



Anyagtudomány és Technológia Tanszék



Anyagismeret

MéRNÖKI ÖTVÖZETEK

Acélok, öntöttvasak

Színesfémek

Könnyűfémek

Dr. Mészáros István Attila

1

Acél termékek csoportosítása

1. Összetétel szerint

- Ötvözetlen 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

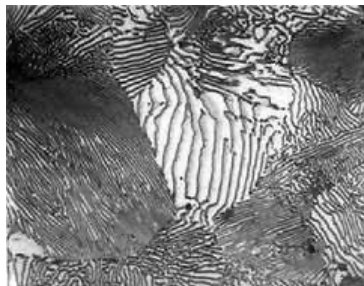
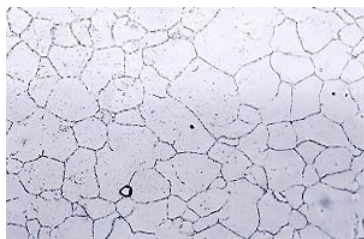
2

1. Összetétel szerint

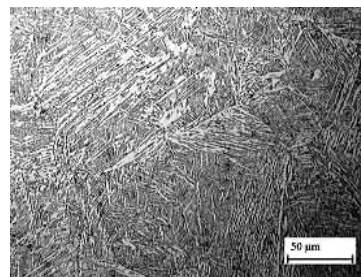
- Ötvözetlen acél
 - Karbonon kívül más, szándékosan bevitt ötvözőt nem tartalmaz
- Ötvözött acél
 - A gyártástechnológiában előírt, mindig megtalálható ötvözőkből többet, vagy szándékosan bevitt ötvözőket tartalmaz
 - Gyakori ötvözők: Mn, Si, Cr, Ni, Mo, V, W, Co
 - Gyengén ötvözött (Σ ötvöző < 5%)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

3

5. Szövetszerkezet alapján (nem egyensúlyi)



- Ferrites
- Martenzites
- Perlites
- Bénites
- Ausztenites



4

Ötvöző oldhatósága, hatása a rácstípusra

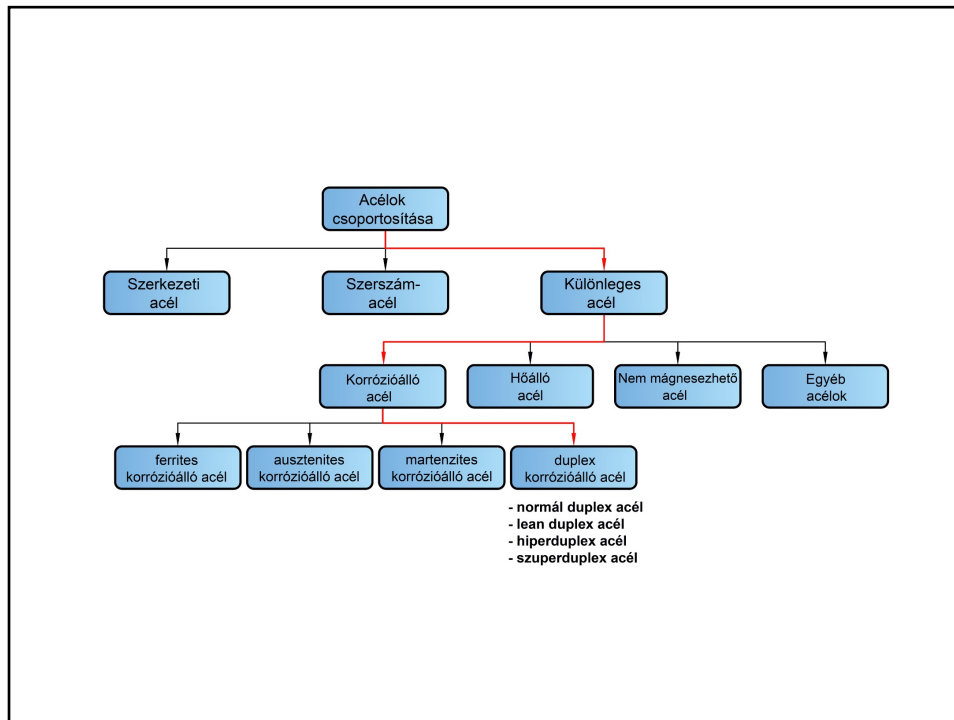
- Nem oldódik
 - Zárvány képződik belőle, kedvezőtlen
 - S, As, Pb...
- Oldódik
 - Ferritben oldódik jobban – **ferritképző**
 - Cr, Al, Si, W, Mo, V, Ti
 - Ausztenitben oldódik jobban – **ausztenitképző**
 - Ni, Mn, C, N, Cu

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
 - Korrózióálló acélok
 - Elektrotechnikai acélok
 - ...

6



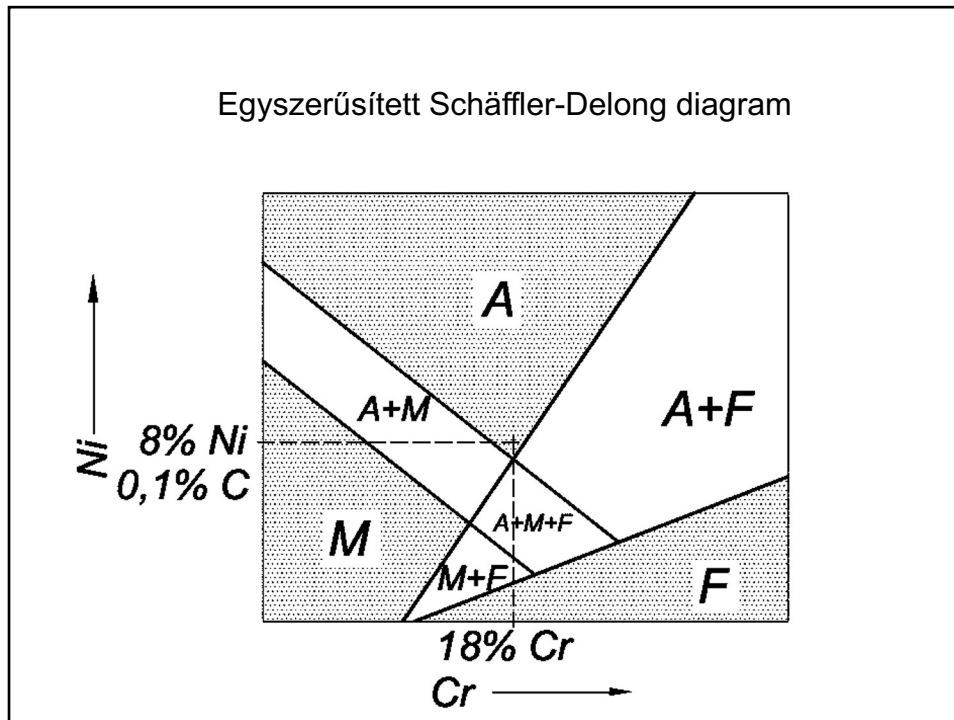
7

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**

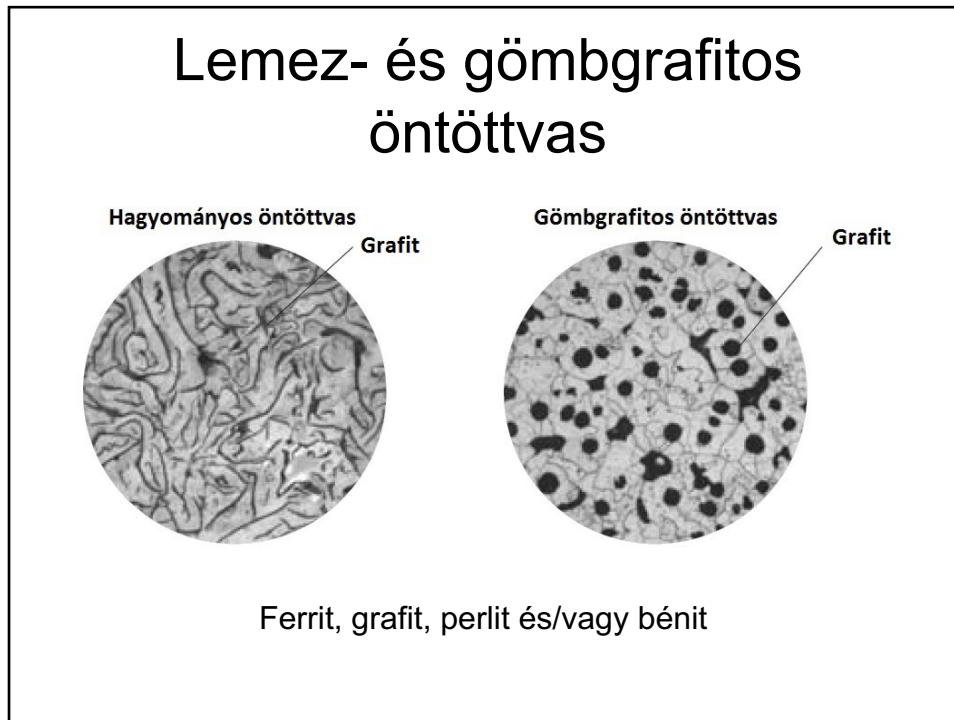
Stabilis

- Grafitos kristályosodás
- Perlit + grafit

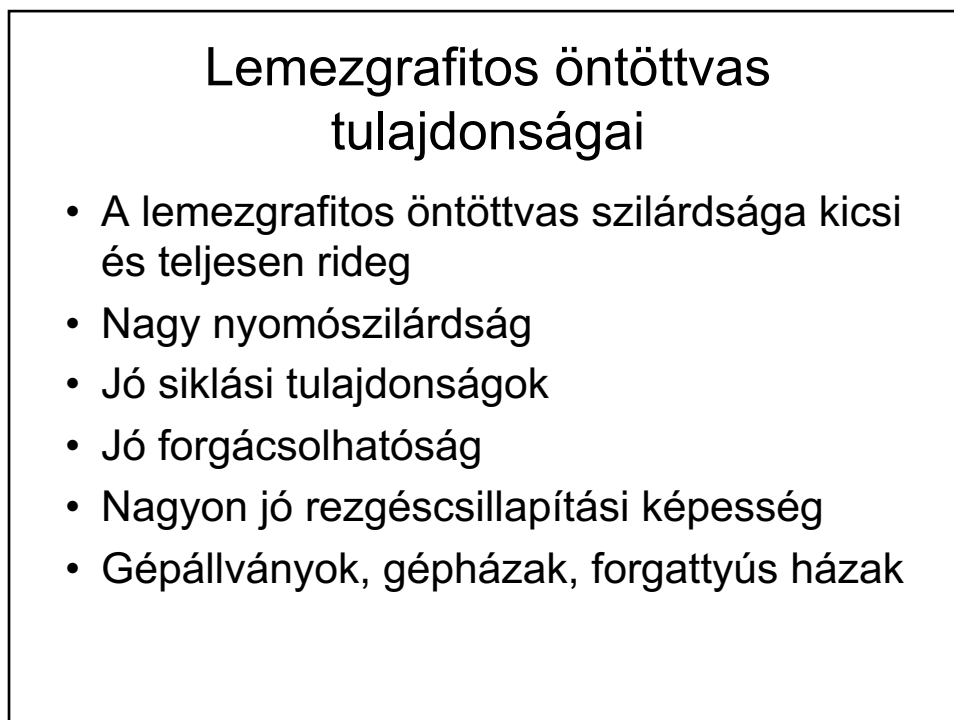
Metastabilis

- Karbidos kristályosodás
- Perlit + ledeburit

10



11



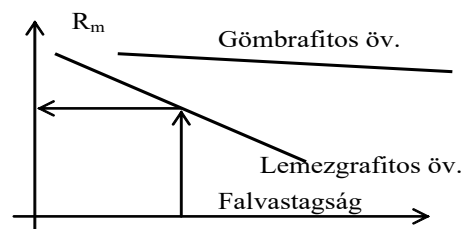
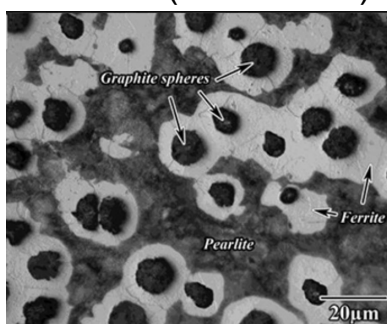
12



13

Gömbgrafitos öntöttvas

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



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 |
|------------------|----------------|------------|--------------------------------|--------------------------|------------------------|-------|
| Ötöttvas | 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

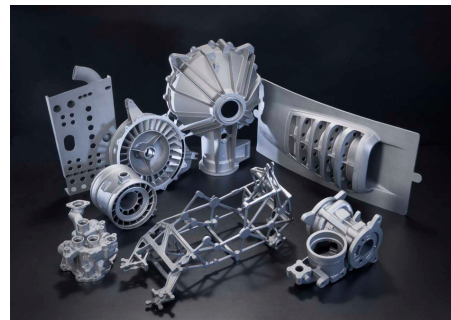
16

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)
- Korrózióálló (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

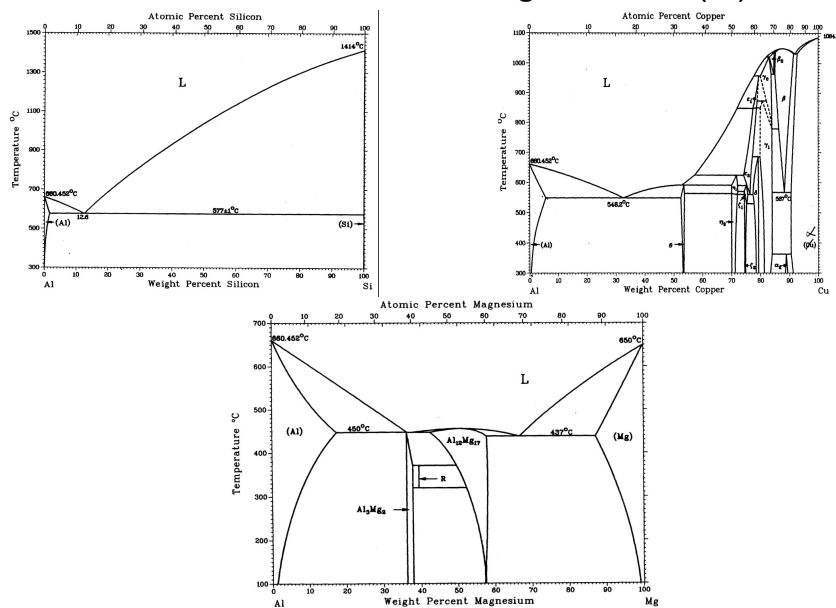
Al 99,99- Al 99,5 tisztaság (kismennyiségű szennyező erős hatást gyakorol a tulajdonságokra)

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

21

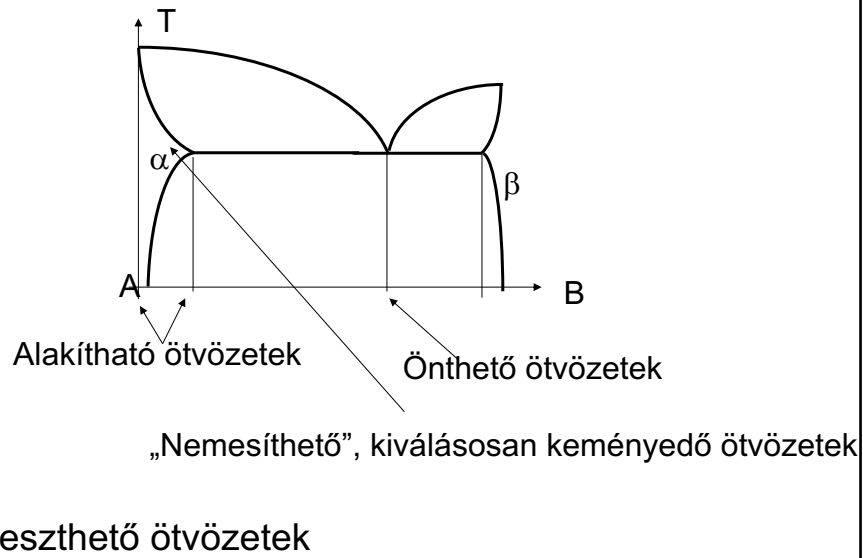
Az alumínium ötvözése

• 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)

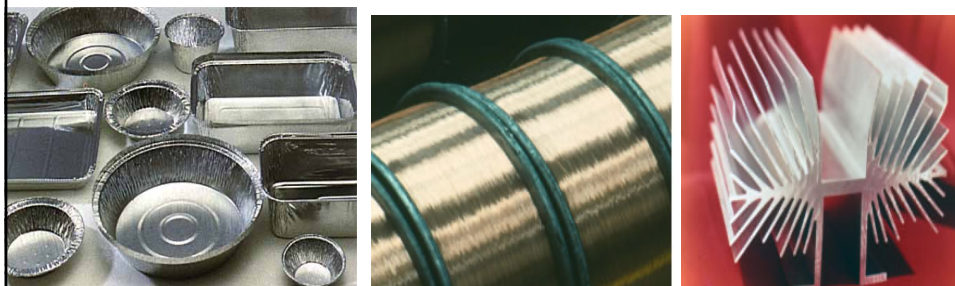
25

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

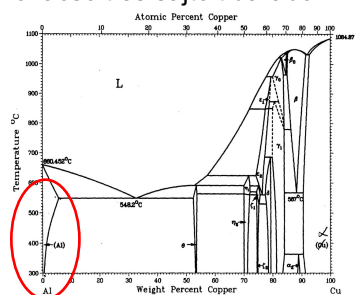
Fő ötvöző a **Cu** (ez általában a 3 – 6 %), tartalmazhatnak még magnéziumot (0,4 – 2,5 %), mangánt (0,3 – 1,0 %), vasat (0,2 – 1,3 %), szilíciumot (0,2 – 1,2 %) és nikkelt (1,0 – 2,0 %).

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

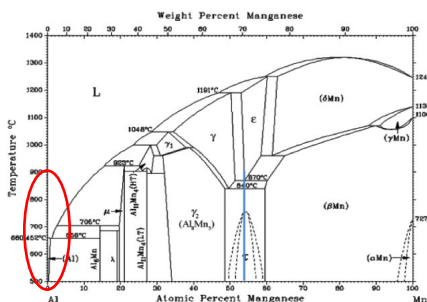
A 3xxx-es ötvözetek jellemzői

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

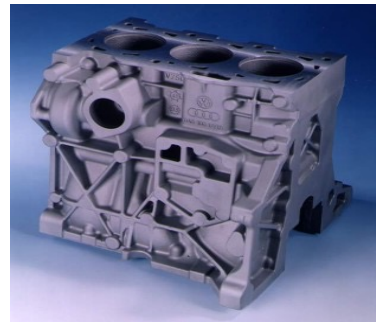
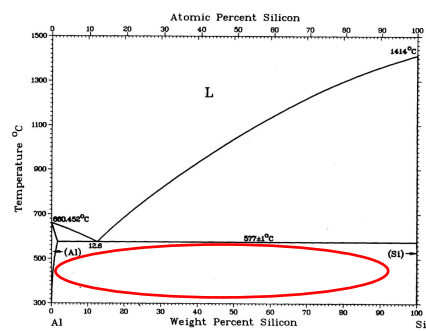
A 4xxx-es ötvözetek ismérvei

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 alakíthatóak**.

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

Motorblokk ötvények.



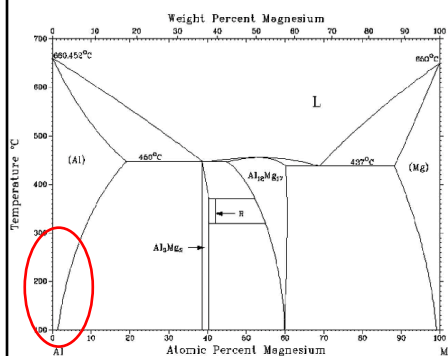
29

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)

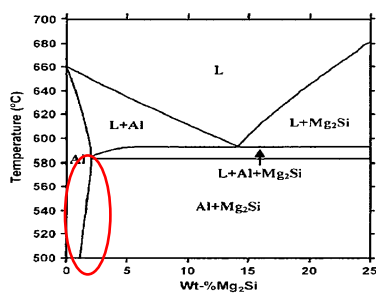
0,3-1,5 % Si és Mg.

Nemesítéssel keményíthetőek.

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

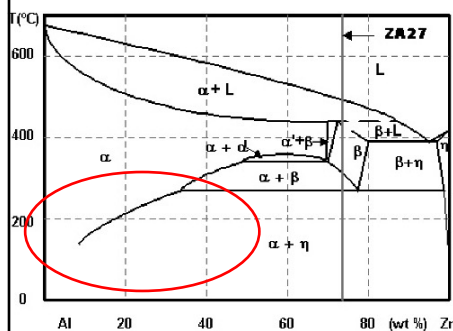
Ún. „kemény” ötvözetek, amelyek nagy szilárdságát a nemesítő hőkezelés biztosítja.

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

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

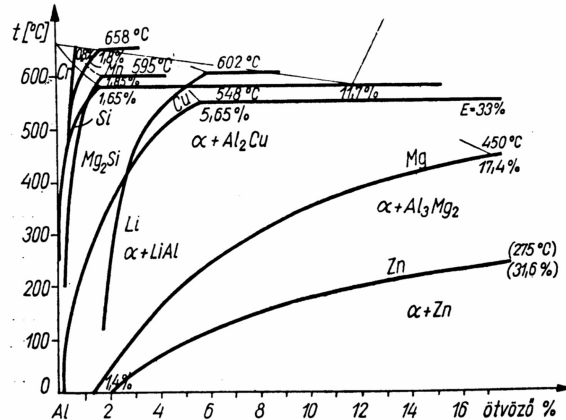
Ez teszi lehetővé azt, hogy akár 600 MPa folyáshatárú ötvözetet is elő lehet állítani, aminek megfelelő alakíthatósága is.

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 °C
- Rossz hő- és elektromos vezető
- Jó szilárdság/tömeg arány
- Jó korrózióállóság
- Biokompatibilis (orvostechikai alkalmazások)
- Nem „hőmérsékletérékeny”
- Alakíthatósága, forgácsolhatósága rossz
- Erősen oxidálódó ill. dezoxidáló
- Ti-getter (titánszublímációs 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:

fcc rácsú

lágú, jól alakítható (hidegen is)

jó hő- és elektromos vezető

Korrózióálló

Nagy a gázoldó képessége (rosszul önthető)

Fő ötvözői:

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

38

Réz alapú ötvözetek alkalmazásai

