

 **att**

Anyagtudomány és Technológia Tanszék

 M Ü E G Y E T E M 1 7 8 2

Mérnöki ötvözetek

Acélok, öntöttvasak Színesfémek Könnyűfémek

Dr. Mészáros István Attila

1

Acél termékek csoportosítása

1. Összetétel szerint

- Ötvöztelen acélok
- Gyengén ötvözött acélok (Σ ötvöző% < 5%)
- Erősen ötvözött acélok (Σ ötvöző% > 5%)

2. Minőségi csoportok szerint

3. Gyártási mód szerint

4. Dezoxidálási mód szerint

5. Szövetszerkezet szerint

- Egyensúlyi állapotban
- Nem egyensúlyi állapotban

6. Felhasználás szerint

- Szerkezeti acélok
- Szerszám acélok
- Különleges acélok

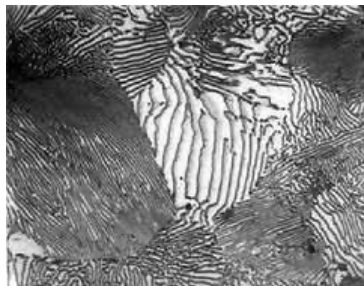
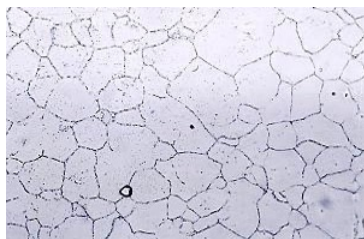
2

1. Összetétel szerint

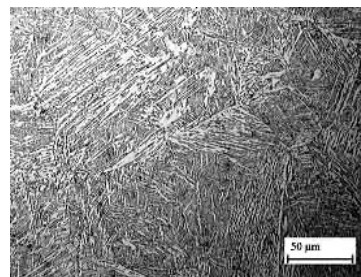
- Ötvözetlen acél
 - Karbonon kívül más, szándékosan bevitt ötvözőt nem tartalmaz
- Ötvözött acél
 - A gyártástechnológiában előírt, mindig megtalálható ötvözőkből többet, vagy szándékosan bevitt ötvözőket tartalmaz
 - Gyakori ötvözők: Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, W, Co
 - Gyengén ötvözött ($\Sigma \text{ötvöző} < 5\%$)
 - Ötvözött ($5\% < \Sigma \text{ötvöző} < 10\%$)
 - Erősen ötvözött ($\Sigma \text{ötvöző} > 10\%$)

3

5. Szövetszerkezet alapján (nem egyensúlyi)



- Ferrites
- Martenzites
- Perlites
- Bénites
- Ausztenites



4

Ötvöző oldhatósága, hatása a rács típusra

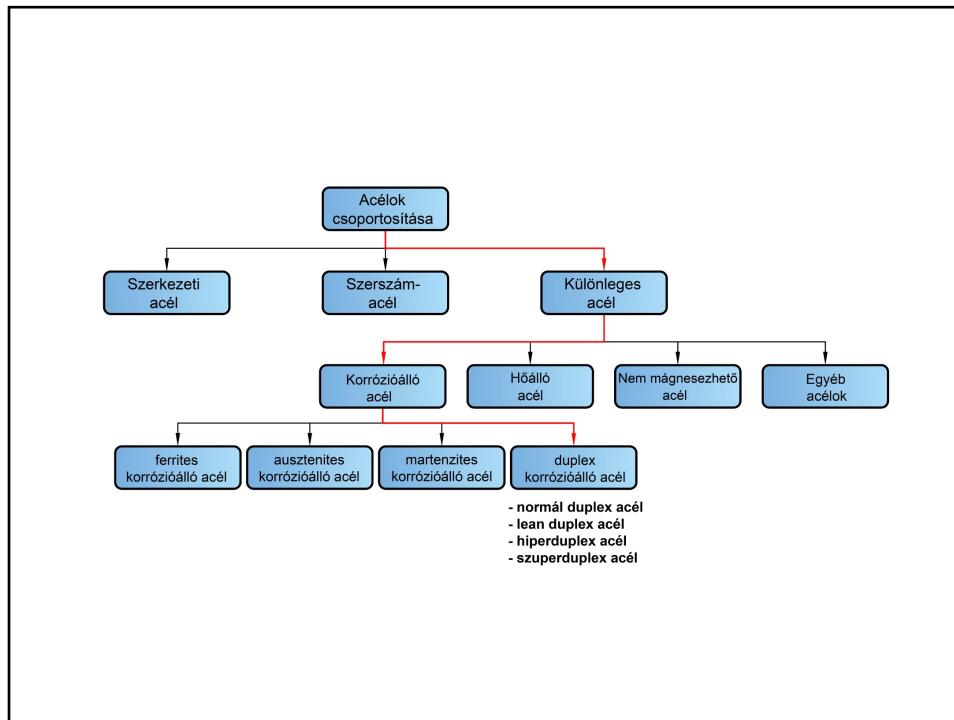
- Nem oldódik
 - Zárvány képződik belőle, kedvezőtlen
 - S, As, Pb...
- Oldódik
 - Ferritben oldódik jobban – **ferritképző**
 - Cr, Al, Si, W, Mo, V, Ti
 - Ausztenitben oldódik jobban – **ausztenitképző**
 - Ni, Mn, C, N, Cu

5

6. Felhasználás szerint

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

6



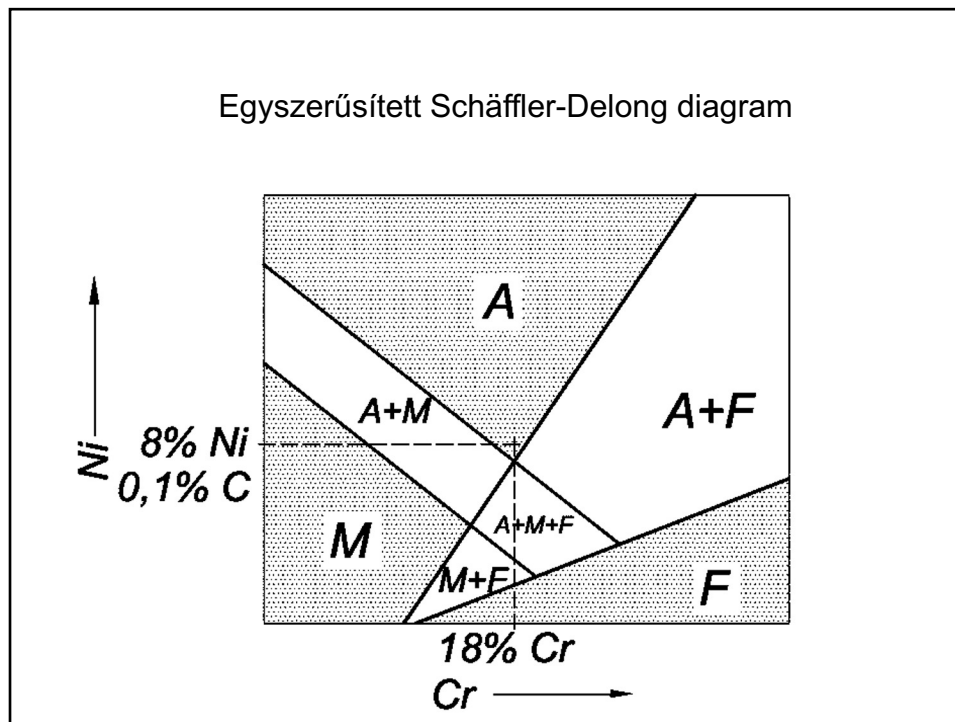
7

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, orvosi eszközök
 - 300°C-ig 530-580 MPa
- Ausztenites acélok
 - Nagyon széleskörű alkalmazás
 - -196-600°C-ig alkalmazható (FKK, nem hajlamos ridegtörésre, nincs TTKV)
- Duplex (ferrit-ausztenit) acélok

Hegesztés és hőkezelés a szabványban előírtak szerint

8



9

Öntöttvasak

- 2,1%-nál több korbont tartalmazó sokalkotós vas-karbon alapú ötvözet

- Stabilis (vas+grafit) – **szürke öntöttvas**
- Metastabilis (vas+vaskarbid) – **fehér öntöttvas**

Stabilis

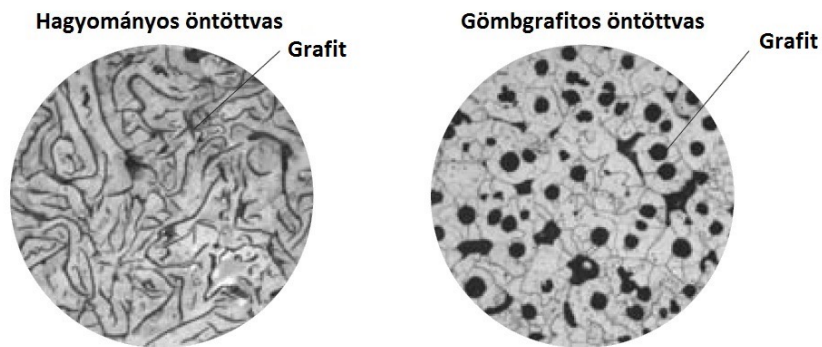
- Grafitos kristályosodás
- Perlit + grafit

Metastabilis

- Karbidos kristályosodás
- Perlit + ledeburit

10

Lemez- és gömbgrafitos öntöttvas



Ferrit, grafit, perlit és/vagy bénit

11

Lemezgrafitos öntöttvas tulajdonságai

- A lemezgrafitos öntöttvas szilárdsága kicsi és teljesen rideg
- Nagy nyomószilárdság
- Jó siklási tulajdonságok
- Jó forgácsolhatóság
- Nagyon jó rezgéscsillapítási képesség
- Gépalványok, gépházak, forgattyús házak

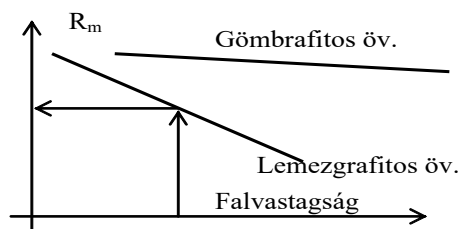
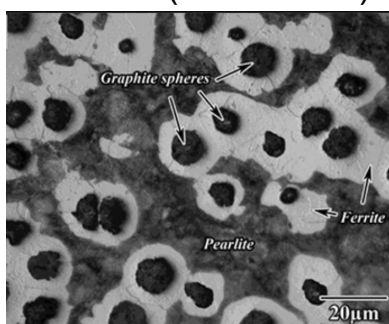
12



13

Gömbgrafitos öntöttvas

- A grafit alakját jelentősen módosítják
 - Gömbalak: kedvezőbb feszültségeloszlás
 - Szilárdság nő (akár 900 MPa), képlékenység nő ($A=2\ldots 17\%$)



14

Nem vas alapú gépészeti ötvözetek

Színes- és könnyűfémek

- **Könnyűfémek**

Magnézium

Alumínium

Titán

Berillium

Lítium

- **Színesfémek**

Réz

Horgany (Cink, Zn)

Ón

Ólom

Nikkel

Volfrám

15

	R_m (MPa)	E (GPa)	ρ (kg/m ³)	$R_m/\rho \cdot 10^{-4}$	$E/\rho \cdot 10^{-4}$	USD/t
Öntöttvas	200	110	7150	280	154	900
Acél (lágy)	450	210	7860	573	267	600
(kemény)	1500	210	7800	1923	269	800
(rozsdament.)	500	210	7930	631	265	2700
Alumínium (lágy)	70	70	2710	258	258	2000
(kemény)	450	70	2800	1601	250	2500
Réz (lágy)	140	120	8930	156	134	2000
(kemény)	400	120	8500	471	141	2000
Magnézium	250	42	1740	1436	241	6000
Titán (ötvözet)	1200	120	4580	2620	262	20000

Fajlagos szilárdság

Fajlagos merevség

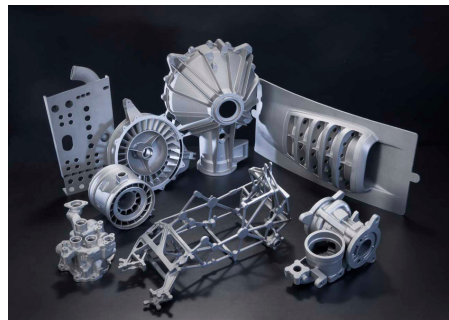
16

Magnézium

- Hexagonális rácsú
- Nehezen alakítható
- A „jövő anyaga” szgk. Gyártásban várható előretörése
- Jól forgácsolható (Al-hoz hasonlítva)
- Kis ciklusidővel önthető
- Jobb a nyomásos öntőszerszámok élettartama

17

Magnézium ötvözetek néhány tipikus alkalmazási példája



Igényes kamerák, laptopok stb.
fémváza, repülőgép-, rakéta
alkatrészek alapanyaga

18

Fontosabb Mg-ötvözetek és tulajdonságaik

Típus	Szakítószilárdság (MPa)	Folyáshatár (MPa)	Nyúlás (%)	Alkalmazás
AZ91HP (Mg-9Al-1Zn)	200-250	150-170	0,5-3,0	Nyomásos öntvények
AZ41HP Mg-4Al-1Mn	200-250	120-150	3,0-6,0	Kúszás- és hőálló öntvény
AM50HP Mg-5Al-Mn	180-220	110-140	5,0-9,0	Alakítható, szívós darabok

19

Alumínium

- Felületen középpontos köbös rácsú
- Kis sűrűségű
- Alacsony olvadáspontú
- Jó villamos vezetőképessége (2/3-a a Cu – nek)
- Jó a hővezető képessége
- Jól alakítható $Z=90\%$ (hidegen is és melegen is)
- Korrozíóálló (stabil a felületi oxidrétege, Al_2O_3)
- Kicsi a szilárdsága $R_m = 40 \dots 120 \text{ MPa}$

$$R_{p0,2} = 20 \dots 60 \text{ MPa}$$

Kicsi a merevsége (E, rugalmassági modulusz)

20

Al-ötvözetek szilárdságnövelése

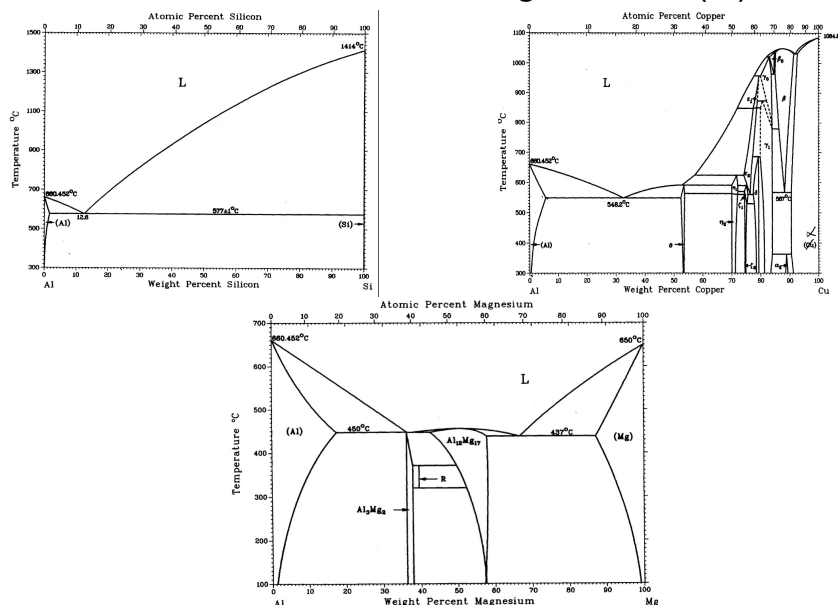
Al 99,99- Al 99,5 tisztaság (kismennyiségű szennyező erős hatást gyakorol a tulajdonságokra)

- képlékeny hidegalakítás
- ötvözés
- hőkezelés (kiválósos keményítés)
- diszperziós keményítés
- kompozitok (MMC)

21

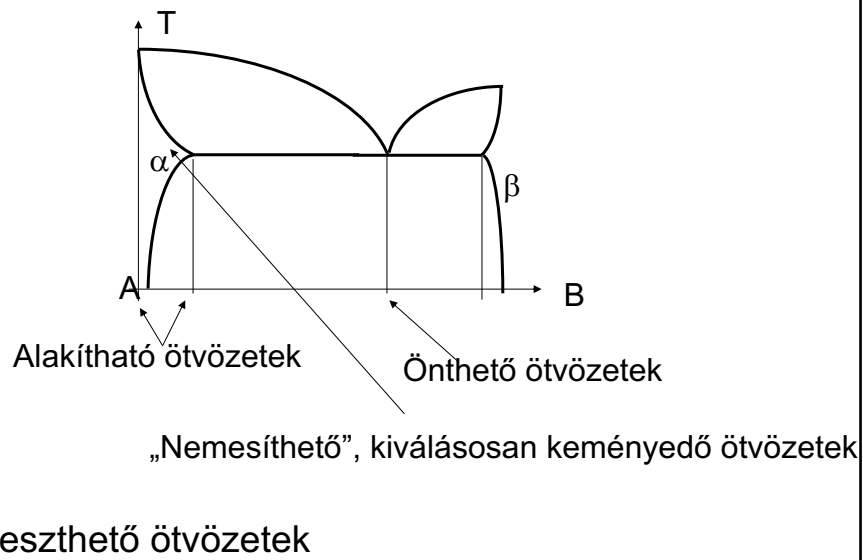
Az alumínium ötvözése

- Fontosabb ötvözők: Si, Cu, Mg, Mn, Zn, (Li)



22

Általános Al-ötvözetjellemzők



23

Alakítható alumíniumötvözetek számjelei (Nxxx)

- | | |
|-----------------------------|-----------------------------|
| • Tiszta alumínium: | 1 x x x (1000 jelű sorozat) |
| • Cu-ötvözésű: | 2 x x x (2000 jelű sorozat) |
| • Mn-ötvözésű: | 3 x x x (3000 jelű sorozat) |
| • Si-ötvözésű: | 4 x x x (4000 jelű sorozat) |
| • Mg-ötvözésű: | 5 x x x (5000 jelű sorozat) |
| • Mg és Si ötvözésű: | 6 x x x (6000 jelű sorozat) |
| • Zn-ötvözésű: | 7 x x x (7000 jelű sorozat) |
| • Li-ötvözésű: | 8 x x x (8000 jelű sorozat) |
| • Egyéb elemekkel ötvözött: | 9 x x x (9000 jelű sorozat) |

24

Öntészeti Al-ötvözetek számjelei (Nxx.x)

Al (min. 99,0 % tisztaságú)	1xx.x
Al-Cu	2xx.x
Al-Si-(Cu vagy Mg)	3xx.x
Al-Si	4xx.x
Al-Mg	5xx.x
Al-Zn	7xx.x
Al-Sn	8xx.x
Al-egyéb ötvözők	9xx.x
Al-nem használt szériák	6xx.x

A ponttal elválasztott jelzés a termék formájára utal
(ez lehet pl.tuskó, vagy formaöntvény)

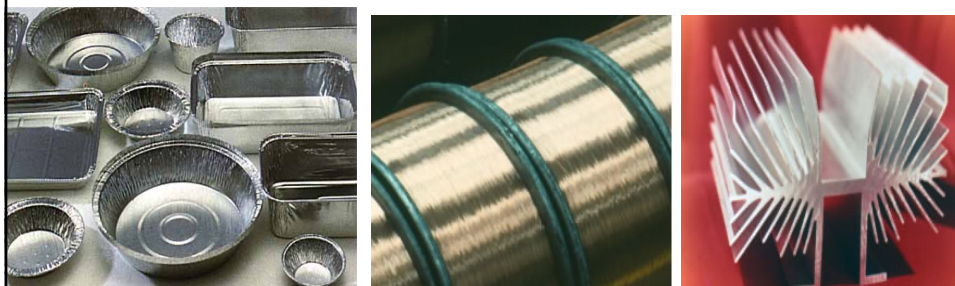
25

1xxx-es alumínium (Al99,0-Al99,9) tulajdonságai és néhány jellegzetes termék

98,0-99,9 % Al tartalom

Jó alakíthatóság, korrózióállóság, **vezetőképesség**

Mélyhúzható lemezként, fóliaként, villamos vezeték,
hűtőborda



26

A 2xxx-es ötvözetcsalád jellemzői

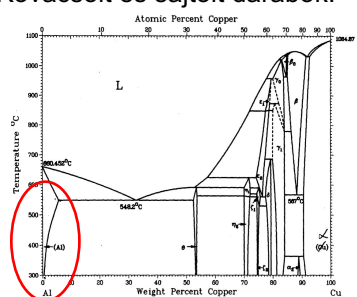
Fő ötvöző a **Cu** (ez általában a 3 – 6 %), tartalmazhatnak még magnéziumot (0,4 – 2,5 %), mangánt (0,3 – 1,0 %), vasat (0,2 – 1,3 %), szilíciumot (0,2 – 1,2 %) és nikkelt (1,0 – 2,0 %).

Nemesíthető ötvözetek. Szilárdság: széles tartományban változtatható.

Al-4%Cu-2%Mg ötvözet nemesített állapotban 440 MPa szakítószilárdság és 320 MPa folyáshatár.

Haditechnika, járműgyártás, repülőgépgyártás.

Kovácsolt és sajtolt darabok.



27

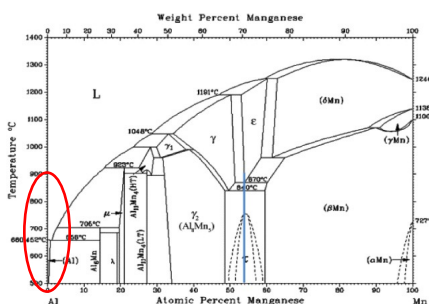
A 3xxx-es ötvözetek jellemzői

Fő ötvözője a **Mn**, amiből közel **2 %-ot képes oldani** az alumínium mátrix. Ez az ötvözés felső korlátját is adja, mivel ennél nagyobb Mn tartalmaknál olyan vegyület fázisok képződnek, amelyek tulajdonságrontó hatásúak.

Nemesítéssel nem keményíthető, alakítással keményíthető.

Közepes szilárdság, **jól alakítható, hegeszthető és eloxálható.**

Csomagolástechnika, **edénygyártás, tömegcikkipar, építészet**



28

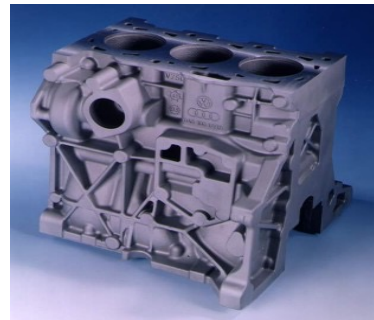
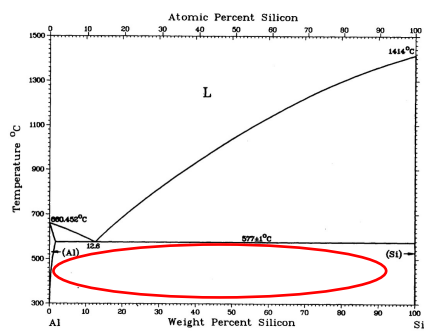
A 4xxx-es ötvözetek ismérvei

A csoport ötvözei **szilíciumban gazdag anyagok**, a Si tartalom elérheti akár a **17 %-ot** is. A szilícium intermetallikus kiválások és elemi Si részecskék

formájában van jelen, az ötvözetek ezért ridegekés **gyengén, vagy egyáltalán nem alakíthatók**.

A nagy Si tartalmú ötvözetek **öntészeti anyagok** családjába tartoznak, lévén az eutektikus összetétel (11,8 % Si) közelében az alacsony olvadási ponthoz jó folyékonyság és csekély zsugorodási hajlam tartozik.

Motorblokk öntvények.



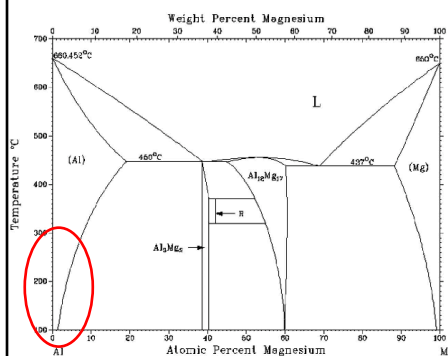
29

5xxx-es ötvözetek jellemzői

Fő ötvözőjük a **Mg**, amelyből **0,5 – 7,0 %-ot** tartalmazhatnak. Az ötvözetek **szilárdságát a szilárd oldatban lévő Mg biztosítja**, amely tovább növelhető az alakítási keménnyel.

Jól alakítható, hegeszthető, eloxálható és korrózióálló.

Építészet, autóipar, hajógyártás, vegyipar.



30

6xxx-es ötvözetek ismérvei és alkalmazása (Almagsi)

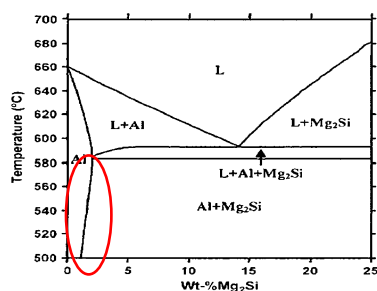
0,3-1,5 % Si és Mg.

Nemesítéssel keményíthetők.

Mg₂Si vegyületfázis, amire nézve az alumínium mátrix nagy korlátolt oldékonysággal rendelkezik.

Nagy szilárdság, jó alakíthatóság, hegeszthetőség, eloxálhatóság, korrózióállóság.

Járműipar, építészet, gépipar, villamosipar, tömegcikk gyártás.



31

7xxx-es ötvözetek jellemzői és alkalmazása

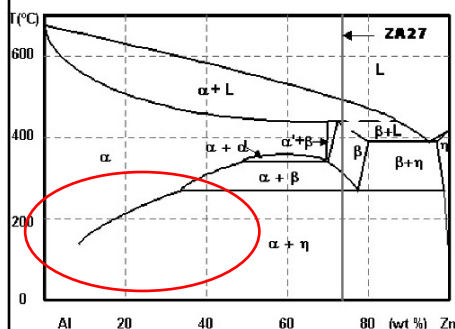
Ún. „kemény” ötvözetek, amelyek nagy szilárdságát a nemesítő hőkezelés biztosítja.

Fő ötvözőik: Zn (4-6 %), Mg (1-3 %), Al.

443 °C-on 70 % Zn-t képes oldatban tartani, szobahőmérsékleten viszont csak 0,1 %-ot.

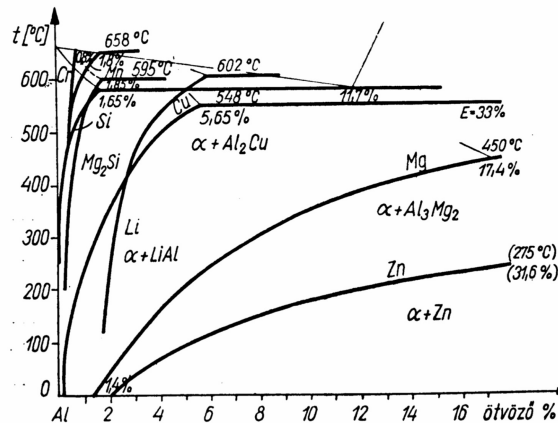
Ez teszi lehetővé azt, hogy akár 600 MPa folyáshatárú ötvözetet is elő lehet állítani, aminek megfelelő alakíthatósága is.

Járműgyártás, építészet, használati tárgyak (síbot, teniszütő).



32

Szilárdoldatos Al ötvözetek



33

Titán

- Közepes sűrűségű ($4,5 \text{ g/cm}^3$)
- Allotróp átalakulás: α (hcp) $\rightarrow$ β (tkk), 882 $^{\circ}\text{C}$
- Rossz hő- és elektromos vezető
- Jó szilárdság/tömeg arány
- Jó korrózióállóság
- Biokompatibilis (orvostechnikai alkalmazások)
- Nem „hőmérsékletérzékeny”
- Alakíthatósága, forgácsolhatósága rossz
- Erősen oxidálódó ill. dezoxidáló
- Ti-getter (titánszublimációs szivattyú, TSP)
- Karbidképző (stabilizált rozsdamentes acélokban)

34

Titán anyagok jellemzői

Titán (99,9 %-os tisztaság) - $R_m = 550 \text{ MPa}$, $A_5 = 25 \%$

Alfa-fázisú ötvözetek – fő ötvöző az Al

max. **600 °C**-ig alkalmazható

Ti-5%Al-2,5%Sn – $R_m = 1100 \text{ MPa}$, $A_5 = 10 \%$

Alfa-béta fázisú ötvözetek - fő ötvözők az Al és a V

max. **300 °C**-ig alkalmazható

Ti-6%Al-4%V - $R_m = 1030 \text{ MPa}$, $A_5 = 8 \%$

Béta-fázisú ötvözetek - fő ötvözők a V, Ta, Mo, Nb

max. **300 °C**-ig alkalmazható

Ti-13%V-11%Cr - $R_m = 1390 \text{ MPa}$, $A_5 = 5 \%$

35

Titánanyagok alkalmazásának néhány példája



36

Materials	Young's modulus (GPa)	Ultimate tensile strength (MPa)
CoCrMo alloys	240	900–1540
316L stainless steel	200	540–1000
Ti alloys	105–125	900
Mg alloys	40–45	100–250
NiTi alloy	30–50	1355
Cortical bone	10–30	130–150

Rugalmassági modulus értékek

Alfa-Ti 102-105 GPa

Alfa-beta Ti 105-110 GPa, Ti-6Al-4V

Beta-Ti 74-85 GPa, Ti-12Mo-6Zr-2Fe
80 GPa, Ti-29Nb-13Ta-4.6Zr
36 GPa, metastabilis Ti-33Nb-4Sn

37

Réz és ötvözetei

A réz tulajdonságai:

fkk rácsú

lágú, jól alakítható (hidegen is)

jó hő- és elektromos vezető

Korrózióálló

Nagy a gázoldó képessége (rosszul önthető)

Fő ötvözői:

- Zn (sárgarézt),
- Sn (ónbronz),
- Pb (ólombronz),
- Al (alumíniumbronz),
- Be (berilliumbronz),
- Cd (kadmiumbronz) ...

38

Réz alapú ötvözetek alkalmazásai

