megeresztési ridegedést
 - Cr és Mo erős karbidképző, nagyobb hőmérsékleten ($\sim 600^{\circ}\text{C}$) lehet megeresztteni
 - Jelentős szilárdság és jó szívósság
 - Közepes méretű, nagy fárasztó és ütésszerű igénybevételnek kitett alkatrészek, féltengelyek, hajtórudak, könyökös tengelyek, fogazott alkatrészek, főtengelyek
 - Például: 50CrMo4

D: Ötvözött nemesíthető acélok IV.

- Cr-V (0,7-1,1% Cr, 0,1-0,2% V)
 - Hasonló a Cr-Mo acélokhoz
 - Azoknál kicsit olcsóbb, de a szívósságuk rosszabb
 - Közepes méretű, nagy fárasztó és ütésszerű igénybevételnek kitett alkatrészek, féltengelyek, hajtórudak, könyökös tengelyek, fogazott alkatrészek, főtengelyek és csavarok, csavarkulcsok
 - Például: 51CrV4

D: Ötvözött nemesíthető acélok V.

- Ni-Cr-Mo(-V) (0,7-1,1% Cr, 0,1-0,2% Mo)
 - Nagy méretű daraboknál, ahol a gyors hűtést nem lehet megvalósítani Ni ötvözést is alkalmaznak
 - Ni a TTKV-t csökkenti
 - Mo a megeresztési ridegedési hajlamot csökkenti
 - Átedzhető átmérő jelentősen nő (~150 mm)
 - Az állapottenyező hatásainak jól ellenállnak
 - Hajómotor alkatrészek, kovácssajtók
forgattyústengelye kovácsolt és nemesített állapotban
 - Például: 36NiCrMo16

D: Ötvözött nemesíthető acélok VI.

- Bóracélok
 - Mn, Mn-Cr alapötvözés, B mikroötvözés
 - Jelentős átedzhető szelvényátmérő növekedés
 - Általában melegalakított állapotban szállítják
 - Adott szilárdság mellett jó szívósság
 - Például: 20MnB5, 27MnCrB5-2

- Szerkezeti acélok
 - A: Melegen hengerelt szerkezeti acélok
 - B: Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez
 - Hegeszthetőség, alakíthatóság
 - C: Képlékeny hidegalakításra alkalmas acélok
 - D: Nemesíthető acélok
 - E: Betétben edzhető acélok
 - F: Nitridálható acélok
 - Egyéb acéltípusok, célacélok

- Karbontartalom 0,2% alatti
- Jellemzőjük a szívós mag és a kopásálló kéreg
 - ~1%C a kéregben, 60-63 HRC
- Átedzhetőség okán ~80 mm jellemző méretig használhatók
- Azonos fajlagos nyúlás és ütőmunka esetén a nemesíthető R_m -je és R_{eH} -ja nagyobb
- Fárasztás esetén a cementálást elhagyják, vakedzett állapot, ekkor 35-45 HRC érhető el

E: Ötvözetlen betétben edzhető acélok

- Kis méretű és szilárdságú, kopásnak kitett alkatrészeczek
- Csapok, fogaskerékszivattyúk
- Elérhető keménység: 55-60 HRC
- 20-30 mm jellemző méretig legfeljebb
- Például: C10, C15

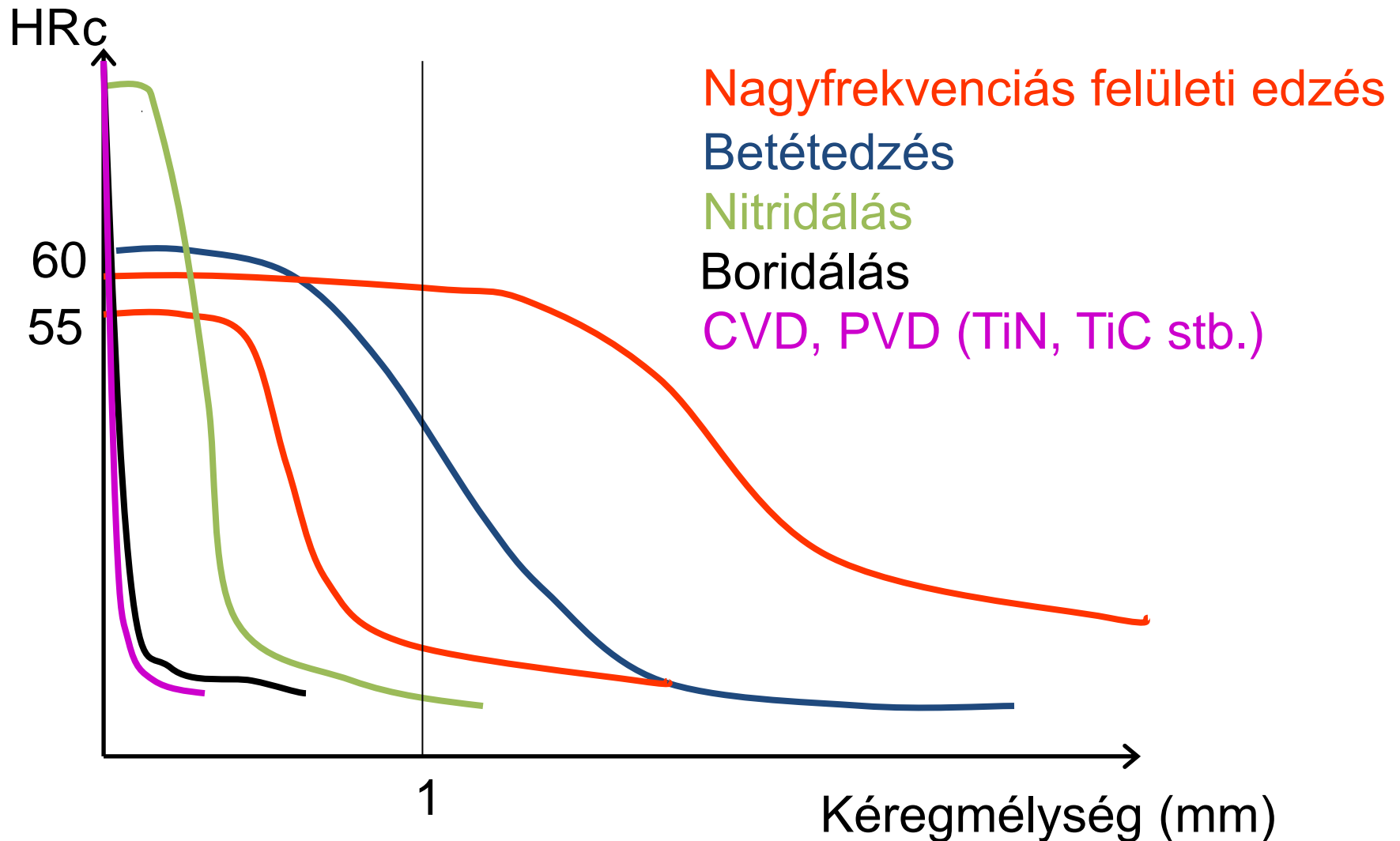
E: Ötvözött betétben edzhető acélok

- Ötvözőik megegyeznek a nemesített acéloknál leírtakkal
- Karbontartalmuk kisebb, $C < 0,2\%$
- Cr-Mo ötvözés közepes méretű és igénybevételű darabok (perselyek, csapok, fogaskerekek)
 - Túlhevítésre érzékenyek, 40-60 mm átmérőig
- Mn-Cr-Mo nagy igénybevételű alkatrészek (fogaskerekek, lánckerekek, tengelyek)
 - 70-80 mm átmérőig
- Ni-Cr-Mo különlegesen erős dinamikus igénybevétel, szívós mag, nagy felületi keménység

- **Direktedzés**
 - Cementálás, ausztenitesítő lépcső, edzés, kis hőmérsékletű megeresztés
 - Nagy hőmérsékleten szemcsedurvulás, gazdaságos, gyors
- **Kéregedés**
 - Cementálás, lépcső nélküli edzés, kéregedés, kis hőmérsékletű megeresztés
 - A mag durvaszemcsés, kis szilárdságú, míg a kéreg finomszemcsés, kopásálló
- **Magedzés**
 - Cementálás, lépcső nélküli edzés, magra edzés, kis hőmérsékletű megeresztés
 - Nagy szilárdságú, finomszemcsés mag, a kéreg is finomszemcsés maradhat
- **Kettős edzés**
 - Cementálás, magra edzés, kéregedés, kis hőmérsékletű megeresztés

- Szerkezeti acélok
 - A: Melegen hengerelt szerkezeti acélok
 - B: Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez
 - Hegeszthetőség, alakíthatóság
 - C: Képlékeny hidegalakításra alkalmas acélok
 - D: Nemesíthető acélok
 - E: Betétben edzhető acélok
 - F: Nitridálható acélok
 - Egyéb acéltípusok, célacélok

- Alapvetően nemesíthető acélok
- Cél: nagyon kemény, kopásálló réteg
- Nitridképzők (Cr, Al, V, Ti) adalékolásával érik el
- Eredmény: kopásálló, kemény, fáradási tulajdonságokat javító réteg, amely azonban a fajlagos nyomást kevésbé tolerálja, mint a cementált acélok
- Közeg: ammónia, vagy cianidos sók
- A nitridálás hőkezelési technológia, hőmérséklet $\sim 50^{\circ}\text{C}$ -szal kisebb legyen, mint a megeresztés
- Például: 34CrAlNi7-10



- Szerkezeti acélok
 - A: Melegen hengerelt szerkezeti acélok
 - B: Lapos acéltermékek nyomástartó berendezésekhez
 - Hegeszthetőség, alakíthatóság
 - C: Képlékeny hidegalakításra alkalmas acélok
 - D: Nemesíthető acélok
 - E: Betétben edzhető acélok
 - F: Nitridálható acélok
 - Egyéb acéltípusok, célacélok

- Automata acélok
- Acélok gördülőcsapágyakhoz és csapágygolyókhoz
- Rugóacélok
- Melegszilárd és/vagy hidegszívós acélok és nikkelötvözetek kötőelemekhez
- Hőállóacélok és nikkelötvözetek
- Acélok és ötvözetek belső égésű motorok szelepeihez

Automata acélok

- Nagy teljesítményű és nagy forgácsolási sebességű automatákon történő megmunkáláshoz
- Cél: töredezett forgács
- S és S+Bi ötvözéssel érik el
- Régebben S+Pb ötvözés volt, de kiszorultak
- Például: 11SMn37, 10S20, 44SMn28

Acélok gördülőcsapágyakhoz és csapágygolyókhoz

- Nagy kopásállóság és nagy kifáradási határ a követelmény
 - Karbontartalom 0,85-1,1% - keménység
 - $S < 0,015\%$, $P < 0,025\%$, $O < 0,002\%$ és polírozás – kifáradási határ
- Edzés, túlhűtés (-30°C), kis hőmérsékletű megeresztés – 62 HRC
- Például: N: 100Cr6, 100CrMnMoSi8-4-6, BE: 19MnCr5, 18NiCrMo14-6, IE: 70Mn4, KO: X65Cr14, X89CrMoV18-1, T: 80MoCrV42-16, X82WMoCrV6-5-4

Rugóacélok I.

- Rugalmas energiatároló képesség van kihasználva
- Nagy folyási határ (1000-1350 MPa) és elfogadható nyúlás kell (6-8%)
- Nemesíthető acélok, 0,4-0,7% C tartalom, kis hőmérsékletű megeresztés (450-480°C)
- Alkalmazás szerinti altípusok

Rugóacélok II.

- Melegen hengerelt acélokból alakított, nemesített rugók
 - Si ötvözés, R_{eH} nő
 - Cr-V, Cr-MoV nagy teljesítményű, dinamikus igénybevételnek kitett rugók
 - Pl.: 38Si7, 60SiCrV7, 60CrMo3-2
- Hőkezelésre szánt, hidegen hengerelt keskeny acélszalag
 - Jó felületi minőség, akár $R_m=2100$ MPa-ig
 - Pl.: C75S,
- Korrozíóálló acélszalag rugókhöz
 - Korrozív közegekhez

Melegszilárd és/vagy hidegszívós acélok és nikkelőtvözetek kötőelemekhez

- Ötvözetlen / ötvözött (korrózióálló is)
- Akár 700°C-ig terhelhetők
- Mo: folyáshatárt növeli, karbidképző
- Hőterhelés mellett a korrózió is figyelembe veendő
 - Például: 42CrMo5-6, 25CrMo4, NiCr20TiAl (Ni ötvözet), X10CrNiMoMnNbVB15-10-1
- Kis hőmérsékletű alkalmazásokhoz Ni ötvözés
- Akár -270°C-ig
 - Például: 41NiCrMo7-3-2, X8Ni9, X6CrNi18-10

Hőállóacélok és nikkelötvözetek I.

- Probléma: 500°C felett az acélok jelentősen revésednek
- Ausztenites, ferrites, ausztenites-ferrites acél
- Kúszáshatáruk és kúszási szilárdságuk meghatározó
- Ötvözők: Cr, Si, Al
- Alkalmazásuk akár 900°C-ig
- Szemcsedurvulás problémát jelenthet
- Ni alapú szuperötvözetek (nem vasötvözet)

Hőállóacélok és nikkeltötvözetek II.

- Ferrites
 - 350-550°C-on és 900°C felett szemcsedurvulásra és ridegedésre hajlamos, nagy S tartalmú közegnek jobban ellenáll, pl.: X10CrAlSi18
- Ausztenites
 - Nagyobb hőmérsékleten sem jellemző a szemcsedurvulás, 600-800°C között σ -fázis ridegedést okoz, pl.: X10NiCrAlTi32-21
- Ausztenites-ferrites
 - Oxidáló kéntartalmú közegekben használható eredményesen, pl.: X15CrNiSi25-4
- Ni bázisú ötvözetek
 - Sugárhajtóművek, rakétaipar, pl: NiCr23Fe

Acélok és ötvözetek belső égésű motorok szelepeihez

- Homogén szövetszerkezet, erős ötvözés, kiszámítható hőtágulás
- Igénybevétel: ingadozó hőhatás, korrózió, oxidáció, fáradás, ütés, kopás
- Rudak, huzalok, kovácsdarabok
- Melegalakíthatóak, nehezen forgácsolhatók
- Fő típusok
 - Martenzites szelepacél (szívó szelep és kipufogószelepszár), pl.: X40CrSiMo10-2
 - Ausztenites szelepacél (kipufogószeleptányér), pl.: X50CrMnNiNbN21-9, NiFe25Cr20NbTi

Hadfield acélok

- Ausztenites, erősen ötvözött Mn acélok
 - ~1,2%C, ~0,4 Si, ~12,5% Mn
- Ütésálló, ütés (képlékeny hidegalakítás) hatására keményedik
- A belső, még nem felkeményedett rétegek jó szívósságot biztosítanak
- Dinamikus igénybevételnek és koptató hatásnak kitett alkatrészek
- Vasúti váltók, fölmunkagépek karmai, kötőrő pofák

- A: Ötvözetlen szerszámacélok
- B: Melegalakító szerszámacélok
- C: Hidegalakító szerszámacélok
- D: Gyorsacélok

- Keménység, kopásállóság
- Szilárdsági tulajdonságok
- Melegszilárdság
- Hőfáradással szembeni ellenállás
- Megfelelő átedzhető szelvényátmérő

- 0,45-1,25% C tartalom
 - 0,45% C – 54 HRC
 - 1,25% C – 62 HRC
- Ezek mellett csak alapötvözők (Mn, Si) és szennyezők (S, P)
- Kisebb igénybevételű kéziszerszámok
- Például: C90U, C100U
 - U kiegészítő jel: kezeletlen állapot

- Az üzemi hőmérséklet 200°C felett van, de a keménységet, hőállóságot akár 600°C -on is meg kell tartaniuk (38-46 HRc)
- Fő ötvözők: Cr, Mo, W, Ni, Co
- Karbid vegyületek – keménység nagy hőmérsékleten is
- Kovácssüllyesztékek, nyomásos öntőszerszámok
- Például: 55NiCrMoV7, X40CrMoV5-1

- Fő ötvözők: Mn, Cr, Mo, V, W, Ni
- Az ötvözők növelik az átedzhető szelvényátmérőt, ezenfelül javítják a
 - Szilárdságot
 - Kopásállóságot
 - Keménységet
- Hőkezelik és szobahőmérsékleten használják őket, üzemi hőmérsékletük nem haladja meg a 150-180°C-t
- Vágó- és lyukasztószerszám
- Például: 95MnWCrV5, X210CrW12

- Forgácsolási teljesítmény megkívánja, hogy még 600°C környékén is 62-64 HRc kemények legyenek
- Fő ötvözők: W, Mo, V, Co („**W**erseny **M**otor **V**adul **C**otor”)
- Kritikus a hőkezelésük, nagyon precízen kell eljárni (kiválásos keményítés)
- Például: HS6-5-2, HS10-4-3-10

- A: Ferrites korrózióálló acélok
- B: Martenzites korrózióálló acélok
- C: Ausztenites korrózióálló acélok
- D: Duplex (ausztenit + ferrit) korrózióálló acélok

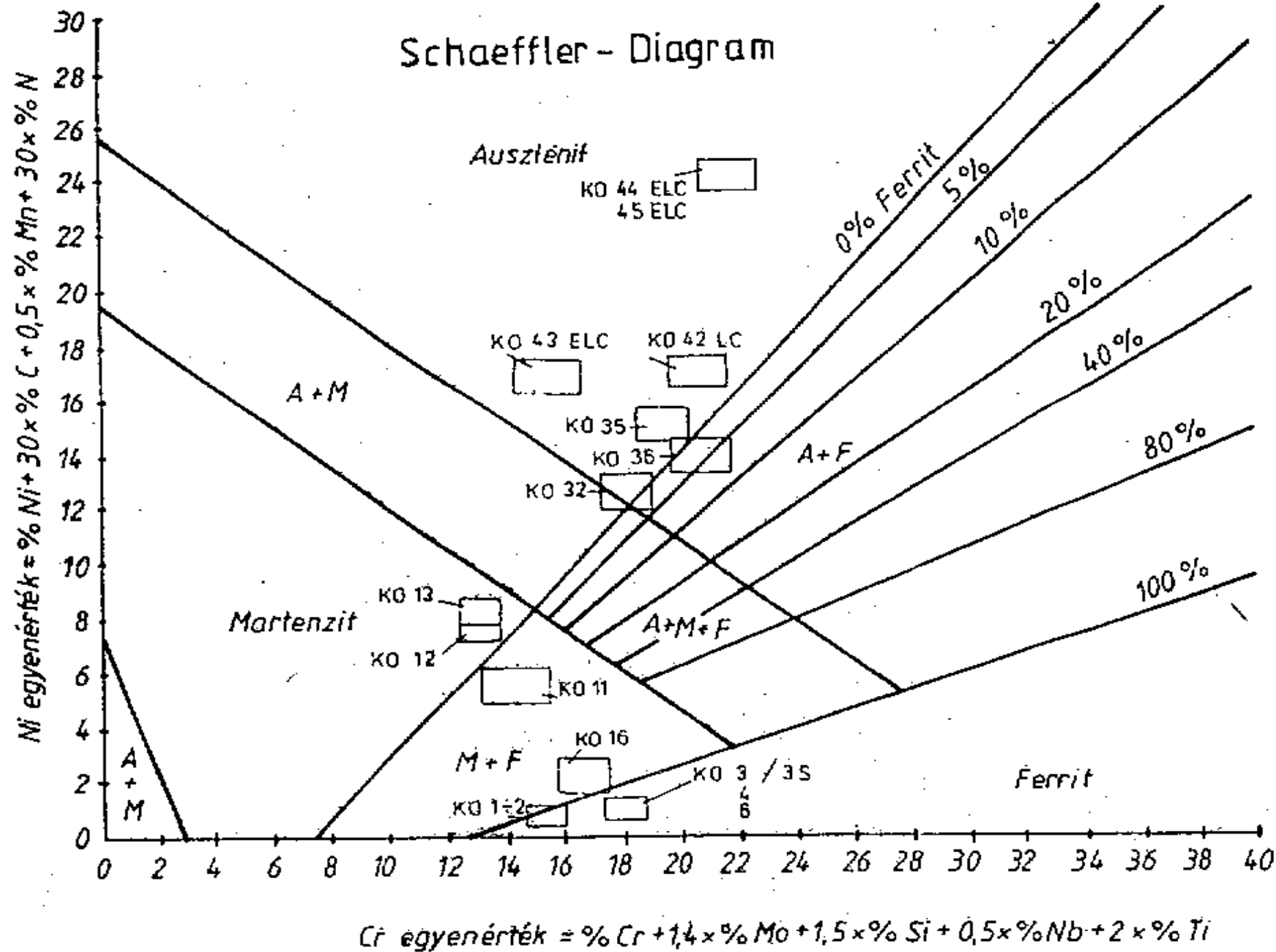
- Az ötvöző az oxigénnel jól tapadó, tömör réteget hoz létre, ami akadályozza a további oxidációt
- Ferrites korrózióálló acélban maximum 0,08% C lehet és ehhez ~13% Cr ötvözés kell, hogy társuljon
- $R_{eH} \sim 280-320$ MPa, $A=18-20\%$
- Jól alakíthatók és hegeszthetők, mágnesezhető
- Gyenge és közepes maróhatású közegeknek jól ellenállnak: élelmiszeripar, söripar, tejipar
- Néhány minőségben részleges martenzitképződés: félferrites korrózióálló acél
 - Nagyobb szilárdság (vegyipar)
- Például: X2CrTi12, X6CrMo17-1, X2CrMoTi29-4

- A ferrites korrózióálló acélok nem elég szilárdak – C tartalom növelés és hőkezelés
- Hőkezelés: edzés + megeresztés (ridegség csökkentése)
- C tartalom 0,08% és 1,2% között
- Sebészeti kések, szikék, tűk, élelmiszeripari kések
- Például: X12Cr13, X105CrMo17, X7CrNiAl17-7

- A ferrites korrózióálló acél ellenállása erős savakkal szemben nem megfelelő
- Megoldás az ausztenites acél
 - $C < 0,03\% + \sim 18\% \text{ Cr} + \sim 10\% \text{ Ni}$ (Mn, Cu, N)
- Lassú hűtés mellett $600\text{-}800^\circ\text{C}$ -on a szemcse-határokon krómkarbidok válnak ki, rontja a korrózióállóságot (kristályközi)
 - Ti, Nb ötvözéssel megakadályozható
- Akár -270°C -ig használható szerkezeti elemként
- Nehezebben forgácsolhatók
- Kloridos ellenállása Mo-nel javítható, de a salétrom savas és N-es közegben nem jó
- Pl.: X10CrNi18-8, X3CrNiMo17-13-3

- Nagy Cr és Ni tartalmúak
- Szobahőmérsékleten ~40-60% ausztenit
- Szilárdságuk nagyobb
- Feszültségkorrózióknak jobban ellenállnak
- Hőálló és melegszilárd acélként is alkalmazzák
- Pl.: X2CrNiN23-4, X2CrNiMoCuWN25-7-4

Schaeffler - Diagram



Dr. Orbulov Imre Norbert – orbulov@eik.bme.hu

KÖSZÖNÖM A FIGYELMET!