



**Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem**

# **Alumínium és ötvözeteinek hegesztése**

Dr. Palotás Béla

Mechanikai Technológia és Anyagszerkezet-tani Tanszék



# SZÍNES ÉS KÖNNYŰFÉMEK JELLEMZŐI

Jellemző	M. egység	Al 99,5	Cu 99,9	Ni 99,6	Ti 99,5	Acél (kis C % tart.)
Sűrűség	Kg/m <sup>3</sup> 10 <sup>-3</sup>	2,7	8,9	8,9	4,5	7,8
Olvadáspont	°C	660	1085	1454	1667	1536
Forráspont	°C	2520	2560	2915	3285	2860
Átlagos fajhő*	J/kg K	900	386	452	528	456
Rejtett hő	KJ/ kg	390	205	305	435	275
Hővez. tény.*	W/ m K	238	397	88,5	21,6	78
Lin. hőtág.e.ható*	mm/ mm °C .10 <sup>6</sup>	23,5	17	13,3	8,9	12
Vill. ellenállás	M/ Ω mm <sup>2</sup>	26,7	16,9	69	554	101
Rug. tényező	GPa	70	130	200	116	210

# AZ ALUMÍNIUM ÉS ÖTVÖZETEINEK TULAJDONSÁGAI

- Könnyűfém
- Alacsony olvadáspontú
- Villamos vezetőképessége  $2/3$ -a a Cu – nek
- Nagy a hővezető képessége
- Nagy a fajhő-, rejtett hő tartalma
- Nagy a hőtágulása

# TOVÁBBI JELLEMZŐK

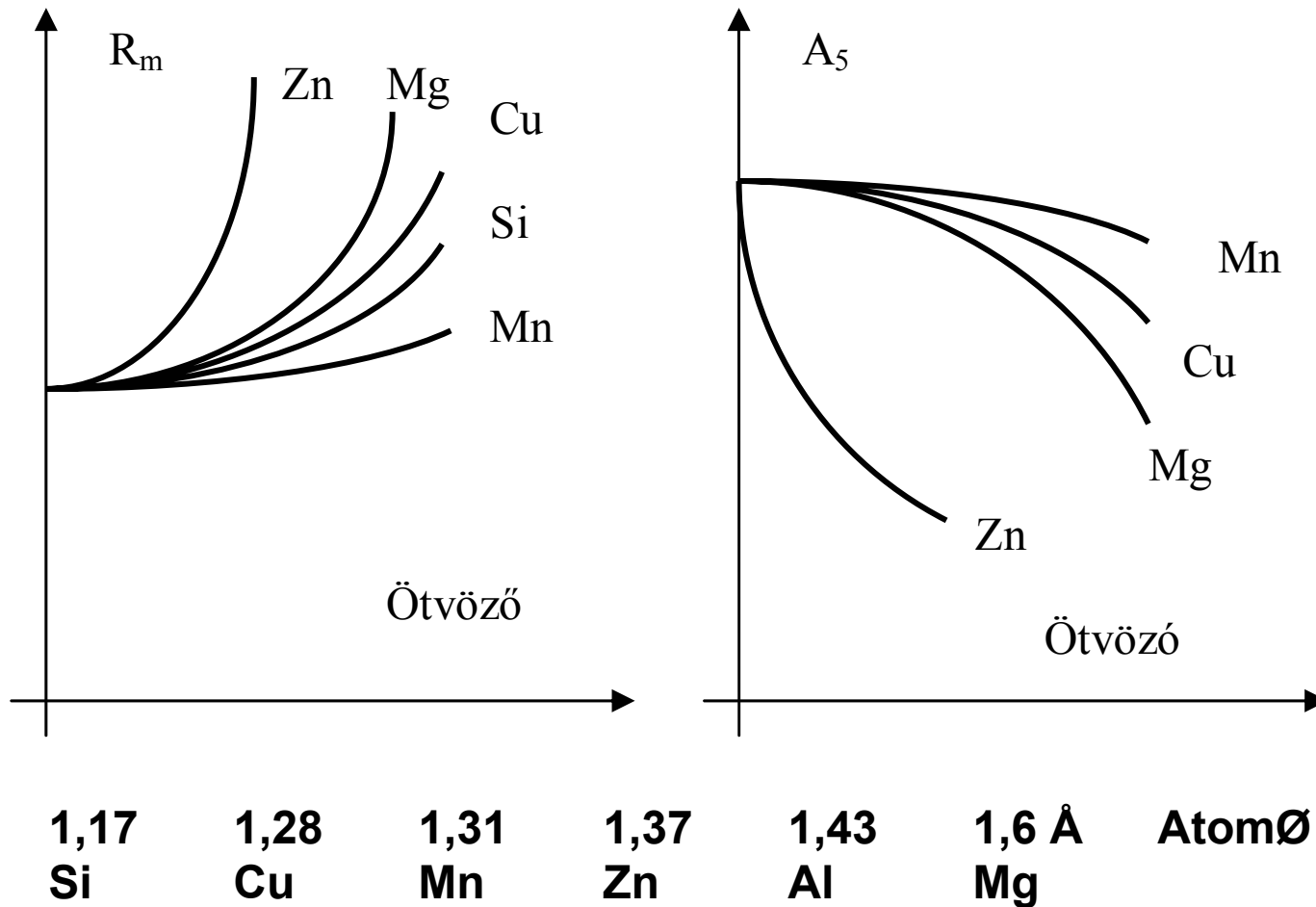
- Felületen középpontos köbös térrácsú
  - Jól alakítható  $Z = 90 \%$  (hidegen is és melegen is)
- Jó korrózióálló ( igen stabil a felületi oxidréteg  $\text{Al}_2\text{O}_3$  )
- Kicsi a szilárdsága  $R_m = 40 \dots 120 \text{ MPa}$   
 $R_{p0,2} = 20 \dots 60 \text{ MPa}$

**SZILÁRDSÁGOT NÖVELNI KELL**

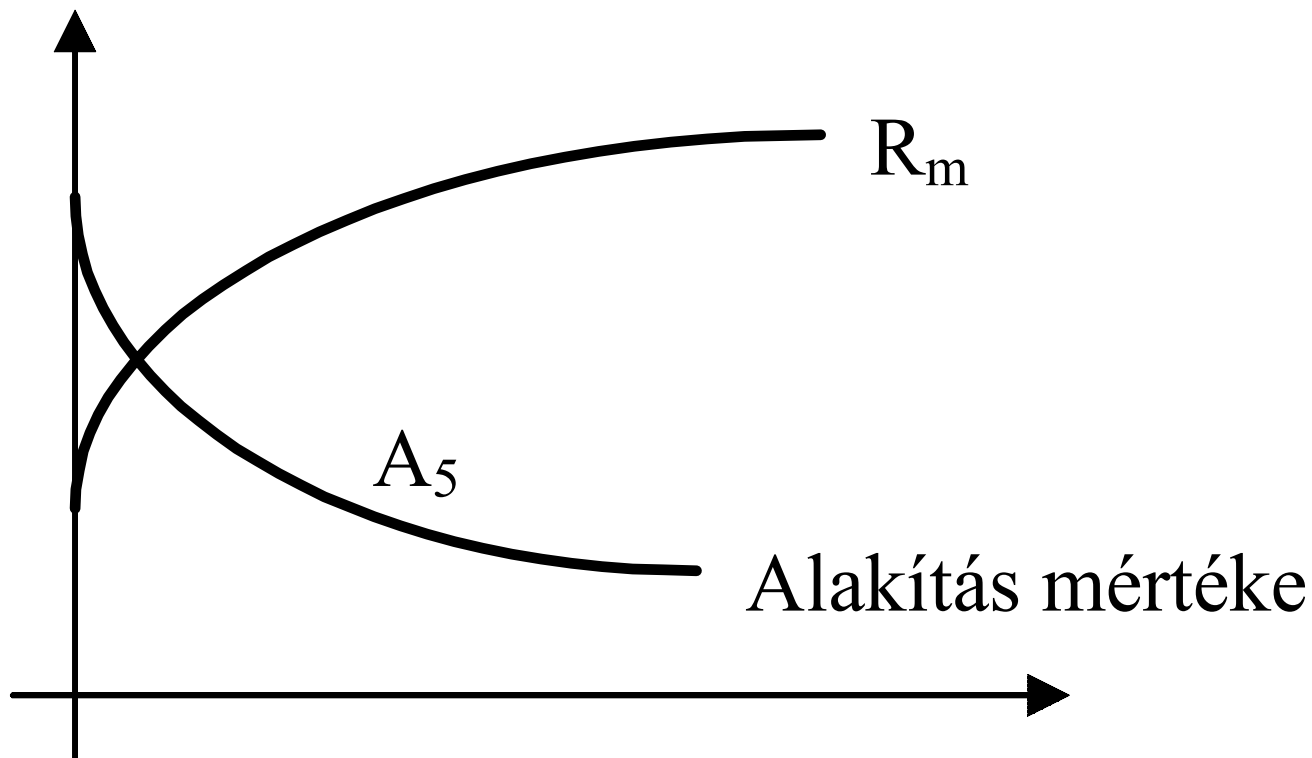
# SZILÁRDSÁGNÖVEDELÉSI LEHETŐSÉGEK

- ÖTVÖZÉS
- KÉPLÉKENY HIDEGALAKÍTÁS
- HŐKEZELÉS
- PORKOHÁSZATI ÚTON
- RÉSZECSCKE ÉS SZÁLERŐSÍTÉS
- MÓDSZEREK KOMBINÁCIÓJA

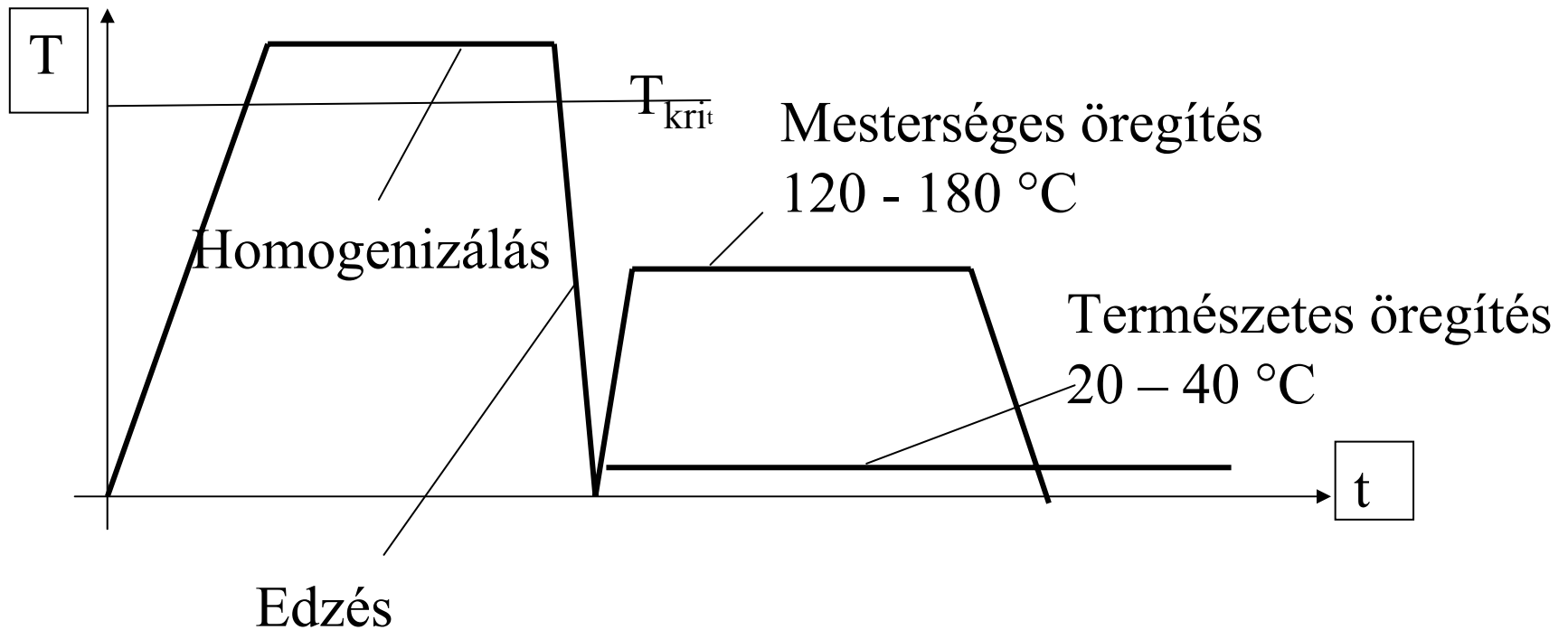
# ÖTVÖZÉS



# KÉPLÉKENY HIDEGALAKÍTÁS

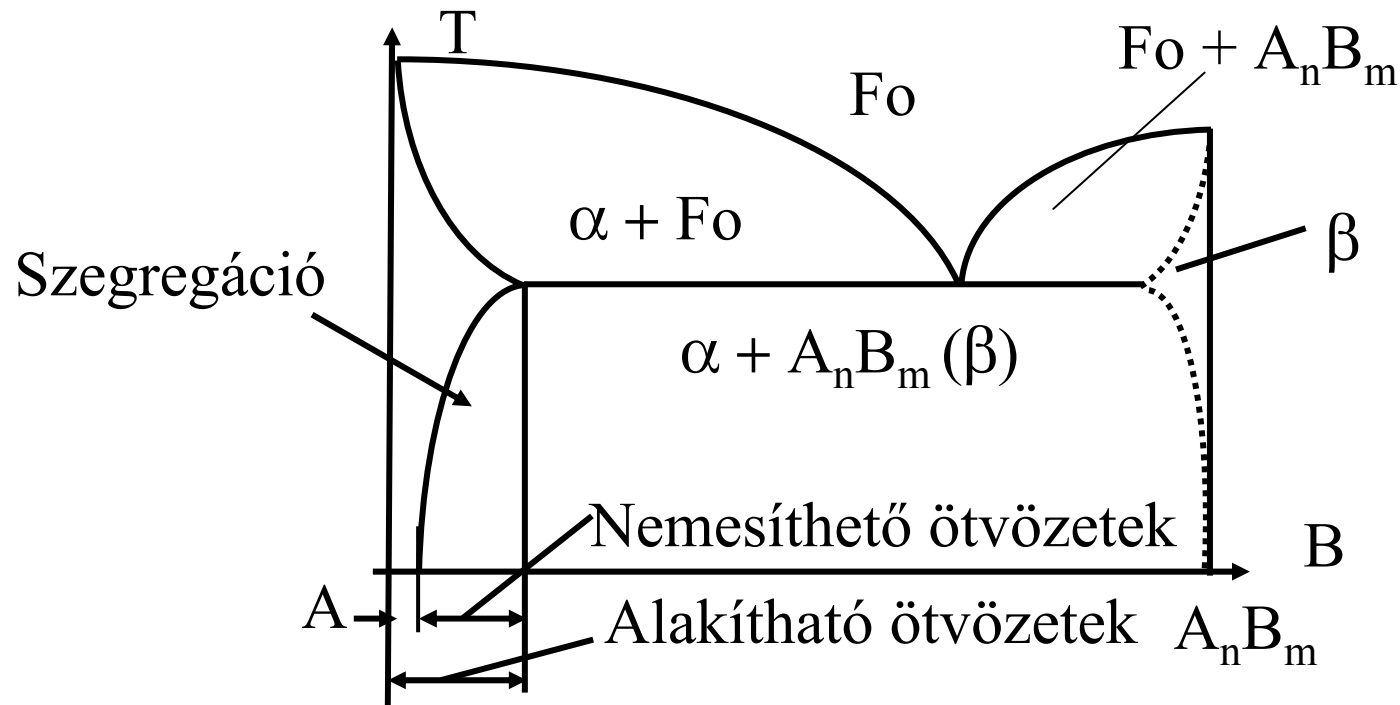


# HŐKEZELÉS

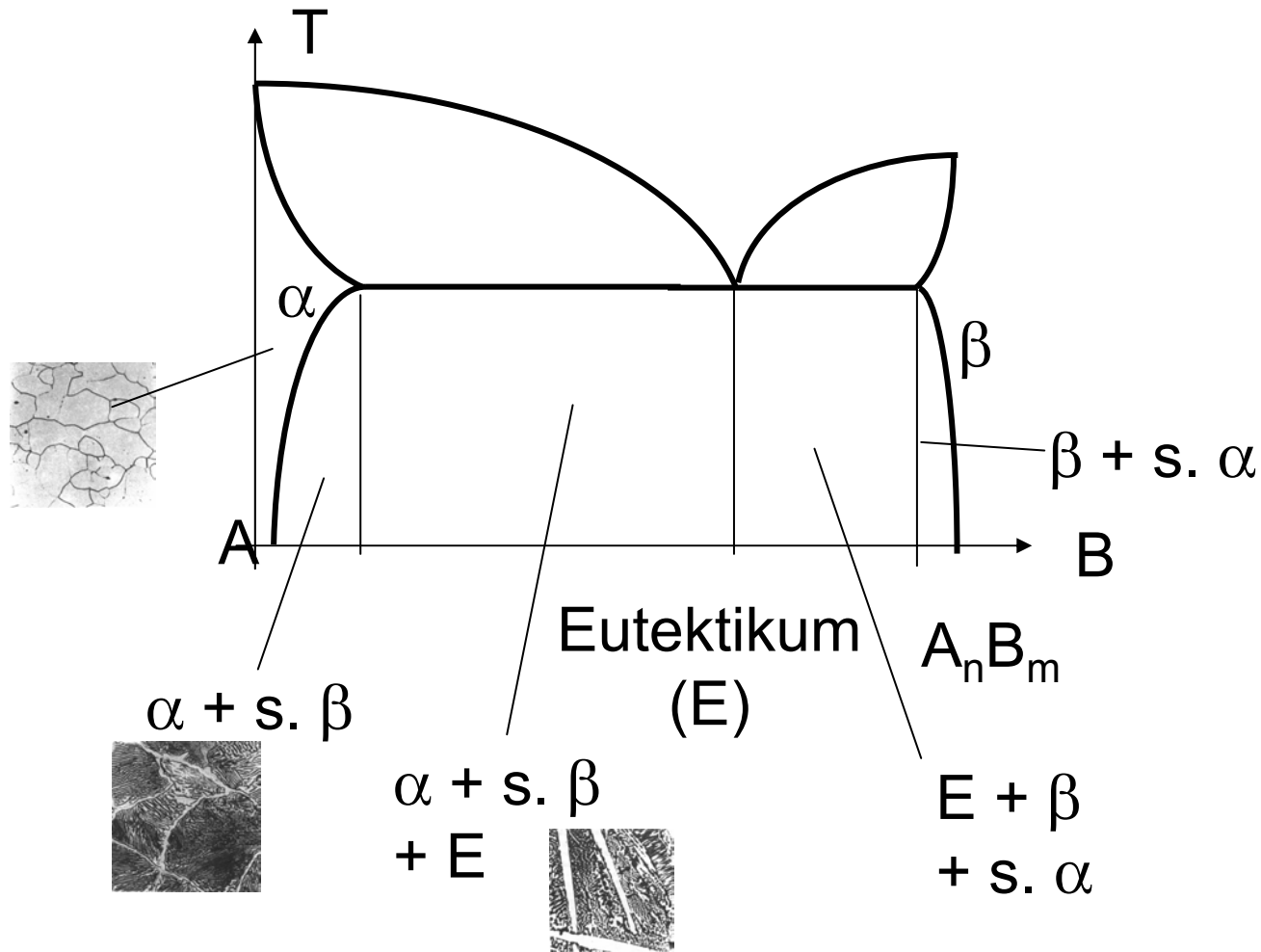




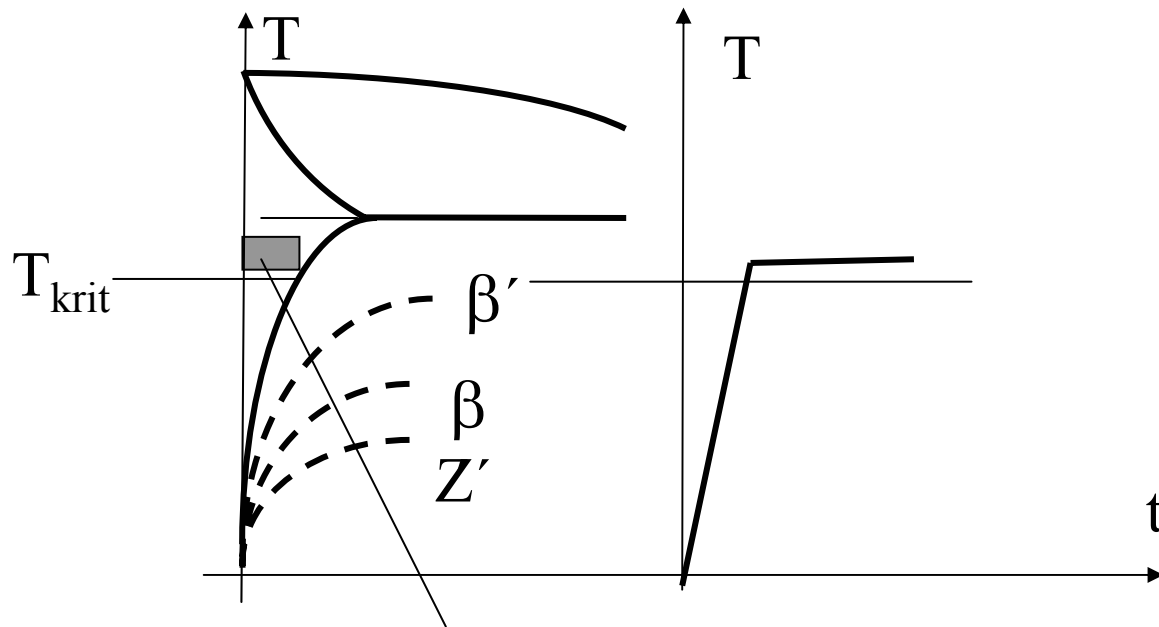
# A KIVÁLÁSOS KEMÉNYEDÉS FELTÉTELEI



# Egyensúlyi szerkezetek

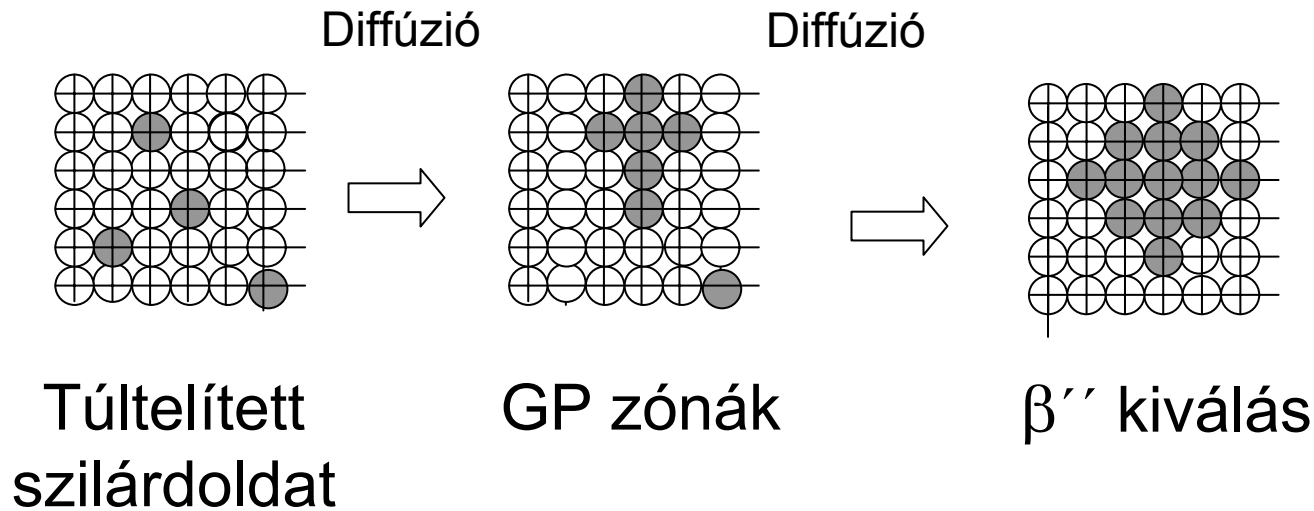


# HOMOGENIZÁLÁS

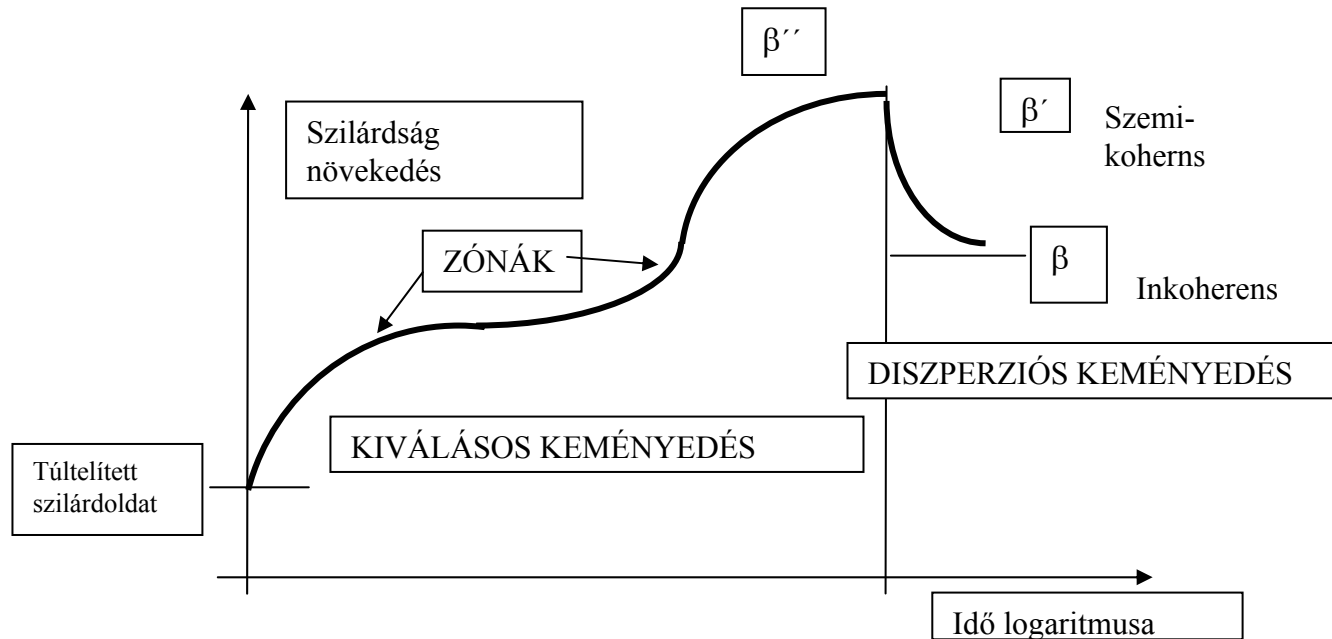


Homogenizálás hőmérsékleti tartománya

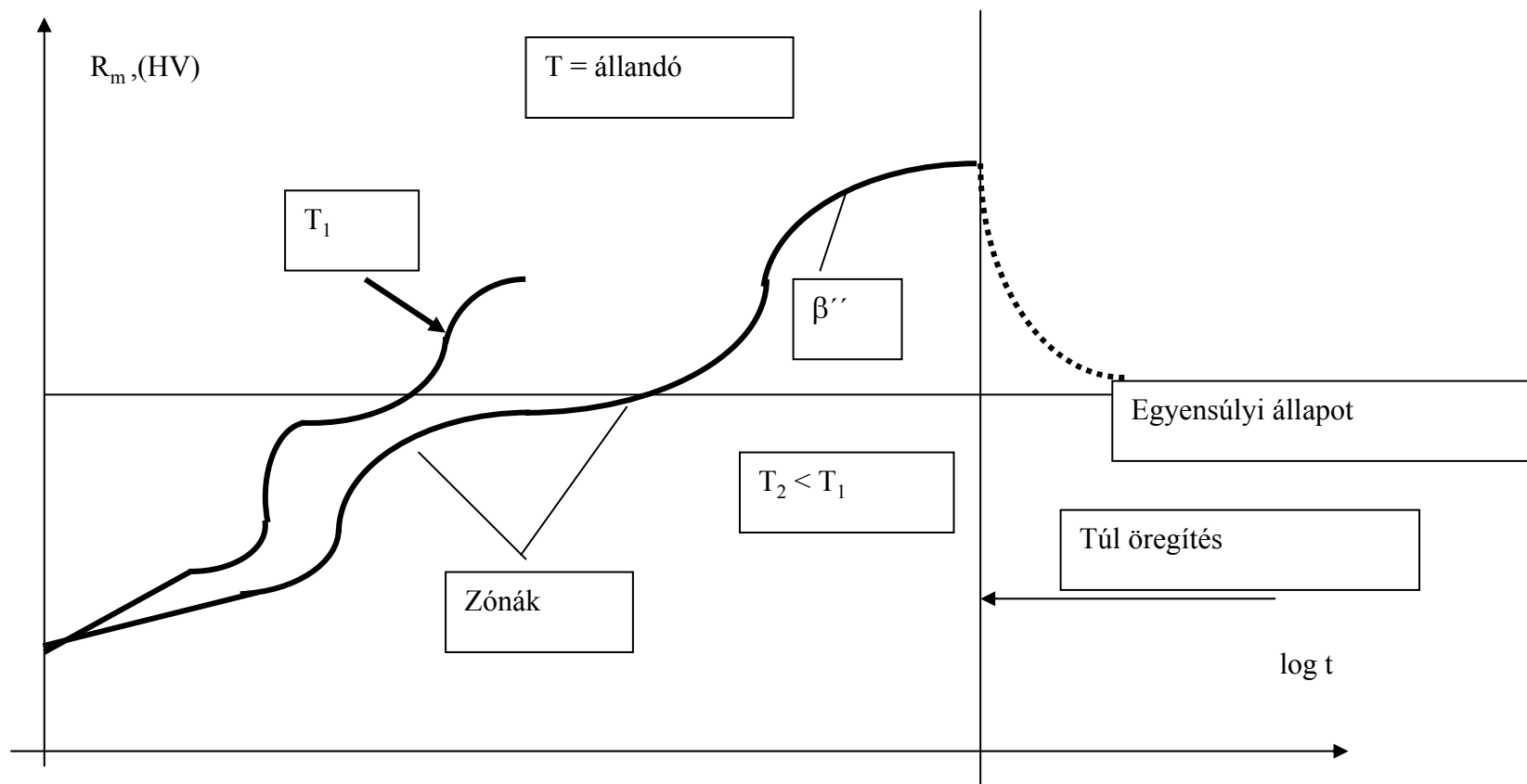
# A lejátszódó diffúziós folyamatok



# KEMÉNYYEDÉS

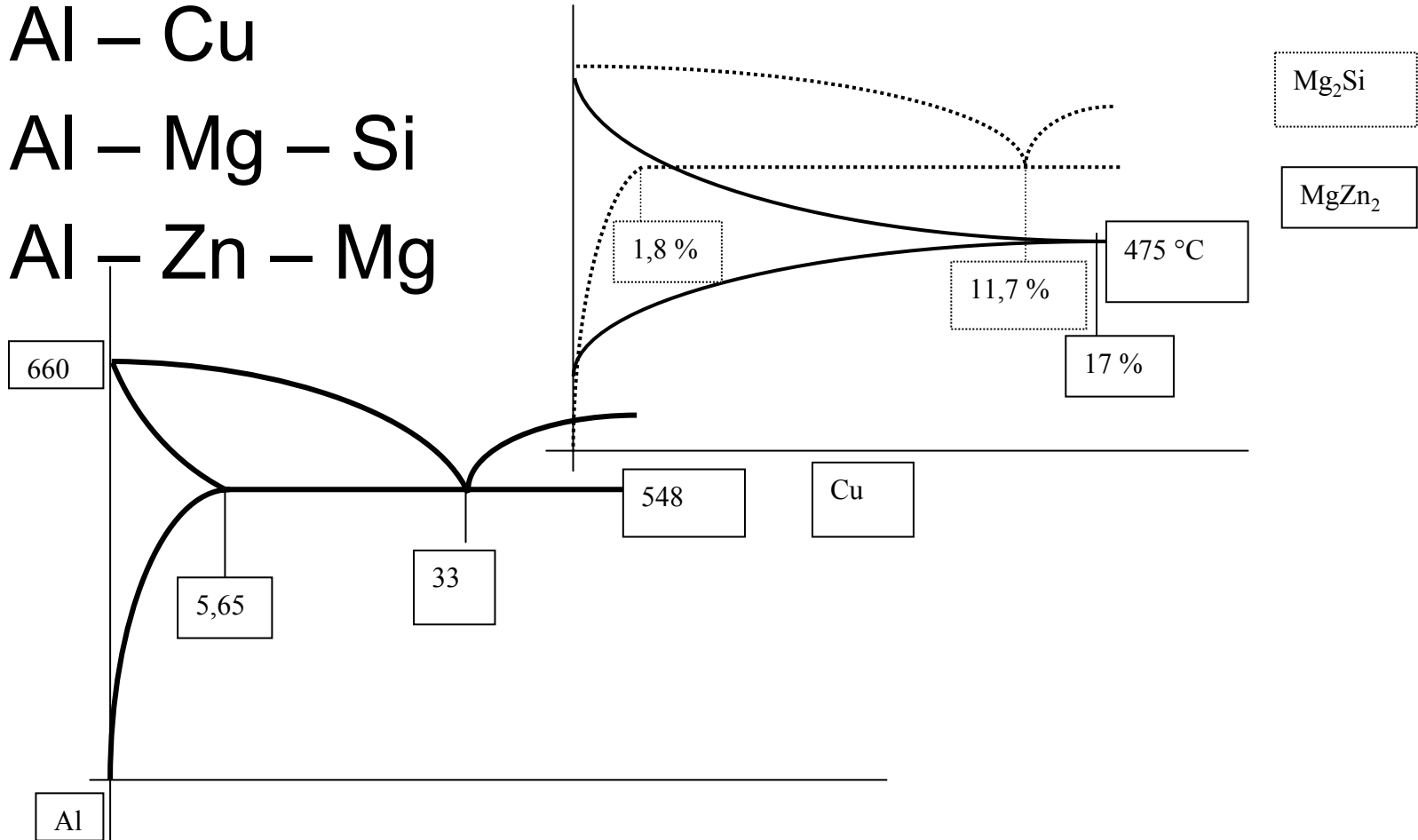


# Különböző hőmérsékleten végrehajtott öregítés hatása



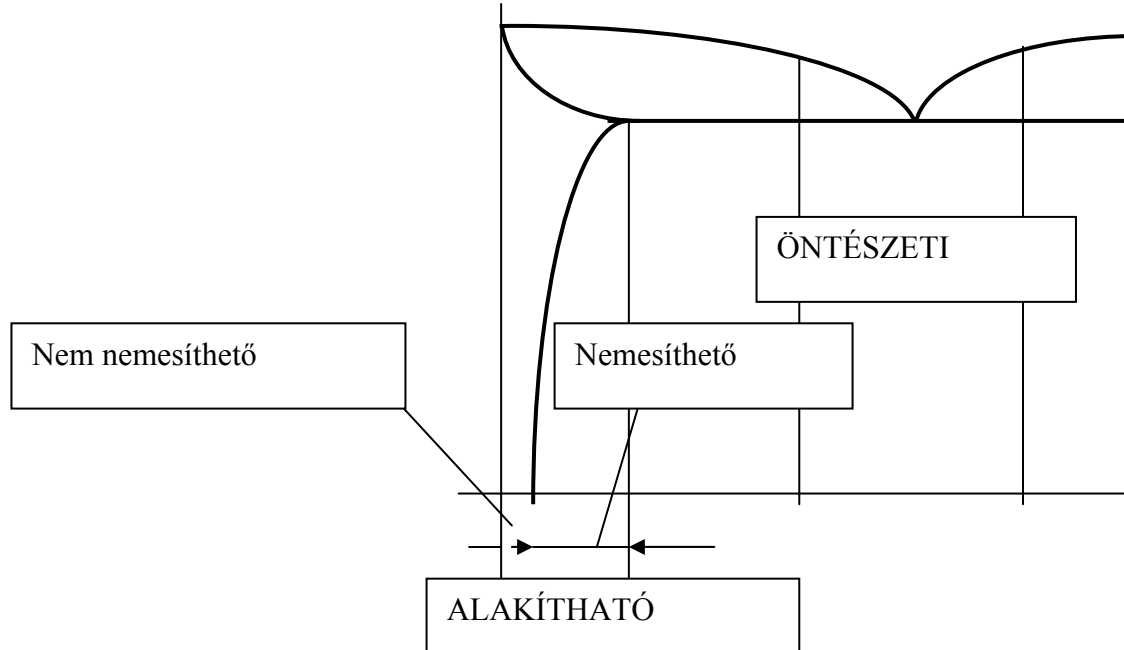
# NEMESÍTHETŐ ALUMÍNIUM ÖTVÖZETEK

- Al – Cu
- Al – Mg – Si
- Al – Zn – Mg



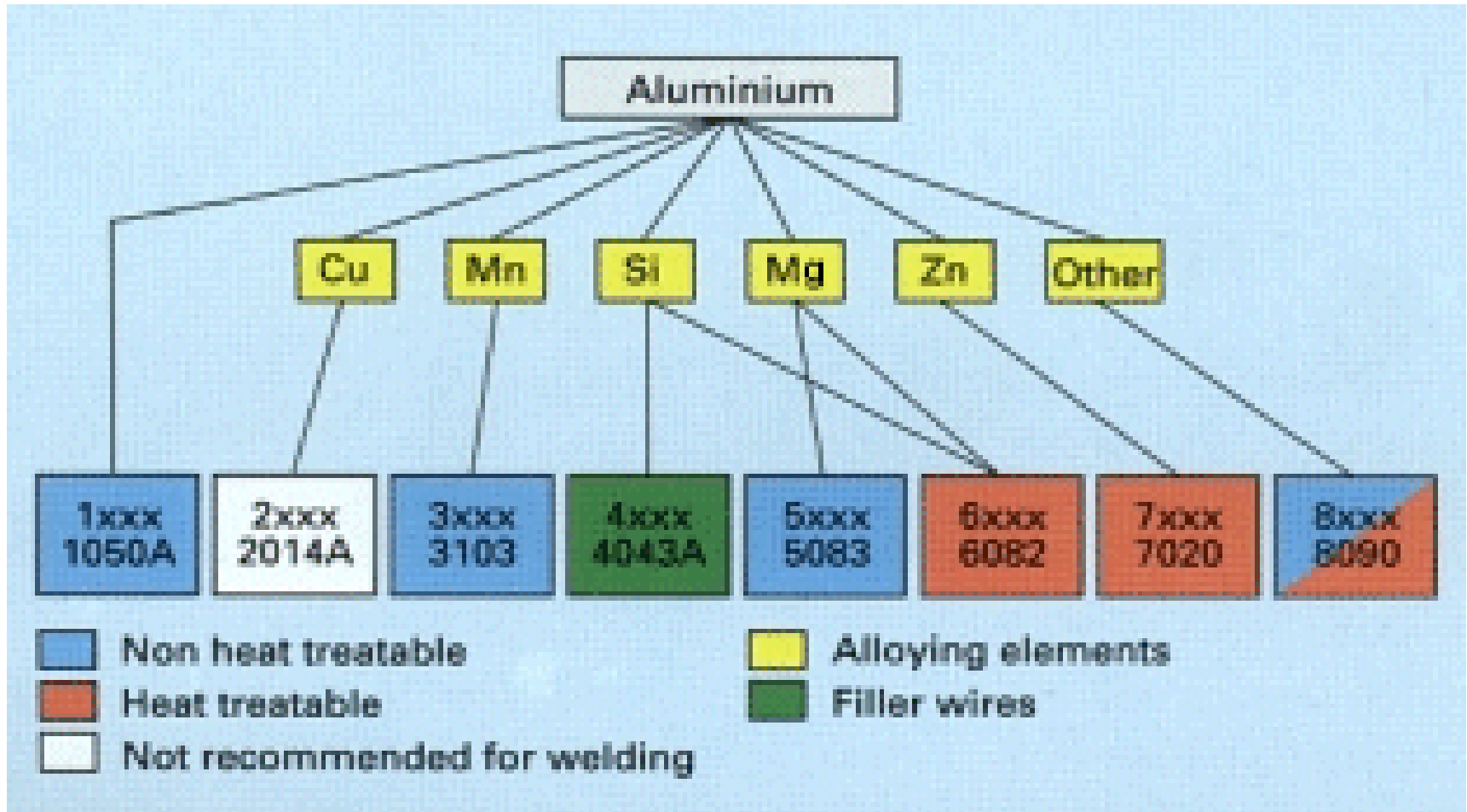
# Ötvözetek csoportosítása

- Fő ötvözők:
- Zn
- Mn
- Cu
- Si
- Mg





# Alumínium ötvözetek jelölése



# ALAKÍTHATÓ ÖTVÖZETEK

- Mn - al ötvözött
- Mg - al ötvözött
- Cu - al ötvözött
- Zn - al ötvözött
  
- Nemesíthetők
- Nem nemesíthetők

# Al - Mn ötvözetek

- Jó korrózióálló
- Jó hő- és villamos vezető képesség
- Nagy képlékenység
- Stabil szilárdoldatok
  - Nem nemesíthetők
  - Jól hegeszthetők
    - » Tartályok, edények, tetőfedés, esőcsatorna stb.

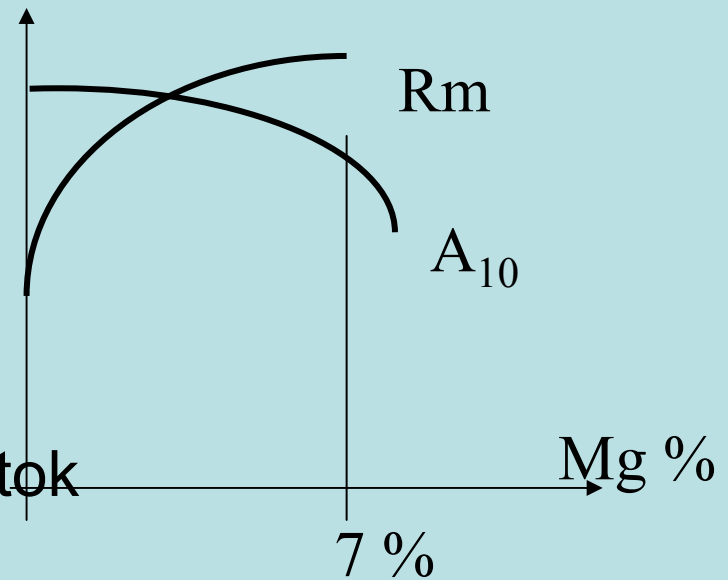
# Al - Mg ötvözetek

- Két fő csoport

- 1....3 % Mg
- Mg > 4 %

- 1 - 3 % Mg

- Jó korr. Álló
- Jól heg.hető
- Díszítő elemek, burkolatok
- Vasúti kocsik



# Mg > 4 %

- Nagyobb szilárdság
- Jól forgácsolható
- Kevésbé romlik a korr. Állóság
  - Forgácsolt alkatrészek
  - Vízijárművek
- Al - Mg - Si ötvözetek
  - Nemesíthető  $\Rightarrow$  mesterségesen öregíthet

# Al - Cu - Mg ötvözetek

- Duralumínium
- Cu = 2,5 ... 5 %, Mg = 0,4 ... 2,8 %
- Természetesen öregedő
- Lágyan  $R_m = 250 \text{ MPa}$ ,
- Nemesítve  $R_m = 400 \text{ Mpa}$
- Kristályközi korrózióra érzékeny
- Kovácsolt, sajtolt alkatrészekhez alkalmazzák

# Al - Zn - Mg ötvözetek

- Zn = 3 ... 8 %, Mg = 2 ... 4 % (Cu= 0,2 ... 2%)
- **ÖNNEMESÉDŐ ÖTVÖZET**
  - levegőn hülve is tútelített szilárdoldat jön létre és 30 ... 90 nap alatt természetesen öregedik
- **HEGESZTHETŐ**
- Probléma az interkristallin korrózióra hajlam
  - $R_m = 600 \dots 700 \text{ MPa}$ ,  $A_{10} = 7 \%$

# ALAKÍTHATÓ ÖTVÖZETEK

- Al 99 Mg1 1xxx tiszta Al
- Al Mg 3 5xxx Mg-ötv.
- Al Mn 1 Cu 3xxx Mn-ötv.
- Al Mg Si 0,5
- Al Mg Si 1 6xxx Mg - Si ötv.
- Al Cu4 Mg1 2xxx Cu
- Al Zn5 Mg1 7xxx Zn- ötv.



# ÖNTÉSZETI ÖTVÖZETEK

- Al - Si ötvözetek sziluminok
- Al - Zn ötvözetek
- ( Al - Cu, Al - Mg ötv. rosszul önthetők )
- Sziluminok ( Si = 10 - 12 % )
  - » Rm = 220 MPa homokformába öntve
  - » Rm = 260 MPa fémformába öntve
  - Alacsony olvadáspont      Al - Si - Cu  $\beta$ -szilumin
  - Legkisebb zsugorodás      Al - Si - Mg  $\gamma$ -szilumin
  - Jó korrózióállóság      Al - Si - Cu- Ni hőálló
  - Rosszul forgácsolhatók

# Al - Zn ötvözetek

- 7 ... 12 % Zn jó önthetőség
- Mg -al ötvözve önnemesedő lesz
- Zn > 12 % - nál,  $R_m = 550$  Mpa is elérhető
  - Hegesztés után önnemesedő
- **ÖNTÉSZETI ÖTVÖZETEK**
- öAlSi 12                      öAl Mg3
- öAlSi 12Cu                    öAl Cu4 Ti
- öAlSi 12Mg                    öAl Zn MgTi

# ALUMÍNIUM HEGESZTÉSÉNEK NEHÉZSÉGEI

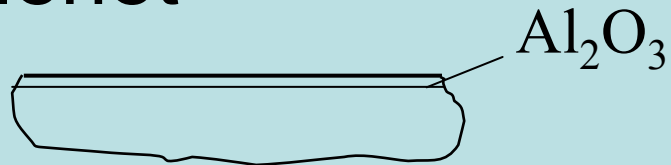
- Hegeszthetőséget rontja: Si, Cu, Zn
- Hegeszthetőséget javítja: Mg, Mn
- Acélra:  $T_{olv.} > 1500 \text{ °C}$
- Al - ra:  $T_{olv.} = 570 \dots 660 \text{ °C}$
- $\lambda_{Al} = 3 \dots 4 \lambda_{acél}$  hővez.kép. Acél: 880 J/g
- $C_{Al} = 2,5 C_{acél}$  fajhő Al: 1020 J/g
- $\rho_{Al} = 2 \rho_{acél}$  olvadási hő
- Nagy zsugorodás és hőtágulás

# AZ ALUMÍNIUM HEGESZTÉSI PROBLÉMÁI

- OXIDHÁRTYA
- POROZITÁS KÉPZŐDÉS
- REPEDÉS ÉRZÉKENYSÉG
- HŐHATÁS ÖVEZET
- VARRAT

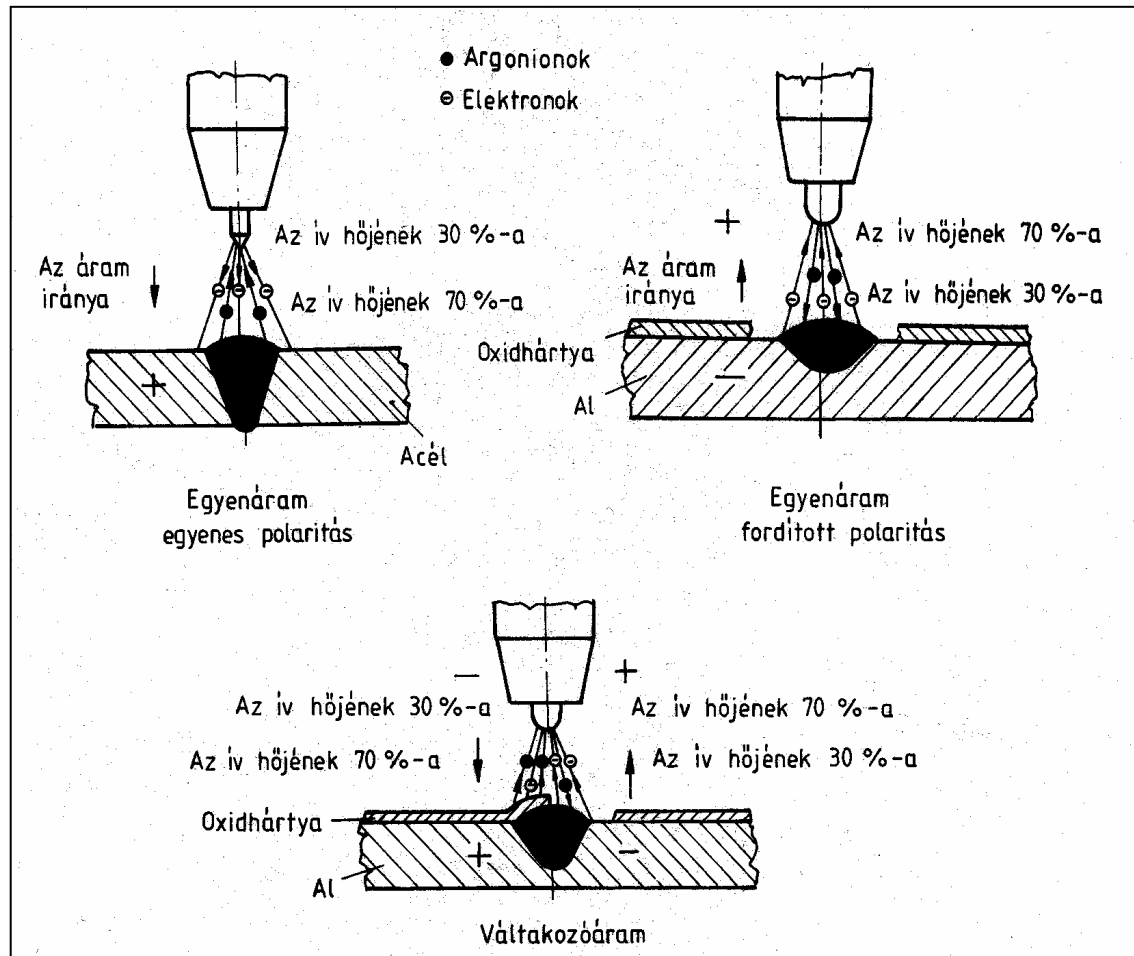
# OXIDHÁRTYA

- Megolvasztani csak nagy energiasűrűséggel lehet



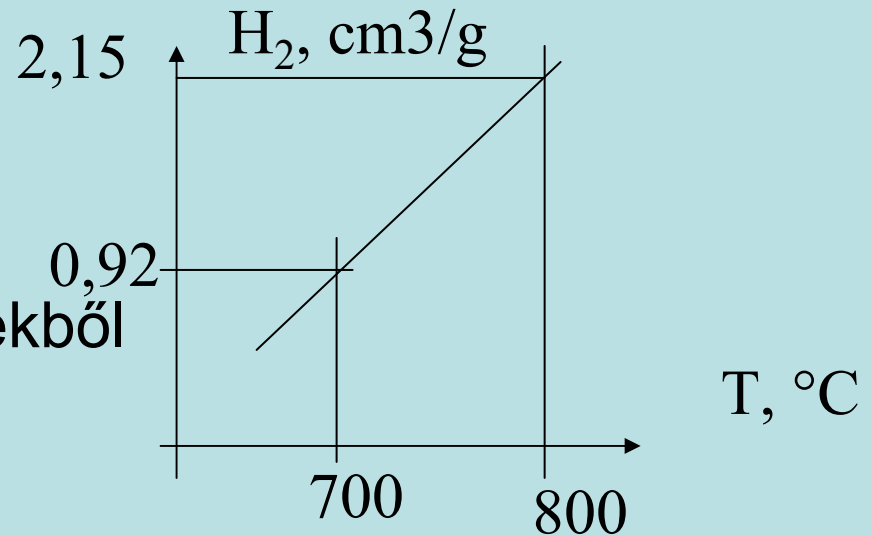
- Lánghegesztés: Tisztítás, csiszolás  
Folyósítószer: kloridvegyülettel  
kémiai megkötés
- Kézi ívhegesztés: Katódporlasztás, kémiai bontás
- Ellenállás hegesztések: Erő + hő képlékeny alakváltozás töri fel az oxidot

# AWI és AFI - hegesztés



# POROZITÁS PROBLÉMÁJA

- Folyékony fém sok H-t képes elnyelni
- Kerülni kell a túlhevítést
- H bekerülése:
  - felületi szennyeződésekben
  - nedvességből
  - védőgázból
  - bevonatokból, fedőporból



# REPEDÉKENYSÉG

- Melegrepedés
  - szolidusz alatti
  - szolidusz feletti
- Belső feszültség
  - Túlhevítés
  - Nagy merevség
- Nagy szolidusz - likvidusz hőköz
  - Eutektikum arányát növelni kell



# HŐHATÁSÖVEZET ÉS VARRAT PROBLÉMÁI

- Hidegen alakított állapotban kilágyulás
- Nemesített alapanyagnál a hőhatásövezet kilágyul
- VARRAT PROBLÉMÁI
- Korrózióállóság romlik a varratban
  - Heterogén varrat
  - Eltérő mechanikai tulajdonságok

# Alkalmazható hegesztési eljárások

- AWI-hegesztés
- AFI-hegesztés
- Elektronsugaras hegesztés
- Lézersugaras hegesztés
- Plazmahegesztés
- Sajtolóhegesztések