



Anyagtudomány és Technológia Tanszék



Könnyű- és színes fémek

Fémek technológiája

1




Az előadás fő pontjai




- A könnyűfémek definíciója
- Alumínium és ötvözetei
- Magnézium és ötvözetei
- Titán és ötvözetei
- Réz és ötvözetei
- Egyéb, technikai fontosságú fémek

2 / 70

2



Könnyű- és színesfémek



- Könnyűfém az a fém, amelynek sűrűsége $4,5 \text{ gcm}^{-3}$ -nél kisebb
 - Al, Mg (Be, Li...)
- Határeset...
 - Ti, $\rho \approx 4,5 \text{ gcm}^{-3}$
- Melyek a színesfémek?
 - Cu, Zn, Sn, Pb, Ni, W, nemesfémek

3 / 70

3


Fizikai és szilárdsági jellemzők


	ρ (gcm ⁻³)	R _{eH} (MPa)	R _{eH} / ρ	T _{küszab} (°C)
Al és ötvözetek	2,70	25-650	9-240	150-250
Mg és ötvözetek	1,80	70-270	40-160	150-250
Ti és ötvözetek	4,50	170-1300	38-300	400-600
Be	1,82	100-700	50-380	~250
Cu és ötvözetek	8,90	60-1400	7-150	
Szerkezeti acélok	7,90	180-1600	25-200	400-600

4 / 70

4


Fizikai és szilárdsági jellemzők


	R _m	E	ρ	R _m / ρ	E/ ρ	ζ/t
Öntöttvas	200	110	7150	280	154	900
Acél						
-lágú	450	210	7860	573	267	600
-kemény	1500	210	7800	1923	269	800
-korrózióálló	500	210	7930	631	265	2700
Alumínium						
-lágú	70	70	2710	258	258	2000
-kemény	450	70	2800	1601	250	2500
Réz						
-lágú	140	120	8930	156	134	2000
-kemény	400	120	8500	471	141	2000
Magnézium	250	42	1740	1436	241	6000
Titán	1200	120	4580	2620	262	20000

5 / 70

5


Alumínium


- Könnyű, kis sűrűségű ($\rho=2,7$ gcm⁻³)
- Olvadáspontja kicsi (660°C)
- Jó villamos vezető (~2/3-a a Cu-nek)
- Jó hővezető képesség
- FKK térrács
 - Jól alakítható, Z~90%, hidegen, melegen
- Jó korrózióálló (oxid réteg)
- Szilárdsága kicsi
 - R_m=40...120 MPa, R_{p0,2}=20-60 MPa
- Rugalmassági modulusza kicsi
 - E=70 GPa

6 / 70

6



Szilárdságnövelés



- Mivel az alumínium szilárdsága kicsi, ezért törekszenek annak növelésére
 - Ötvözés
 - Képlékeny hidegalakítás
 - Hőkezelés – kiválasztás keményítés
 - Diszperziós keményítés
 - (Kompozitok)

7 / 70

7



Ötvözés



- A kohóalumínium is „nagy” tisztaságú (Al99,5), ezért kis mennyiségű ötvöző is nagy hatással van
 - Szilárdságot növel: Cu, Mg, Zn, Mn, Si
 - Szemcsenagyságot csökkent: Ti, Cr
 - Korrozíóállóságot javít: Mn, Sb
 - Melegszilárdságot javít: Ni
 - Forgácsolást könnyít: Co, Fe, Bi
- Legfontosabb szennyezők: Fe, Si

8 / 70

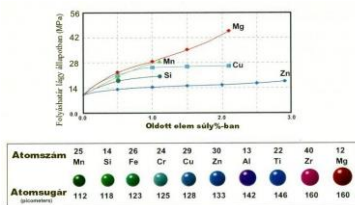
8



Szilárd oldatok

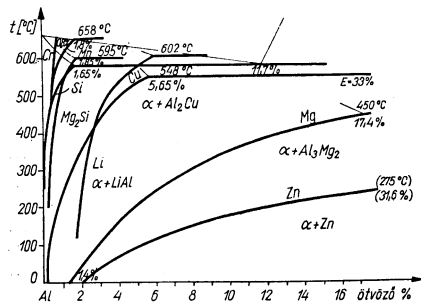


- Az ötvözők szubsztitúciósan épülnek be
 - Még a H is csak az oktagonális üres rácshelybe fér
- Az ötvözők a szilárdságot különböző mértékben növelik



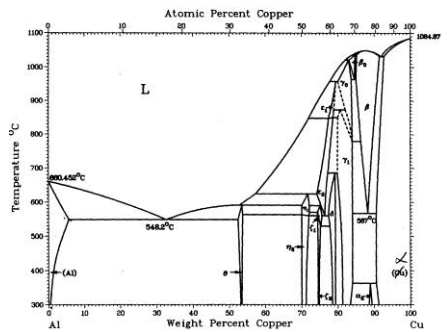
9 / 70

9



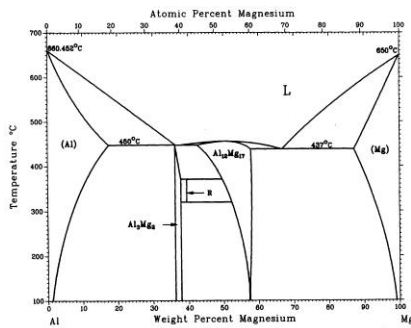
10 / 70

10



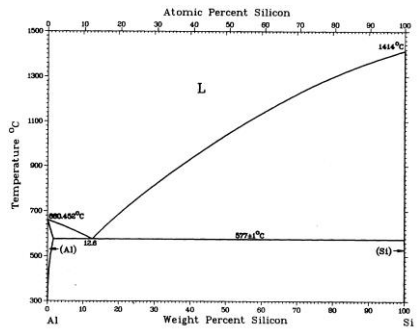
11 / 70

11



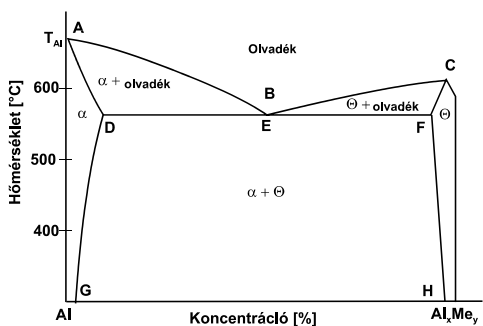
12 / 70

12



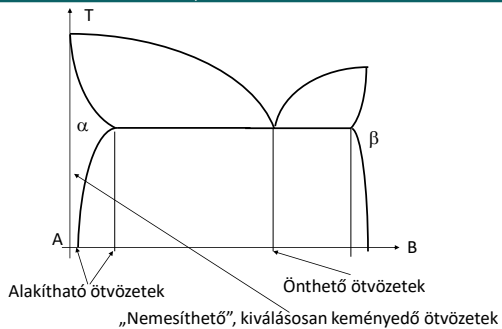
13 / 70

13



14 / 70

14



15 / 70

15



	Alakítható	Öntészeti
Al	1xxx	1xx.x
Al-Cu	2xxx	2xx.x
Al-Mn	3xxx	
Al-Si	4xxx	4xx.x
Al-Si(-Cu/Mg)		3xx.x
Al-Mg	5xxx	5xx.x
Al-Mg-Si	6xxx	
Al-Zn(-Mg)	7xxx	7xx.x
Al-Li	8xxx	
Egyéb elemek	9xxx	9xx.x
Al-Sn		8xx.x
Nem használt		6xx.x

16 / 70

16



1xxx



- >99% tisztaság, erre a jel is utal
– Pl. Al1050 – 99,5% Al
- Fe és Si szennyezőt tartalmazhat
- Jó alakíthatóság
- Jó korrózióállóság
- Jó vezetőképesség
- Mélyhúzóható lemez, fólia, villamos vezeték
- Fe/Si befolyásolja a képlékeny alakíthatóságot, Fe/Si>2,5 kedvező

17 / 70

17



2xxx



- 3-6% Cu ötvözés
– 0,4-2,5% Mg, 0,3-1,0% Mn, 0,2-1,3% Fe, 0,2-1,2% Si, 1,0-2,0% Ni
- Nemesíthető ötvözetek
– 4% Cu + 2% Mg --- 440 MPa R_m és 320 MPa R_{p0,2}
– Haditechnika, járműgyártás, repülőgépgyártás, sajtolt darabok

18 / 70

18



3xxx



- <2% Mn ötvözés
 - Felette vegyület, ami a tulajdonságokat rontja
- Nemesítéssel nem keményíthetők, a szilárdság képlékeny hidegalakítással fokozható
- Közepes szilárdság
- Jó alakíthatóság
- Jó hegeszthetőség
- Jó eloxálhatóság
- Csomagolástechnika, edénygyártás, tömegcikkipar, építészet

19 / 70

19



4xxx



- Akár 17% Si ötvözés
 - Si intermetallikus fázisként, vagy elemi Si-ként van jelen, rideg, nem alakítható
- Kisebb Si tartalom esetén lemezek forrasztható bevonata (cladding), hegesztő hozaganyag
- Nagyobb Si tartalom már önthető ötvözet
 - Kis olvadáspont, kis zsugorodás, jó folyékonyság
- Mg adalékolással a szilárdság növelhető, nemesíthető ötvözetté válik (6xxx)
- Motorblokkok, közepes méretű és terhelésű öntvények, dugattyúk

20 / 70

20



5xxx



- 0,5-0,7% Mg ötvözés
- Szilárdságot az oldatban jelenlévő Mg okozza, alakítással tovább fokozható
- Jól alakítható
- Jól hegeszthető
- Jól eloxálható
- Jó korrózióállóság
- Autóipar, építészet, hajógyártás, vegyipar
- >3% Mg ötvözésnél a korrózióállóság csökken, Mn-nal lehet ellensúlyozni

21 / 70

21



6xxx



- 0,3-1,5% Mg és Si
- Kiválásosan keményedő ötvözetek (Mg_2Si)
- Közepes – nagy szilárdság
- Jól alakítható
- Jól hegeszthető
- Jól eloxálható
- Jó korrózióállóság
- Az egyik legelterjedtebb ötvözet: villamosipar, járműgyártás, építészet, gépipar, tömegcikkék
- Gyakori a Mn és Cr adalék: szemcsefinomítás, szilárdság és szívósság nő, feszültségkorróziós ellenállás csökken

22 / 70

22



7xxx



- 4-6% Zn (és 1-3% Mg), „kemény” ötvözetek
- Kiválásosan keményíthetőek
 - 443°C-on akár 30% Zn oldás, 20°C-on 1,4% (!)
- Akár $R_{p0,2}=600$ MPa ötvözet is előállítható
- Kiemelkedő szilárdság és megfelelő alakíthatóság
- Járműgyártás, építészet, sportszergyártás

23 / 70

23



8xxx



- 1-5% Li ötvözés
- A legkisebb sűrűségű Al ötvözetek
 - 1% Li ötvözés, ~3% sűrűségcsökkenést okoz
- Kiválásosan keményíthető ötvözetek
- Nagy szilárdságú ötvözetek
- Előállítás viszonylag költséges
- Hadiipar, rakétatechnika, űrtechnika

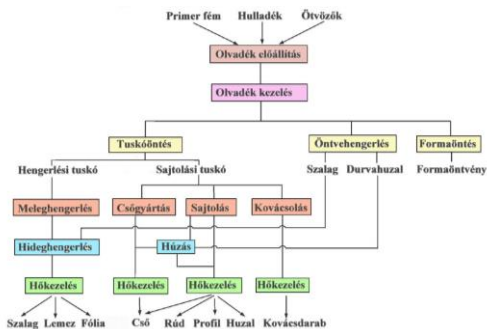
24 / 70

24

Alakítható ötvözetek		Ötészeti ötvözetek	
Nem nemesíthetők (hegeszthetők) Korrózióállóak Jól alakíthatók	Nemesíthető- Nagyszilárdságú ötvözetek	Nem nemesíthetők	Nemesíthetők
Al-Mn Al-Mg Al-Mg-Si Al-Mg-Zn Al-Mg-Li	Al-Mg _{0,5} -Si _{0,5} Al-Mg-Si Al-Mg-Li Al-Li-Mg Al-Cu-Mg Al-Cu-Li Al-Cu-Li-Mg Al-Zn-Mg Al-Li-Cu-Mg Al-Zn-Cu-Mg	Al-Si Al-Mg	Al-Si-Mg Al-Si-Cu Al-Mg-Si Al-Cu Al-Cu-Ni Al-Zn-Si Al-Zn-Mg

25 / 70

25



26 / 70

26

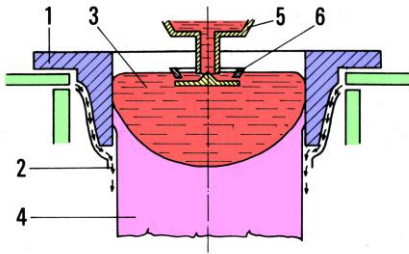
- Hengerlési, vagy sajtolási célzatra
- Alapvető eljárások
 - Kokillaöntés
 - Csúszkokillás félfolyamatos öntés
- Minőségjavítási lehetőségek
 - Elektromágneses csúszkokillás öntés
 - Melegfejes öntés
 - Tuskók hántolása

27 / 70

27



Öntés csúszó kokillába



28 / 70

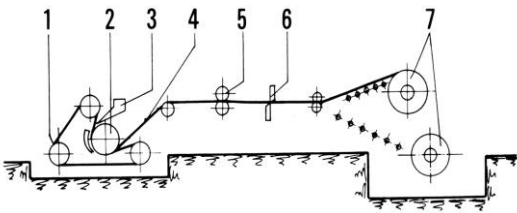
28



Öntvehengerlés



- Szalagok és durvahuzalok esetén
- Általában rögtön további hengerlés követi

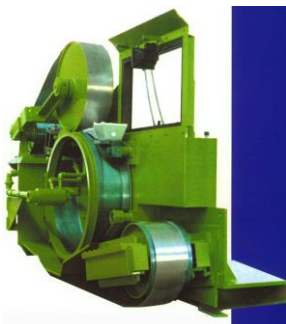


29 / 70

29



Takarószalagos, egy öntőkerekes



30 / 70

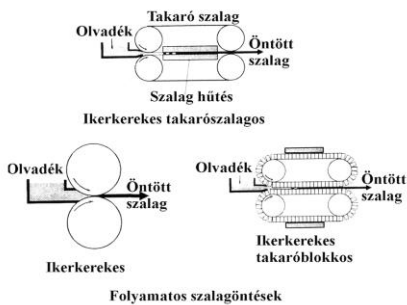
30

<https://www.youtube.com/watch?v=SkIzCnkm4mk>

Lemez félgymártmány, öntvehengerlés
5:07

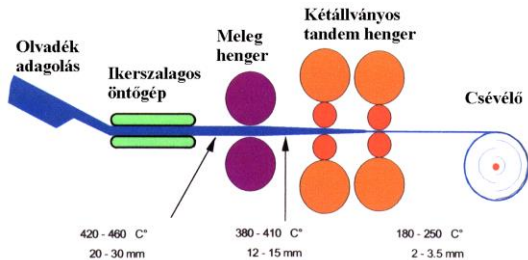
31 / 70

31



32 / 70

32



33 / 70

33

**Hengerlési tuskó**

- Meleghengerlés
- Hideghengerlés
- Hőkezelés
- Fóliagyártás

Sajtolási tuskó

- Sajtolás
- Kovácsolás
- Csőgyártás
- Húzás
- Hőkezelés

34 / 70

34



- A legkisebb sűrűségű, tömegesen, szerkezeti célra alkalmazott fém, $\rho=1,8 \text{ gcm}^{-3}$
- Olvadáspontja kicsi, $\sim 650^\circ\text{C}$
- Hexagonális rácsú, nehezen alakítható
- A „jövő szerkezeti anyaga”
 - Súlytakarékosság, személygépkocsi gyártás
- Jelenleg $\sim 35\%$ az önálló felhasználás, a többi Al ötvözetekhez és acélgyártáshoz köthető

35 / 70


35



- Jól forgácsolható (kevésbé kenődik, mint Al)
- Gyorsabb ciklusidővel önthető
- A nyomásos öntőszerszámok élettartama hosszabb
- Igényes kamerák, technikai berendezések burkolatának, tartóelemeinek anyaga, repülőgép, rakéta alkatrészek anyaga

36 / 70

36

att Magnézium ötvözetek 

- Öntészeti ötvözetek
 - Jól önthető ötvözetek
 - Mg-Al-Zn ötvözetek
- Alakítható ötvözetek
 - Al-Zn ötvözés
 - Mn ötvözés
 - Zr ötvözés
 - Zr-Th ötvözés
 - Ritkaföldfém ötvözés
 - Li ötvözés



37 / 70


37

att Jól önthető öntészeti ötvözetek 

- Fő ötvöző: 0,6-0,7% Zr, hegeszthető
 - TILOS: Al, Si, Fe, Mn, Co, Ni, Sb, Sn
- Mg-Zr-Zn-RE ötvözetek (Ce)
 - Bonyolult alkatrészek, kis eutektikus hőmérséklet
- Mg-Zr-Ag-RE ötvözetek (Nd)
 - 200°C-ig hőfásztás álló
- Th tartalmú ötvözetek (Y váltja fel)
 - Termikus fáradásnak és kúszásnak ellenálló
- Mg-Zr-Y-RE ötvözetek (Nd)
 - Jó korrózióállóság és mechanikai tulajdonságok

38 / 70



38

att Mg-Al-Zn öntészeti ötvözetek 

- Előzőhöz képest elterjedtebb, olcsóbb
 - Hajlamosabbak a mikroporozitásra és a falvastagság változásra, nyomásos öntés
- Mg-Al kétfázisú ötvözetek
 - Kiválásosan keményíthető
- Mg-Zn kétfázisú ötvözetek
 - Szívósabb, korrózióállóbb, kiválásosan keményíthető
- Mg-Al-Zn-Mn ötvözetek
 - Korrózióállóság jelentősen javul
- Mg-Al-Zn-Si ötvözetek
 - Mg,Si kiválások, kúszásállóság javul
- Mg-Al-Zn-RE ötvözetek
 - Ce, La, Nd, Pr, kiválások, kúszásállóság nő
- Mg-Al-Zn-Cu ötvözetek
 - Motorblokkok

39 / 70

39


Alakítható magnézium ötvözetek


- Mg-Al-Zn
 - Legelterjedtebb, közepes szilárdságú, hengerelhető, jól hegeszthető
- Mg-Mn
 - Elektrokémiai felhasználás, acél katódos védelme
- Mg-Zn-Zr
 - Szemcsefinomítás, hengerelhető, kovacsolható
- Mg-Th
 - Melegszilárdság növelése, radioaktív
- Mg-RE
 - Melegalakíthatóság
- Mg-Li
 - Jól hidegalakítható, kiválóan hegeszthető

40 / 70

40


Titán


- Nem igazán könnyű ($4,5 \text{ gcm}^{-3}$)
- Két gyakori allotróp módosulat
 - α -titán (hexagonális), képzői: Al, O, C, N
 - β -titán (TKK), képzői: Mo, V, Nb; Mn, Fe, Cr, Si, Ni, Cu
- Jó szilárdság/tömeg arány
- Jó korrózióálló
- Biokompatibilis
- Melegszilárdsága jó
- Alakíthatósága, forgácsolhatósága rossz
- Erősen oxidálódó és dezoxidáló, karbidképző

41 / 70



41


Legfontosabb Ti ötvözetek


- Tiszta titán
 - Grade1...4, oldott oxigén tartalom alapján
- α és kvázi α
- $\alpha + \beta$
- β és kvázi β
- Schaffler-diagramhoz hasonló diagram
 - Egyenértékű Mo és Al

42 / 70



42


 Ti ötvözetek felhasználás szerint
 

- Korrózióálló típusok
 - Ötvözetlen és gyengén ötvözött (Ti-0,2Pd), közepes szilárdság
- Nagyszilárdságú típusok
 - Folyáshatár 800 MPa felett, 25% ötvözõig, sok típus, repüléstechnika, kriogéntechnika
- Kúszás- és hőálló ötvözetek
 - Ni ötvözeteknél jóval nagyobb szilárdságúak, 700°C-ig, rendkívül drága

43 / 70

43


 Ti ötvözetek alkalmazásai
 

- Turbóreaktorok, gázturbinák
- Vegyipari szivattyúk, csővezetékek, hőcserélők
- Versenygépek nagy terhelésű alkatrészei
- Páncélzatok, fegyverek
- Orvosi eszközök, implantátumok, protézisek
- Sportszerek
- Óragyártás, optikai eszközök
- Építészet, burkolatok

44 / 70

44


 Réz
 

- Nehézfém ($8,93 \text{ gcm}^{-3}$), olvadáspontja 1083°C
- Jól alakítható, FKK rácsú
- Lágy, szilárdsága kicsi
- Jó hő- és elektromos vezető
 - Ötvözők erősen rontják
 - Legfontosabb szennyező az oxigén, Cu_2O eutektikum a szemcsehatárokon - ridegít
- Korrózióálló
- Sárgaréz és bronz alapanyaga
 - Ónbron, ólombron, alumíniumbron, krómbron

45 / 70

45



- Oxigéntartalmú réz (>99,9% Cu)
 - Jó villamos- és hővezetés
 - Elektrolízissel állítják elő (Cu-ETP)
 - Régebben átolvasztott (Cu-FRHC és FRTP (öntés))
- Oxigénmentes (deoxidált) réz
 - oxigénmentesítés foszforral – jó hegeszthetőség
 - Foszfor a vezetőképességet erősen rontja
 - Cu-DHP: 0,013-0,5 P, Cu-DLP: 0,004-0,012 P
- Oxigénmentes, nagy vezetőképességű réz
 - Cu-OF: >99,95 Cu, Cu-OFE: >99,99% Cu (elektronika)
 - Deoxidálót vákuumos átolvasztással távolítják el

46 / 70

46



- Cu-Ag
 - minimális Ag ötvözés az újrakristályosítási hőmérsékletet 200-ról 300°C növeli, hegesztő- és forrasztó pisztolyok
- Cu-Cd
 - szilárdság, kifáradási határ, kúszáshatár duplázódik az alakítással keményített daraboknál, ponthegeztés, mérgező, tiltott
- Cu-Te
 - forgácsolhatóság, szilárdság javul, rekrisztallizációs hőmérséklet nő, vezetés alig csökken, lézerfűvőka
- Cu-Cr
 - 450 MPa szilárdság elérhető kiválós keményítéssel, ponthegeztő elektróda, fém, nagy teljesítményű kapcsoló
- Cu-Be és Cu-Co-Be
 - 500 MPa szilárdság érhető el kiválós keményítéssel, 300°C-ig ezt meg is őrzi, rugó, alátét, membrán, szikramentes érintkező, ¼ vezetőképesség

47 / 70

47

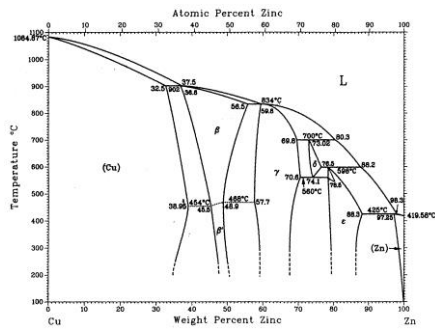


- Fő ötvöző a Zn, 5-45%-ig
- Zn mennyiségével a szín is változik a rózsavöröstől a sárgáig
- Jól önthetők, hideg- és melegalakíthatók
- Húzzhatók, mélyhúzzhatók, forgácsolhatók
- Ötvözetlen sárgarézt
 - α -ötvözet (Zn<33%), mint fent
 - α + β ötvözet (33%<Zn<45%), β javítja a szilárdságot és a forgácsolhatóságot, de ridegít

48 / 70


48

att Cu-Zn állapotábra 



49 / 70


49

att Erősen ötvözött rézötvezetek – sárgarezek II. 

- Ötvözött sárgaréz
 - Pb: gömbszerű részecskék, forgácsolhatóság javul, ken
 - Sn, Al, Si elemek β képzők, β stabilitási tartományát növelik, javítják a megalakíthatóságot
 - Ni, Mn és Fe elemek α képzők, alakíthatóságot növelik
- A sárgarezek általában jó korrózióállóak, de 15% Zn tartalom felett két probléma lép fel:
 - Szezonális törés: maradó feszültségek (hegesztés), feszültségkorrózió, páras környezetben
 - Cinktelenedés: a Zn kioldódását jelenti, elsősorban a Zn dús β , de minden más ötvözőben dús fázisból is kimehet az ötvöző vizes környezetben, α fázisban minimális As ötvözéssel fékezhető: admirális réz

50 / 70

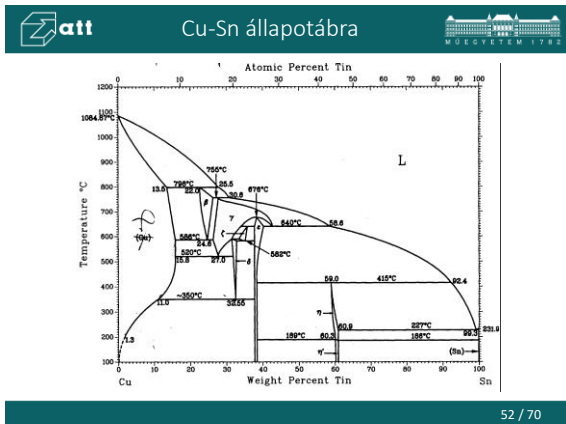
50

att Erősen ötvözött rézötvezetek – bronzok 


- Fő ötvöző az ón (Sn), 3-20%
- Ötvözetlen bronzok
 - 3-20% Sn, kivéve: harangbronz (20-25%) és tükörbronz (30-35%)
 - Ipari bronzok:
 - Jól alakítható, α bronzok, szilárdság Sn tartalommal és hidegalakítással nő
 - Öntészeti $\alpha+\delta$ bronzok, tulajdonságok a kemény δ fázistól függenek (lehűtési sebesség!)

51 / 70

51




52

att Ötvözött bronzok 

- Sn mellett további ötvözőt tartalmaznak
- Foszforbronzok (CuSn8P)
 - Cu₃P kiválások a szilárdságot jelentősen növelik
- Ólmozott bronzok (CuSn8Pb3Zn6)
 - Pb nem oldódik, jól forgácsolható, siklási tulajdonságok javulnak (akár 30% Pb)
- Horganybronzok (CuSn5Zn5Pb5)
 - Zn segíti az oldott gázok eltávolítását, önthetőséget és alakíthatóságot javít, Pb tömítést javítja, vízköri elemek

53 / 70

53

att Alumínium „bronzok” 

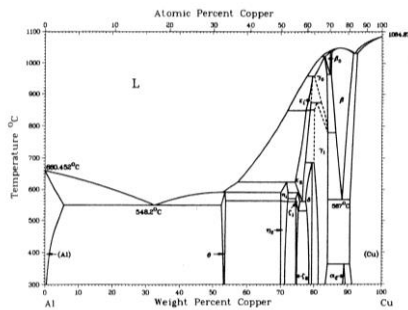
- Alumínium bronzok (kuproalumínium)
 - 4-14% Al tengervíznek, feszültségkorrózióknak és korróziós kifáradásnak ellenállóak, nagy szilárdság
 - Ötvözetlen: jól hidegalakíthatók, lehet egy- és többfázisú (szilárdság nő, szívósság csökken)
 - Ötvözött: Fe, Ni, Mn ötvözés
 - Korrózióállóság és szilárdság javul
 - Hajócsavarok, turbinalapátok
 - Hőcserélőcsövek, -lemezek

54 / 70

54



Al-Cu állapotábra



55 / 70

55



Nikkel „bronzok”



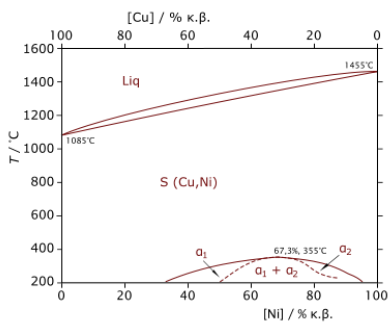
- Nikkel bronzok (kupronikkelek)
 - Korlátlan oldhatóság Cu és Ni között
- Különösen hatékony és ellenálló nagy sebességgel áramló tengervíz közegben
- Néhány százalék Mn és Fe is előfordulhat
- Lemezek, szalagok általános célra, csövek hőcserélőkhöz
- Konstantán: 40-45% Ni tartalom, vezetőképessége nem változik a hőmérséklet növelésével
- Alpakka: Cu-Ni-Zn ötvözet, sárgaréz és kupronikkelek közé esik
 - Jól alakítható egyfázisú ötvözet
 - Melegalakítható, jól forgácsolható kétfázisú ötvözet

56 / 70

56



Cu – Ni állapotábra



57 / 70

57



Egyéb rézötvtözetek



- Szilíciumbronzok (kuproszilíciumok)
 - Jó súrlódási jellemzők, szilárdság, korrózióállóság
 - CuSi3Mn, CuSi2Al2,5
- Ólombronzok
 - Jó siklási tulajdonságok, siklócsapágyak
 - CuPb8, CuPb15, CuPb20, CuPb30
- Alakemlékező rézötvtözetek
 - Reverzibilis martenzites átalakulás
 - Cu-Zn-Al, Cu-Zn-Ni ötvözetek

58 / 70

58



https://www.youtube.com/watch?v=bvw7_a2gU24

Alakemlékezés
0:52

59 / 70

59



Nikkel



- Nehézfém, sűrűsége $8,89 \text{ gcm}^{-3}$
- Olvadáspontja 1440°C
- Felületen középpontos köbös rácsú
- Kiváló korrózió-, hő- és kúszásálló
- Energiaipar, vegyipar, olajipar, repülőgépjárművek hajtóművei

60 / 70

60



Korrózióálló nikkelt ötvözetek



- Ötvöztelen – vegyipari nikkelt
 - C tartalomtól függően két altípus
 - Lágy, hidegalakítással keményíthető, nyúlása ekkor erősen csökken, de szívós kis hőmérsékleten is
- Ni-Cu ötvözetek – Monel
 - 28-34% Cu, nagy nyomású víz, gőz és tengervíz szállítás, rézfúvósok dugattyúi, párologtatók
- Ni-Cr-Fe és Ni-Mo ötvözetek – Inconel, Hastalloy, Incoloy, Nimonic
 - Sajátos korróziós ellenállás
 - Ni-Cr-Fe: kénsavas, foszforsavas, tengervizes, klóros
 - Ni-Mo: sósavas, fluorsavas környezet
 - Ni-Cr-Mo: széles korróziós ellenállás, lyuk- és rés korrózió

61 / 70

61




Hőálló nikkelt ötvözetek




- Ni-Cr és Ni-Cr-Fe ötvözetek
 - kiváló melegszilárdság, kúszásállóság
 - Fűtőellenállások, forró levegőnek ellenállóak
- Fe-Ni-Cr ötvözetek
 - Fő alkotójuk a Fe, nem tipikus Ni ötvözetek
 - Oxidáló, karbonizáló és szulfidizáló környezetben is jól működnek

62 / 70

62



Kúszásálló nikkelt- és kobaltötvözetek



- Nagy hő- és kúszásállóságú szuperötvözetek
- Gázturbinák teljesítményfokozása nyomán fejlesztették őket
- Akár 10-15 ötvöző
 - C, Cr, Co, Ni, Mo, W, Ti, Al, Nb, Fe, B, Zr, Ta, V, Re, Hf, La, Y
- Egykristály lapátok kiválósosan keményítve

63 / 70

63


 Különleges nikkelt ötvözetek
 

- Fűtőellenállások (Ni-20Cr-Si, CuNi45 (Konstantán))
- Termoelemek anyagai, K típus 90Ni-9Cr és 94Ni-1AlMn-Fe-Si-Co
- Lágymágneses anyagok, Permalloy
- Kis hőtágulású ötvözet: Invar36, Kovar
- Alakemlékező Ni-Ti ötvözetek
 - Rendezett rácsú intermetallikus ötvözetek
- Maraging – X2NiCoMo18-9-5
 - Martenzites, kiválásosan keményíthető

64 / 70

64


 Cink (horgany, Zn)
 

- Nehézfém, sűrűsége $7,133 \text{ gcm}^{-3}$
- Olvadáspontja 906°C
- Hexagonális rácsú
- Korrozóvédelem alapanyaga, bevonatolás
 - Cink-karbonát réteg a felületen
- Öt tisztasági fokozat (Z1...Z5)
 - Z1: 99,995% Zn ... Z5: 98,5% Zn
- Fő szennyezők: Pb (Cd, Fe, Sn, Cu, Al)
- Áldozati anód
- Cu, Ti növeli a szilárdságot
- Lágú ($\sim 100 \text{ MPa}$ folyáshatár, kúszás már 100°C -on)

65 / 70

65


 Horgany ötvözetek
 

- Kiváló önthetőség, nagyon sok öntött alkalmazás
 - Gyorsprototípus gyártás (homokforma + forgácsolás)
 - Kis sorozatok gyártása (kokillaöntés)
 - Nagy sorozatok gyártása (nyomásos öntés)
 - Felületkezelés (tűzi mártó horganyozás)
- Kulcsok, röntgencsőfoglalatok, luxuscikkek (tömeghatás), ablaknyitó szerkezet, rögzítőcsap, telefonkészülék-ház, szekrényzárak stb.

66 / 70

66



Horgany ötvözetek



- Zn-Al (~5% Al-nál eutektikum)
- Hipoeutektikus, ~4% Al
 - 1930-as évek vége, Zamak ötvözet
 - Percíziós öntés
- Hipereutektikus, 6-12% Al
 - 1950: 6-8% Al, Zamak, hőállóság, kopásállóság
 - Tonsul ötvözet +Mg, ékszerek ötvözete
 - Ilzro: 12% Al és 1% Cu, gravitációs öntés, nagyobb darabok, például irodai székláb

67 / 70

67



Horgany ötvözetek



- Hipereutektoidos ötvözetek
 - 25-35% Al tartalom akár
 - Erős szilárdságnövelés, akár 400 MPa folyáshatár
 - Porózus felület – kenőanyag tárolás – síklás
- Al mentes Zn-Cu-Ti ötvözetek
 - Zn-Cu: öntött építőipari alkatrészek, érmék, mélyhúzószerszámok
 - Zn-Cu-Ti és Zn-Cu-Cr-Ti: nagy, homokba öntött alkatrészek, tetőszerkezet, eres, 300 MPa folyás
 - Zn-Pb-Cd-Fe: szárazelemek cinkhengere

68 / 70

68



Ón és ötvözetei



- Korrózió és saválló
- ötvözetei (Pb) csapágy és forrasanyagok
- Ónpestis
 - 18°C alatt tetragonális-gyémánt rács átkristályosodás
 - allotróp változás
 - térfogatváltozással is jár
 - feszültségeket kelt
 - a darab szétporlik

69 / 70

69



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

Köszönöm a figyelmet!

70 / 70

70
