



Gruber Györgyné

Fémek kézi és kigépes alakításának elmélete színesfémek, könnyűfémek és ötvözeteik



A követelménymodul megnevezése:

Általános gépészeti technológiai feladatok I. (szerelő)

A követelménymodul száma: 0111-06 A tartalomlelem azonosító száma és célcsoportja: SzT-015-30

## SZABVÁNYOS SZÍNESFÉMEK ÉS ÖTVÖZETEIK JELLEMZŐI, ALKALMAZÁSA

### ESETFELVETÉS–MUNKAHELYZET

Ipari alkalmazásukat tekintve nagy szerepet kapnak a fémek és a fémes szerkezeti anyagok. Munkája során az Ön feladatai közé tartozik a gépészeti dokumentációkban szereplő alapanyagok, szerszámok kiválasztása, alakítása, megmunkálása vagy egy adott szerkezetbe történő beépítése. A különböző fémek, ötvözetek felhasználhatóságáról és adott feladatra való alkalmasságáról csak az anyagok választékának és a jellemző tulajdonságainak az ismeretében tud felelően dönteni.

*Milyen szempontok, tulajdonságok alapján választja ki a szükséges fémes anyagokat? Milyen színes- és könnyűfémeket, ötvözeteket használnak ma a gépiparban?*

*Olvassa el a színes és könnyűfémekre vonatkozó szakmai információkat majd a tanulásirányítóban megadott kérdések, feladatok megoldásával alkalmazza ismereteit!*

### SZAKMAI INFORMÁCIÓTARTALOM

#### 1. Fémek felosztása:

A fémek kristályos szerkezetű, jó hő és villamos vezetőképességű szilárd<sup>1</sup> anyagok

A fémek felosztásának alapjául szolgálhatnak a különböző anyagjellemzők, például a sűrűségük, olvadáspontjuk, szakítószilárdságuk, kémiai tulajdonságaik.

A *1. ábra* a fémek egy lehetséges csoportosítását mutatja be. Az ábrán látható módon a fémeket sűrűségük szerint feloszthatjuk könnyűfémekre és nehézfémekre. A nehézfémeket tovább bonthatjuk feketefémekre és színesfémekre. A színesfémeknek a gépipar szempontjából fontos elemei a réz, az ólom az ón és a cink.

Olvadáspontjuk szerint lehetnek a fémek:

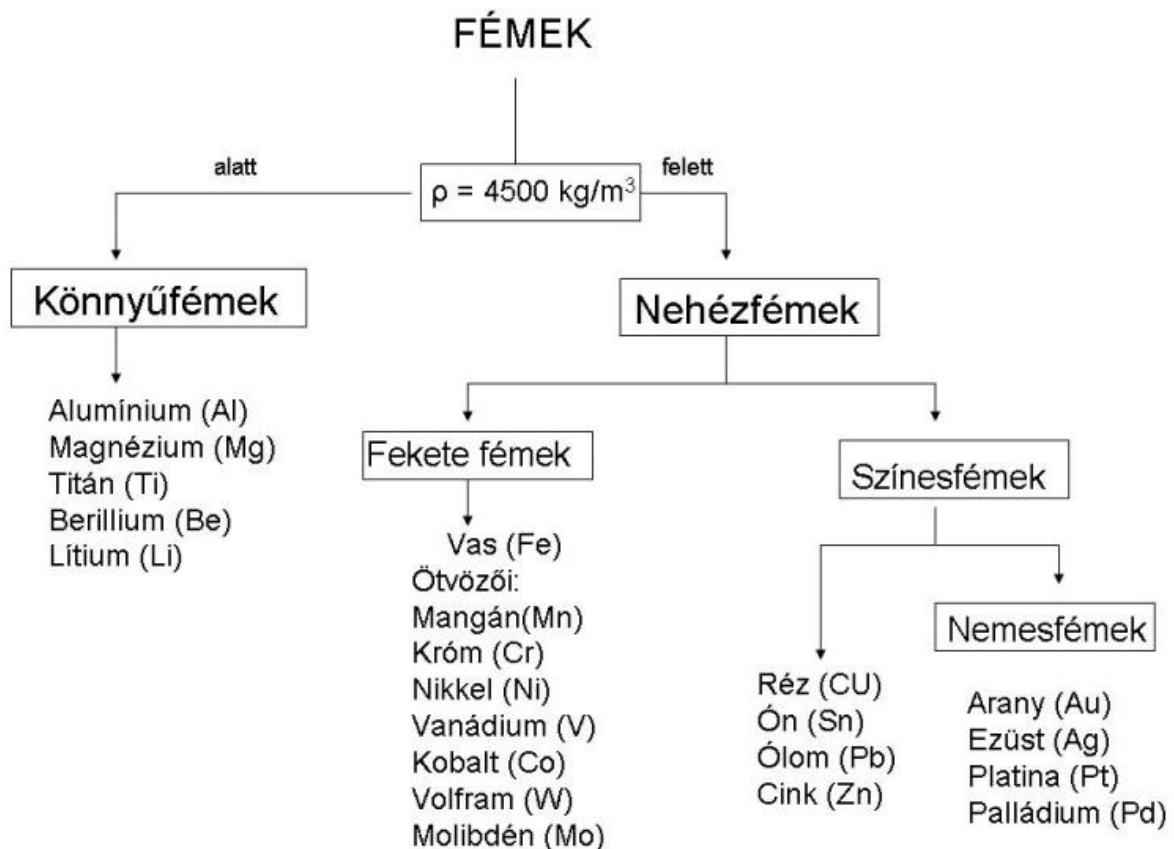
---

<sup>1</sup> Kivétel a higany

- kis olvadáspontúak (olvadáspont  $<1000^{\circ}\text{C}$ ) pl. ón, ólom, cink, alumínium, magnézium
- közepes olvadáspontúak ( $1000^{\circ}\text{C} < \text{olvadáspont} < 2000^{\circ}\text{C}$ ) pl. réz, nikkel, mangán, vas, titán, króm
- nagy olvadáspontúak ( $t > 2000^{\circ}\text{C}$ , pl. molibdén, tantál, nióbbium, volfrám)

A gépiparban a fémes anyagokon belül megkülönböztetünk:

- vasalapú fémes anyagokat, azaz vasötvözeteket
- nem-vas fémeket és ötvözeit



1. ábra Fémek csoportosítása

## 2. A réz és ötvözeit

**A réz: (Cu)**

A réz (Cuprum) neve Ciprus szigetének nevéből származik, amely már az ókorban fontos rézlelőhely volt. Már az őskorban ismerték ezt a fémeket és főként szerszámokat készítettek belőle. Korszakokat is neveztek el róla a történelemben: rézkorszak, bronzkorszak

**A réz előállítása:**

Világviszonylatban az acél és az alumínium után a réz a legnagyobb mennyiségben használt fém. Chile, az Amerikai Egyesült Államok és Indonézia jelenleg a világ három legnagyobb réztermelője

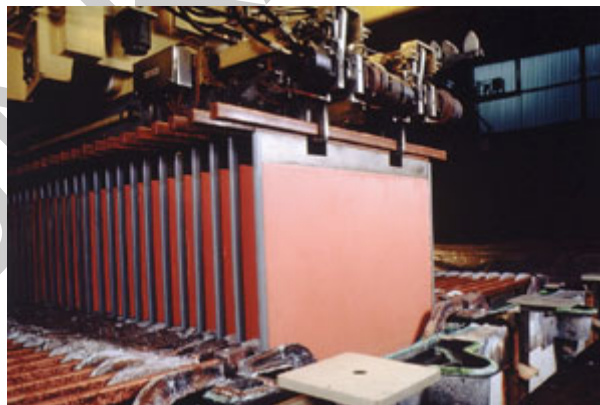
A réz előfordulása természetben:

- termésrezt tartalmazó ércekben,
- szulfidos ércekben,
- oxidos ércekben.

A legegyszerűbben a termésrezt tartalmazó ércekből lehetne előállítani a rezt, de ezek előfordulása rendkívül ritka, ezért a leggyakrabban előforduló szulfidos ércből a kalkopiritből ( $\text{CuFeS}_2$ ) történik az előállítása

A réz előállításának fő lépései:

- **Ércelőkészítés:**
  - aprítás, őrlés, rostálás, eredménye az egész finom szemcsésű (kb. 0,5 mm) érc
  - dúsítás, (lebegtetés, kilúgozás, ülepités, kémiai reakciók) melynek eredményeként kapjuk a további feldolgozásra alkalmas koncentrátumot.
- **Kohósítás:**
  - **Tűzi úton, redukcióval**
  - **Elektrolízissel:** koncentrátumból elektrolízissel állítják elő a katódrezt, amelyet tisztaréznek tekinthetünk (2. ábra)
- **Feldolgozás:** mechanikai technológiákkal történő alakítással, melyeknek végterméke a huzal, cső, lemez stb.



2. ábra. Katódrezt előállítás<sup>2</sup>

**A réz tulajdonságai:**

Fizikai tulajdonságok:

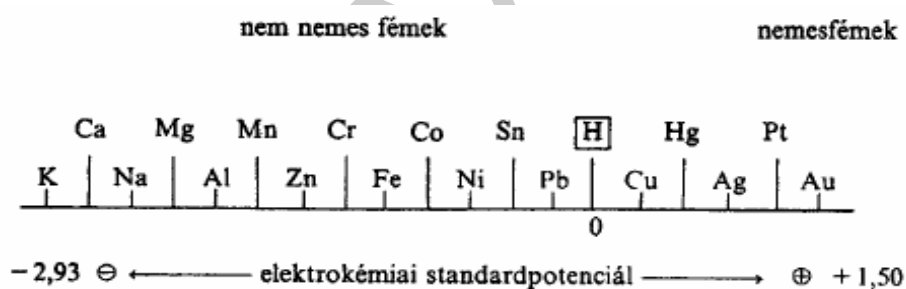
---

<sup>2</sup> <http://www.rezinfo.hu/rez-banyaszata-kohaszata>

- Színe: vörös
- Olvadáspontja: 1083 °C, forráspontja 2927°C
- Sűrűsége: 8,9 kg/dm<sup>3</sup>
- A villamos vezetőképessége jó (az ezüst után a második legjobb vezetőanyag), de az ötvözők hatására erőteljesen csökken, például 0,5% foszfor a negyedére csökkenti
- Hőtágulása az acélénak kétszerese
- Laponközéppontos kockarácsú fém

Kémiai tulajdonságai:

- A periódusos rendszer I. b oszlopában helyezkedik el, 29. rendszámú elem
- Két stabil izotóppal és több rövid élettartamú, mesterséges radioaktív izotópja létezik
- Kémiai szempontból **passzív fémnek** tekinthető, mert a fémek aktivitási sorában a hidrogén (H) után helyezkedik el. (3. ábra) Kémiai passzivitása miatt a réz kevés anyag tudja megtámadni, viszont a réz viszont sok más anyagot tönkre tud tenni. Azok a fémek, melyek nála alacsonyabb elektrokémiai standardpotenciálúak (aktívabbak), mind tönkremennek a réz hatására (Elektrokémiai korrózió).
- Kémiai passzivitása miatt csak a tömény oxidáló savak (kénsav, salétromsav) oldják, míg a híg savakban nem oldódik



3. ábra. A fémek aktivitási sora

- Korrózióállósága jó, légköri hatásra a felületén kialakuló összefüggő, zöld színű réz-karbonát réteg **patina** keletkezik, amely megvédi a külső, környezeti hatásoktól (4. ábra)
- Ismertebb vegyületei:
  - Réz (I)- oxid (Cu<sub>2</sub>O), Réz (II)- oxid (CuO),
  - réz-hidroxid (Cu(OH)<sub>2</sub>),
  - réz-szulfát (CuSO<sub>4</sub>) köznap neve rézgálic
  - Réz (II)- klorid (CuCl<sub>2</sub>)

Mechanikai tulajdonságok:

- A réz közepesen kemény, szívós fém

- Szakítószilárdsága  $R_m = 150\text{--}200\text{ MPa}$ , melynek értéke hidegalakítással növelhető  $400\text{--}500\text{ MPa}$  értékre  
*Magyarázat:* hidegalakítás hatására a szemcseszerkezet torzul és fokozatosan egyre jobban ellenáll a külső alakító erőnek, az anyag keménysége, szakítószilárdsága nő. Az alakítási keményedést a kristályszerkezetben lejátszódó folyamatok okozzák. Egy keményedési határ elérése után a további képlékeny alakításnál elkerülhetetlen a repedések kialakulása és az anyag törése, ezért hőkezelést kell alkalmazni (pl. újrakristályosító hőkezelés)
- Nyúlása:  $A = 40\text{--}50\%$ , mely a keménység növekedésével csökken
- A réz szilárdsági jellemzőinek javítása ötvözéssel is elérhető pl. Cu-Zn ötvözetek

Technológiai tulajdonságai:

- Képlékenyen jól alakítható, hengerléssel, sajtolással, húzással is feldolgozható  
 Hengerelt vörösréz termékek a lemezek és szalagok (SE-Cu, E-Cu, SF-Cu)
- Sajtolat-húzott vörösréz termékek
  - Vörösréz csövek (SF-Cu)
  - Vörösréz rudak (SE-Cu, E-Cu) különböző profillal (kör, négy- és hatszög, lapos rúd) további feldolgozásra például szerelvények és kovácsolt alkatrészek gyártásához
  - Vörösréz huzalok (SE-Cu, E-Cu)
- Nehezen önthető (nagy gázoldó képesség, sűrűn folyó)
- A színréz mind ömlesztő-, mind sajtolóeljárással jól hegeszthető, de hegesztésekor figyelembe kell venni a következőket:
  - a színréz szilárdsága kicsi, nyúlása nagy,
  - jó hővezető, ezért nagyobb hőhatásra, előmelegítésre van szükség,
  - az oxidtartalmú réz hidrogénfelvételekor ún. hidrogénbetegség lép fel,
  - a réz-oxiddal ( $\text{Cu}_2\text{O}$ ) a réz eutektikumot képez, és lehűléskor a szemcsehatárra kiválva csökkenti a szívósságot.
- A rézötvözetek hővezető képessége a színrézénél jóval kisebb. Mivel az ötvözők jelentős része dezoxidáló hatású, a rézötvözetek könnyebben hegeszthetők, nehezíti azonban a hegeszthetőséget, hogy néhány ötvözőelem (pl. Zn) kisebb hőmérsékleten párolog.<sup>3</sup>

A réz alkalmazása:

- A villamos iparban vezetőanyagként, elektromotorokban, generátorokban, vezetősíneként, villamos érintkezőként, kollektor szegmensként

<sup>3</sup><http://www.csukas.sulinet.hu/mggesz01/00-Segedanyagok/00-03-Források/HegesztésZsebkönyv/1fej/1fej.htm>

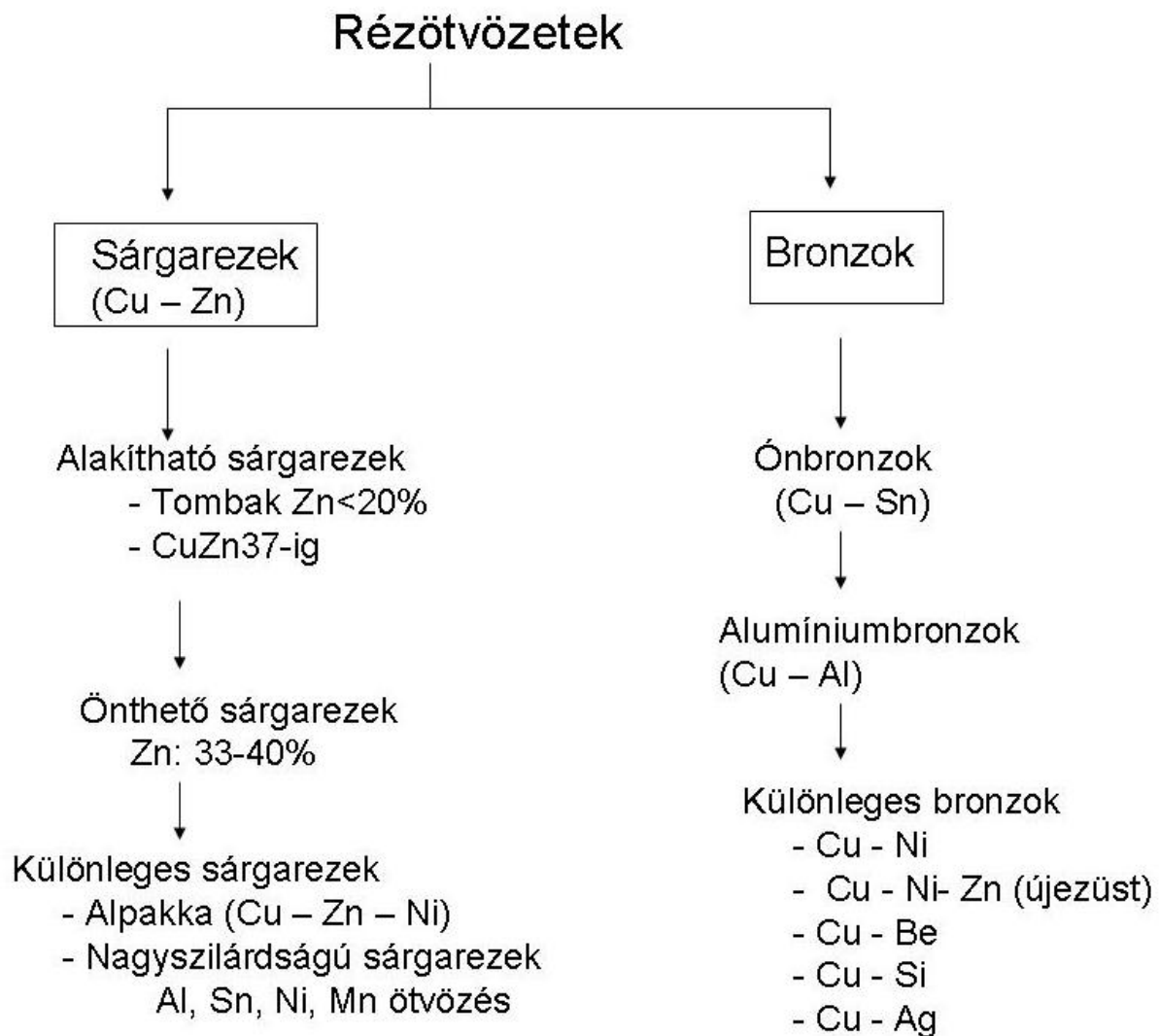
- Az ipar egyéb területein tartó és díszítőelemként, szegélyek, keretek, csavarok formájában
- Építészetben (tetők, ajtók)
- Épületgépészetben a víz, a gáz és a fűtés csővezetékei
- Orvosi berendezésekben
- Sűrített levegő vezetékénél
- Hőcserélőkben



*4. ábra. A réz alkalmazása: csövek, huzalok, építészet*

**A réz fontosabb ötvözetei:**

A réz fő ötvözői a cink (Zn), az ón (Sn) és az alumínium (Al), legjelentősebb ötvözetei a sárgarezek és a bronzok.



5. ábra. A rézötvözetek felosztása

### 1. Sárgarezek:

A sárgarezekben a réz ötvözője a cink, amelynek hatására a réz keménysége és szilárdsága nő, önthetősége javul, gázoldó képessége csökken, villamos vezetőképessége romlik, légköri hatásoknak ellenáll, jól polírozható lesz.

A sárgarezek 20 % Zn tartalomig hidegen jól alakíthatók, de kevésbé jól forgácsolhatók, 37%–50% Zn tartalom felett melegen jól alakíthatók és jól forgácsolhatók. A különleges sárgarezekben a nikkelt (Ni) és az alumínium (Al) a szilárdságot, keménységet és a szemcsefinomságot javítja, míg a mangán (Mn) és az ón (Sn) a melegszilárdságot növeli és ellenállóvá teszi a sárgarezeket a tengervízzel szemben.

Az alpakka (újezüst) 5–30% nikkelt és 13–35% cinket tartalmaz, a korrózióállósága és rugalmassága miatt alkalmas dísz tárgyak evőeszközök, membránanyagok, szilfonok készítésére is



*Jelölése:* a réz utáni betű az ötvözőre, a szám a közepes ötvöző tartalomra utal

- például az alpakka egy gyakori összetétele CuZn24Ni12, CuZn21Ni4<sup>4</sup>,
- a kupronikkel<sup>5</sup>: CuNi25

1. táblázat. A sárgarezek szilárdsági jellemzői, alkalmazása<sup>6</sup>

Az ötvözet jele	Állapot	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	A <sub>5</sub> [%]	Felhasználás
Cu öntött		60	170	40	-
CuZn5		80	220-240	52	Tombak néven ismert ötvözetek
CuZn10	L a	90	240 360	38 5	Igen jól alakíthatók, mélyhúzhatók, villamos vezetők Huzal, fémszövet, lemez, cső, rúd formájában
CuZn15		100	250	38	Mikrohullámú berendezések, televíziós láncok anyagai
CuZn20	L a	110	270 400	40 8	
CuZn30	L a	125	280 430	45 12	
Cu Zn33		130	290-310	45	Jól alakítható, nagyobb szilárdságú anyagok, pl. kondenzátor lemez, cső, kötőelemek, csavarok
CuZn37		140	330-360	47	

<sup>4</sup> A jelenlegi magyar forgalmi pénzek 1, 5 és 20 Ft-os címlete készül belőle

<sup>5</sup> A jelenlegi magyar forgalmi pénzek közül a 2, 10 és 50 Ft-os címletű érme készül belőle

(Forrás: BAKOS MIKLÓS Pénzütvözetek az ókortól napjainkig  
<http://www.termeszetvilaga.hu/szamok/tv2003/tv0305/bakos.html>)

<sup>6</sup> Könnyű és színesfémek dr. Németh Árpád dr. Éva András  
[http://www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/femek\\_technologiaja/gyakorlat/konnyu\\_szi nes\\_elok.pdf](http://www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/femek_technologiaja/gyakorlat/konnyu_szi nes_elok.pdf) (2010. 05.03)

CuZn40			400		Kopásálló anyag (Müntz ötvözet) Rúdautomatán megmunkálható
CuZn39Ni5Mn		140	380	50	Nagy szilárdságú, melegen jól alakítható ötvözet
CuZn28Sn1 CuZn36Pb2-3		160 140	350 340	50 36	Tengervízálló gépalkatrészek, kondenzátorcsövek készítésére alkalmas ötvözetek
CuZn40Al1Mn1		200	490	30	Jól forgácsolható, melegen sajtolható Nagy szilárdságú szerkezeti elemek készítésére alkalmas
CuZn37Si1					Forrasztóanyag

L – lágy; a–alakított



6. ábra. A sárgaréz alkalmazása (csap, szerelvények csőrugó)

## 2. Ónbron

Az ónbronok réz és ón ötvözetek. Felhasználásuk alapján az ónbronok lehetnek:

- **Érembronzok:** kisebb óntartalmú, jól alakítható, szilárd oldat típusú ötvözetek, például:  $\text{CuSn}_2$ ;  $\text{CuSn}_4$ . Elsősorban érmék, rugók, csavarok, huzalok készítésére használják.
- **Gépbronzok:** 6–10 % óntartalmú, jó szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező rézötvözetek, például  $\text{CuSn}_6$ ;  $\text{CuSn}_8$ . Különböző gépalkatrészek fogaskerekek, csigakerekek, szivattyúalkatrészek, armatúrák készítésére használják
- **Csapágybronz:** 10–14% óntartalmú, jó siklási tulajdonságokkal és megfelelő szilárdsággal rendelkező, jól önthető rézötvözetek, amelyeket elsősorban csapágyanyagként alkalmaznak, például  $\text{CuSn}_{12}$
- **Harangbronz, szoborbronz:** a 14%-nál nagyobb óntartalmú bronzok, amelyek csak öntéssel alakíthatók a kívánt formára

Többalkotós ónbronzok

- **Vörösötvözet (vörösfém):**  $\text{Cu-Sn-Zn}$  ötvözetek, amelyekben az ón egy részét cinkkel helyettesítik például a  $\text{CuSn}_{10}\text{Zn}_2$ . Az ónbronzoknál olcsóbb, de kevésbé terhelhető ötvözetek. Önthetőségük és korrózióállóságuk jobb az ónbronzénál
- **Foszforbronz:**  $\text{Cu-Sn-P}$  ötvözetek. A kis mennyiségű foszfor ridegebbé, keményebbé teszi az ötvözetet. Jó siklási tulajdonságú, nagy szilárdságú anyagok ezért nagy felületi terhelésnél alkalmazzuk. Önthetőségük és korrózióállóságuk jó.

### 3. Alumíniumbronz (Cu – Al)

A réz ötvözője az alumínium (5–11%), amelynek hatására a réz szilárdsága nő, korrózióállósága javul. Az alumínium tartalom növekedése 8% felett nagymértékben növeli az ötvözet szilárdságát, de a szívósság és az alakíthatóság ezzel egyidejűleg csökken.

Az alumíniumbronzok szilárdságát és hőállóságát vas, nikkel illetve mangánötvözéssel növelik. A különleges alumíniumbronzok magas hőmérsékleten is nagy szilárdságúak, melegen jól alakíthatók.

Az alumíniumbronzokat széles körben használják fel a gépiparban, például a 10% Al tartalmú ötvözetekből perselyeket, fogaskerekeket, dörzstárcsákat, tömszelencéket, dugattyúgyűrűket és csavarokat is készítenek. Korrózióállóságuk miatt az alumíniumbronzokat fel tudják használni a vízvezetékek szerelvényeihez, szivattyúk és gőzturbinák öntvényeihez és a tengerhajó alkatrészek gyártására is.

### 4. Különleges bronzok

- **A szilíciumbronzokat (Cu-Si)** az ónbronzok helyettesítésére alkalmazzák, mivel olcsóbbak, jól hegeszthetők, kopásállóak és korrózióállóak. Például  $\text{AlSi}_3$ . Alkalmazzák élelmiszeripari szerelvények, szennyvíztisztítók, füstszűrők öntött alkatrészeinek az előállítására.
- **Ólombronz:** csapágybélések anyaga (15–35% Pb)
- Villamos ellenállásanyagok: **konstantán** (réz – nikkel 60–40%), **manganin** (réz – mangán – nikkel)

2. táblázat: Bronzok szilárdsági jellemzői, alkalmazása<sup>7</sup>

ÖTVÖZET	R <sub>p0,2</sub> [MPa]	R <sub>m</sub> [MPa]	A <sub>5</sub> [%]	Felhasználás
CuSn2		300	60	Szalag, huzal, cső, érem  Öntészeti ötvözetek, armatúrák, gép és csapágybronzok, csigakerekek.
CuSn4	230	320	52	
CuSn6	250	350	60	
CuSn8		400–450	55	
CuSn10	180	200–350		
CuSn12	200	250–350	3–10	
CuSn8Zn5		200–250	4–10	
CuAl5 (ö) (s)		300 420	50 60	Szalag, huzal, cső  Öntvények (ö), sajtolt termékek (s)
CuAl10 (ö) (s)		450 550–650	30 10	
CuAl10Fe3Mn (ö)		600	12	
CuAl10Fe4Ni4 (ö)		650	10	
Cu Si3		250	20	
CuSi1Ni3		600	12	Korrózióálló, hegeszthető ötvözetek
CuPb3		60	4	Csapágyötvözetek
CuPb25Sn5		180	6–8	
CuPb12Sn10		200	8	
CuCr1		350	17	Nagyszilárdságú vezetékanyagok
CuCr1Zn		400		
CuCo1,5Ag1Be0,4		705	8	

<sup>7</sup> Könnyű és színesfémek dr. Németh Árpád dr. Éva András  
[http://www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/femek\\_technologiaja/gyakorlat/konnyu\\_szi nes\\_elok.pdf](http://www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/femek_technologiaja/gyakorlat/konnyu_szi nes_elok.pdf) (2010. 05.03)

CuBe2NiTi	900–1000	1110–1350	2,5	Igen nagy szilárdságú szalag, lemez, öntvény. Nem szikrázik
-----------	----------	-----------	-----	---

### 3. Ólom (Pb) és ötvözetei

Tulajdonságai:

- Alacsony olvadáspontú (327 °C) fém
- Nehézfém, sűrűsége 11,34 g/cm<sup>3</sup>
- Rácsterkezet: felületen középpontos köbös kristályrács
- Szürkésfehér, de levegőn gyorsan oxidálódik és sötét színűvé válik
- Nagy mennyiségben felhalmozódva az élő szervezetben mérgező hatású
- Korrózióálló és saválló, csak az oxidáló savak oldják például a salétromsav
- Kis szilárdságú ( $R_m = 10-15$  MPa)
- Képlékeny fém, kis erővel, jól alakítható, önthető
- Hegeszthető és forrasztható fém
- Sugárzás elleni védelmet biztosít

Ötvözetei:

- Fő ötvözői az antimon (Sb), ón (Sn), és az arzén (As)
- Növelik a szilárdságot és a korrózióállóságot
- *Betűfém*: ólom-ón-antimon ötvözet (Pb – Sn – Sb) régi típusú nyomdaipari gépeken alkalmazták
- *Cin*: ón-ólom (Sn-Pb) eutektikus összetételű forraszanyag (37% Pb)
- *Wood fém (71 °C)*<sup>8</sup>, *Lipowitz-fém (55°C)*: alacsony olvadáspontú bizmut – ólom – ón-kadmium ötvözet pl. lágyforrasz anyag

Előállítás:

- **Redukcióval**: az ólom ércét a galenitet (ólom-szulfid PbS) levegőn hevítik, majd a kapott ólom-oxidot koks hozzáadásával **redukálva** kapják az ólmot (pörköléses redukció), melyet a nagyobb tisztaság eléréséhez tovább finomítanak
- **Elektrolízissel**: Nagy tisztaságú ólmot (99,99%) tudnak előállítani elektrolízissel

Alkalmazása:

---

<sup>8</sup> Wood-fém készítése. A Wood-fém 4 rész ón (Tolv = 232 °C), 8 rész ólom (Tolv = 327 °C), 15 rész bizmut (Tolv = 272 °C) és 4 rész kadmium (Tolv = 321 °C) összeolvasztásával készül. Az olvasztást gázlángon, porcelántégelyben végezhetjük. A megszilárdult ötvözet olvadáspontja kb. 70 °C, így az már forró vízbe mártva is megolvad. (Forrás: <http://metal.elte.hu/~phexp/doc/hot/j7s1s8s2.htm>)

- Járművillamossági elemek: akkumulátor lemezek, saruk, csatlakozók, kábelköpenyek anyaga
- Röntgen és radioaktív sugárzás elleni védelemre ( $\gamma$  – sugarakat elnyeli)
- Lágyforraszokban (cin, Wood fém, Lipowitz fém),
- csapágyanyagokban ötvözőként
- Vegyipari tartályok bélelésére
- Csövek és kábelburkolatok készítésére
- Festégyártásban
- Üveggyártásban (ólom-oxid)
- Lőszergyártásban

#### 4. Ón (Sn) és ötvözetei

Tulajdonságai:

- Alacsony olvadáspontú, 232 °C
- Nehézfém, sűrűsége 7,28 g/cm<sup>3</sup>
- Korrózióálló és saválló
- Nem mérgező
- Kis szilárdságú ( $R_m = 15-30$  MPa)
- Képlékeny fém, kis erővel, jól alakítható, hengerelhető
- Stabil módosulata a tetragonális fehér ón (18–161° C között)
- *Ónpestis*: 18 °C alatt a fehér ón foltokban szürke ónná (gyémántrács) alakul, amely könnyen porlad, a belőle készült tárgyak tönkremennek
- *Ónzörej*: a meghajlított ónrúd jellegzetes hangja, amelyet az egymáson súrlódó kristályok okoznak

Ötvözői: ólom, arzén (As), antimon (Sb), bizmut (Bi)

Előállítás:

- Érc: kassziterit vagy ónkő ( $\text{SnO}_2$ )
- **Redukcióval**: az ónkő szénnel történő redukálásával

Alkalmazása

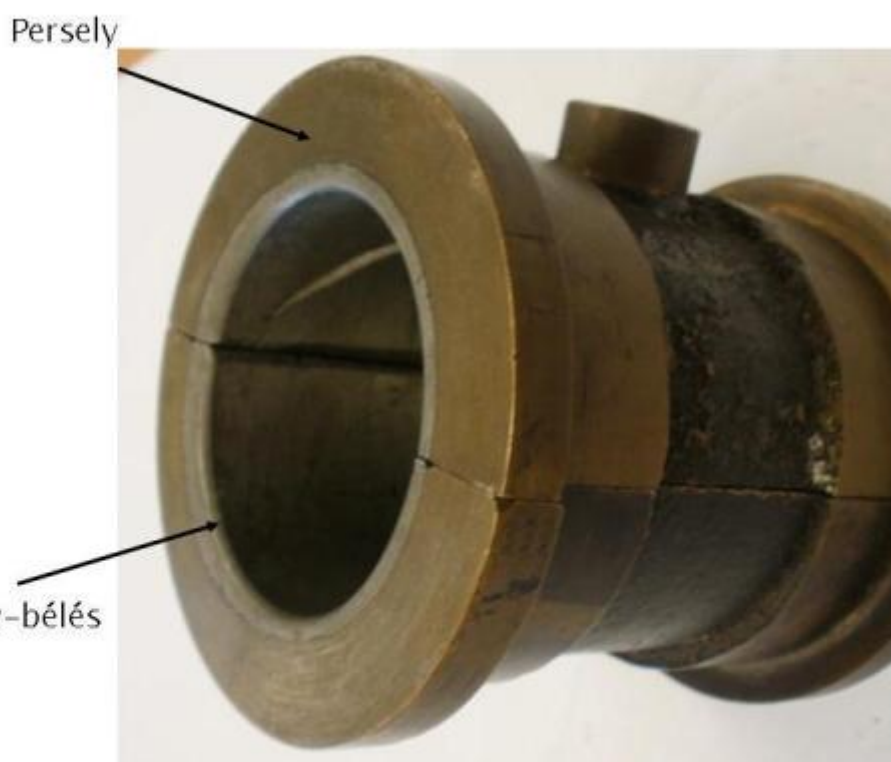
- Acéltárgyak bevonása: konzervdobozok (fehérbádog)
- Forrasztanyagok lágyforrasztáshoz: ón-ólom ötvözetek alacsony olvadáspontú eutektikus ötvözetek a cin ( $\text{Sn63Pb}$ ); Wood fém, Lipowitz fém
- Csapágyfém (fehérfém): ón, ólom, réz és antimon jól önthető ötvözetek ( $\text{Sn-Pb-Cu-Sb}$ )
- Régebben csomagolásra: sztaniol fólia



7. ábra. Az ón, ólom alkalmazása forrasztóanyagként



8. ábra: Az ón alkalmazása (fehérbádog)



9. ábra. Csúzócsapágy (sárgaréz persely, ónbélés)

## 5. Cink (Zn) és ötvözetei

10. ábra. Cink<sup>9</sup>

## Tulajdonságai:

- Hétköznapi neve a horgany
- Színe kékes–fehér árnyalatú, fémes fényű
- Alacsony olvadáspontú, 419 °C
- Nehézfém, sűrűsége 7,14 g/cm<sup>3</sup>
- Hexagonális kristályrácsú, kevésbé alakítható
- Jó villamos vezető
- Jó korrózióálló, felületi bevonatok készítésére alkalmas az emberi szervezetre nagyobb mennyiségben káros, ezért cinkkel bevont edényben nem szabad ételmiszert tartani
- Jól önthető fém, de az öntött cink kis szilárdságú, rideg anyag.
- Szakítószilárdsága ( $R_m = 120\text{--}150$  MPa)
- Kovácsolható 150–200 °C feletti hőmérsékleten, 200 °C felett rideggé, törékennyé válik

## Előállítás:

- Legfontosabb ércei: szfalerit (ZnS); cinkit (ZnO)
- oxidjának **redukciójával** (retortás eljárás), vagy sóinak **elektrolízisével**.

## Felhasználása:

- Korrózióálló bevonatok készítésére horganyzott lemez formájában
- *Szürkebádóg*: cinkkel (horgannyal) bevont vaslemez, melyet tetőfedésre, esőcsatornák, párkányok, vödörök készítésére használnak
- A villamos iparban galvánelemek elektródáiként és szárazelemek gyártásához alkalmazzák

<sup>9</sup> <http://hmika.freeweb.hu/Kemia/Html/Cink.htm>



- Ötvöző anyagként, például a réz és alumínium ötvözetekben

Ötvözetei:

- Cink-alumínium ötvözetek: Zn-Al, Zn-Al-Cu
  - A cink - alumínium (Zn-Al) ötvözetek jó szilárdságú és jól önthető anyagok, de öregedésre hajlamosak
  - A cink- alumínium-réz (Zn-Al-Cu) ötvözetek öregedési hajlama kisebb, szakítószilárdságuk  $R_m = 260-300$  MPa, a drágább rézötvözetek helyettesítésére alkalmasak

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Olvassa el az információtartalom fémek felosztásáról és a rézről szóló fejezeteit!

2. Válaszoljon a következő kérdésekre! A kérdések alapján készítsen rövid szöveges vázlatot!

- Milyen jellemezők alapján csoportosíthatjuk a fémeket?
- Melyek a gépiparban leggyakrabban használt színesfémek?
- Milyen fizikai tulajdonságai alapján alkalmazzák a vörösrezt a villamos iparban és a hőcserélőkben?
- Milyen tulajdonságai alapján alkalmazható a réz az építészetben és az épületgépészetben?
- Milyen módokon érhető el a réz szilárdságának a növekedése?

3. Nézzen utána tankönyvekben, internetes oldalakon a következő kérdéseknek!

- Hol tartják számon a világ első rézbányáját?
- Milyen szerepe lehet a réznek a gyógyászatban?
- Milyen kapcsolata van a réznek a megújuló energiákkal?
- Melyik az piramis, amely ivóvízvezetékének egy részét feltárva azt tapasztalták, hogy 5000 év után is működőképes állapotban maradt?
- Hogyan hasznosítják újra a rezet?

Keressen cikkeket újságokban és az interneten a réz antibakteriális hatásáról!

Ajánlott oldalak:

<http://www.rezinfo.hu/rez-banyaszata-kohaszata>

<http://www.rezinfo.hu/node/236>

[http://www.rezinfo.hu/files/nodes/vorosrez\\_szerepe\\_az\\_orvostudomanyban\\_091120.pdf](http://www.rezinfo.hu/files/nodes/vorosrez_szerepe_az_orvostudomanyban_091120.pdf)

<http://www.rezinfo.hu/megujulo-energia>

<http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9z>

<http://vmek.oszk.hu/01100/01199/html/altalano.htm>

<http://www.abmkupral.hu/muszaki.htm>

4. Régi épületek felújításánál gyakran előfordul, hogy rézcsövet acélcsővel, vagy horganyzott acélcsővel, vízmelegítővel kell összekötni. Ebben az esetben a réz a víz folyásirányában csak az acél után szerelhető. Miért?

5. Olvassa el a sárgarezekre vonatkozó információ tartalmát

6. Válaszoljon a következő kérdésekre! A kérdések alapján készítsen rövid szöveges vázlatot!

- Melyik fém a réz fő ötvözője a sárgarezekben és milyen tulajdonságát javítja a réznek? Indokolja meg válaszát az *1. táblázatban* szereplő adatok alapján!
- Melyek a különleges sárgarezek ötvözői? Milyen hatással vannak a sárgaréz tulajdonságaira? Indokolja meg válaszát az *1. táblázatban* szereplő adatok alapján!
- Milyen összetételű sárgarezet választana kötőelemek készítéséhez? Használja az *1. táblázatban* szereplő adatokat!
- Milyen különleges sárgarezet választana tengervíz hatásának kitett gépalkatrészek anyagául? Használja az *1. táblázatban* szereplő adatokat!

Nézzon utána tankönyvekben, internetes oldalakon a következő kérdéseknek!

- Miért nevezik a tombakot hamisaranynak?
- Mit nevezünk Pinchbeck-fémnek?

Ajánlott internetes oldalak:

<http://hmika.freeweb.hu/Lexikon/Html/Pinchbec.htm>

7. Tanulmányozza a bronzokra vonatkozó információ tartalmát! A kérdések alapján készítsen rövid szöveges vázlatot!

Válaszoljon a következő kérdésekre!

- Melyek a bronzok fő ötvözői? Milyen hatással vannak a réz tulajdonságaira?
- Sorolja fel az ónbronzoikat felhasználásuk alapján!
- Hogyan változik az ónbronzoikat szilárdsága az óntartalom növekedésével?
- Milyen összetételű ónbronzoikat választana, ha megengedett a kisebb terhelhetőség, de jobb korrózióállóságú önthető, olcsóbb anyag szükséges az adott alkatrész elkészítéséhez?
- Hogyan változtatná meg az előzőleg választott ötvözet összetételét, ha nagyobb felületi terhelhetőséget kellene biztosítani?
- Milyen ötvözőkkel növelik az alumíniumbronzoikat szilárdságát és hőállóságát?
- Hasonlítsa össze a *2. táblázat* alapján az öntött és sajtolt alumíniumbronzoikat szilárdsági tulajdonságait! Milyen összefüggés látható a táblázatban a szakítószilárdság és a nyúlás változása között?

8. Olvassa el az információ tartalom ónra, ólomra és cinkre vonatkozó fejezeteit!

Válaszoljon a kérdésekre! A kérdések alapján készítsen rövid szöveges vázlatot!

- Milyen kémiai tulajdonsága alapján tudják alkalmazni az ólmot vegyipari tartályok bélelésére?
- Milyen fizikai tulajdonsága alapján tudják alkalmazni az ólmot forraszanyagok ötvözőelemeként?
- Milyen tulajdonságai alapján alkalmazható az ólom és az ón a csapágyanyagok készítésére? Milyen összetételűek a fehérfémek?
- Mit jelent az "ónzörej" kifejezés?
- Mi a különbség a fehér és a szürkebádog között összetételben és felhasználásban?
- Milyen kristályszerkezetű fém a cink? Milyen technológiával alakítható a legjobban?
- Melyek a cink fő ötvözői? Hogyan befolyásolják a színesfém tulajdonságait?

Nézzon utána:

- Hogyan és mikor fedezték fel és miről nevezték el az ólmot?
- Hogyan és mikor fedezték fel az ónt?
- Az 1867-68 nagyon kemény telén a szentpétervári vámházban tárolt óntömbök tavaszra szürke porhalmokká változtak. Miért? Hogyan lehetett volna elkerülni a porladást?
- Hogyan állítják elő ipari mennyiségben a cinket?
- Milyen összetételű és tömegű öntött színesfém tömböket hoznak forgalomba az öntödék?

Ajánlott internetes oldalak:

<http://hmika.freeweb.hu/Kemia/Html/Cink.htm>

[http://www.mtgfemonto.hu/term\\_olommentes\\_forraszanyag.php](http://www.mtgfemonto.hu/term_olommentes_forraszanyag.php)

<http://www.kfki.hu/chemonet/hun/tudakozo/szavak/on.html>

*Oldja meg az önellenőrző feladatokat! Ellenőrizze válaszainak helyességét a megoldásban! Több hibás válasz esetén olvassa el ismét a szakmai információtartalom vonatkozó fejezeteit!*

**ÖNELLENŐRZŐ FELADATLAP****1. feladat**

Válassza ki a következő fémek közül a kizárólag színesfémeket tartalmazó csoportot!

- a) Cu, AL, Zn
- b) Mg, AL, Cu
- c) Sn, Pb, Zn

\_\_\_\_\_

**2. feladat**

Milyen színű az elektrolitréz? Írja a helyes válasz betűjelét a vonalra!

- a) Szürke
- b) Vörös
- c) Sárga

\_\_\_\_\_

**3. feladat**

Melyik állítás vonatkozik a rézre? Írja a helyes válasz betűjelét a vonalra!

- a) Nem korrózióálló, mert nincs összefüggő oxidréteg a felületén
- b) Nehezen önthető, mert sűrűn folyó
- c) Elsősorban szerkezeti anyagként alkalmazzák

\_\_\_\_\_

**4. feladat**

Válassza ki a sárgarezekre jellemző tulajdonságokat! Írja a helyes válaszok betűjelét a vonalra!

- a) Elsősorban az elektronikában alkalmazhatók
- b) Szilárdsága nagyobb, mint az alapfémé
- c) 20% ötvöző tartalomig hidegen is jól alakítható
- d) Vezetőképessége jobb az alapfém vezetőképességénél

\_\_\_\_\_

**5. feladat**

Állítsd növekvő sorrendbe olvadáspontjuk alapján a következő fémeket!

horgany, ólom, ón, réz.

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_ 3

**6. feladat**

Párosítsa az ötvözeteket az összetételükkel! Írja az összetartozó betűjeleket a vonalra!

- a) Alumíniumbronz
- b) Sárgaréz
- c) tombak
- d) Vörösötvözet
- e) alpakka
- f) érembronz
- g) foszforbronz
- h) Ólombronz

- A) CuNiZn
- B) CuSn8Zn5
- C) CuAl5
- D) CuZn40
- E) CuPb3
- F) CuZn20
- G) CuSn3
- H) CuSnP

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

c \_\_\_\_\_

d \_\_\_\_\_

e \_\_\_\_\_

f \_\_\_\_\_

### 7. feladat

Mit jelent az "ónpestis" kifejezés? Írja a helyes válaszok betűjelét a vonalra!

- a) Az ón hidegalakításakor keletkező jellegzetes hang
- b) Az ón melegalakításakor létrejövő porladás
- c) Az ón 18 °C alatt a fehér ón foltokban szürke ónná (gyémántrács) alakul, amely könnyen porlad

\_\_\_\_\_

### 8. feladat

Melyik fémet választaná a következő alkalmazásokhoz? Írja a választott fém vegyjelét vagy vegyjeleit az alkalmazások mellé!

Járművillamossági elemek: akkumulátor lemezek, saruk, csatlakozók, kábelköpenyek anyagaként \_\_\_\_\_

Csapágyanyagokban ötvözőként \_\_\_\_\_

Konzervdobozok anyagának készítésére \_\_\_\_\_

Lágyforrasz anyagokhoz (Wood fém): \_\_\_\_\_

Galvánelemek elektródáinak készítéséhez \_\_\_\_\_

Röntgen és radioaktív sugárzás elleni védelemre \_\_\_\_\_

Szürkebádóg készítésére esőcsatornákhöz: \_\_\_\_\_

Vegyipari tartályok bélelésére \_\_\_\_\_

## MEGOLDÁSOK

### 1. feladat

c) Sn, Pb, Zn

### 2. feladat

b) Vörös

### 3. feladat

b) Nehezen önthető, mert sűrűn folyó

### 4. feladat

b) Szilárdsága nagyobb, mint az alapfémé

c) 20% ötvöző tartalomig hidegen is jól alakítható

### 5. feladat

1. ón; 2. ólom; 3. horgany; 4. réz

### 6. feladat

a-C; b-D; c-F; d-B; e-A; f-G; g-H; h-E

### 7. feladat

c) Az ón 18 °C alatt a fehér ón foltokban szürke ónná (gyémántrács) alakul, amely könnyen porlad

### 8. feladat

Járművillamossági elemek: akkumulátor lemezek, saruk, csatlakozók, kábelköpenyek anyagaként **ólom** \_\_\_\_\_

Csapágyanyagokban ötvözőként: **ólom, ón** \_\_\_\_\_

Konzervdobozok anyagának készítésére: **ón** \_\_\_\_\_

Lágyforrasz anyagokhoz (Wood fém): **ólom, ón** \_\_\_\_\_

Galvánelemek elektródáinak készítéséhez: **cink** \_\_\_\_\_

Röntgen és radioaktív sugárzás elleni védelemre: **ólom** \_\_\_\_\_

Szürkebádog készítésére esőcsatornákhöz: **cink** \_\_\_\_\_

Vegyipari tartályok bélelésére: **ólom**

MUNKANYAG



## KÖNNYŰFÉMEK ÉS ÖTVÖZETEK

### 1. Az alumínium (Al)

Az alumínium az oxigén és a szilícium után a földkéreg harmadik leggyakoribb eleme, a periódusos rendszer harmadik főcsoportjában helyezkedik. Hagyományos kohósító eljárásokkal nem állítható elő, így csak a XIX. század vége felé (1886) oldódott meg ipari méretű előállítása elektrolízis útján.

Lépései:

- A bauxit timfölddé alakítása (Bayer eljárás):
  - Magas hőmérsékleten nátronlúggal (NaOH) kioldják az alumíniumvegyületeket
  - A keletkezett aluminátlúgot ülepítéssel szétválasztják a fel nem oldott vörösiszaptól (színét a vas-oxidtól kapta).
  - Az oldatból hűtéssel kiválasztják az alumínium-hidroxidot
  - Szűrik, majd csökemencében izzítva timfölddé alakítják
- A timföld elektrolízise (Hall – Heroult eljárás)
  - A timföldet ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) az olvadáspont csökkentése céljából kriolittal ( $\text{Na}_3\text{AlF}_6$ ) keverik ( $2050\text{ °C}$ -ról  $\sim 1000\text{ °C}$  alá)
  - Elektrolízissel a timföldet alumíniummá (kohóalumínium) redukálják, ennek tisztasága  $\sim 99,5\%$ - $99,7\%$ -os
  - a kohóalumínium további tisztítása elektrolízissel történhet pl. négykilences alumínium ( $99,99\%$ ) Ez a művelet igen energiaigényes: 1 kg kohóalumínium előállításához 20 kWh, 1 kg nagy tisztaságú alumíniumhoz pedig 39-40 kWh villamos energia szükséges

Fizikai tulajdonságok:

- Színe ezüstfehér, porrá törve szürkévé válik
- Alacsony olvadáspontú fém  $660\text{ °C}$
- Könnyűfém, sűrűsége  $2700\text{ kg/m}^3$  ( $2,7\text{ kg/dm}^3$ )
- Kiváló villamos és hővezető (az ezüst, réz, arany után a negyedik legjobb vezetőanyag) villamos vezetőképessége  $\sim 2/3$ -a a rézének
- Az alumínium fényvisszaverő képessége is igen jó, ami alkalmassá teszi például fényszóróbetétek, tükrök, díszítőelemek készítésére
- Nem mágnesezhető
- Lapközepes köbös rácsszerkezetű fém

Kémiai tulajdonságok:

- Amfoter jellegű, ebből következik, hogy lúgok és híg savak oldják alumínátok, illetve alumínium-sók képződése közben

- Nagy az affinitása az oxigénhez, a levegő oxigénjével gyorsan reagál, korrózióállóságát a felületén lévő vékony, összefüggő, magas olvadáspontú oxidrétegnek ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ) köszönheti
- Az alumíniumtermékeken a védő oxidréteget mesterségesen növelik (eloxálás).
- Környezetbarát fém, mivel 100%-ban visszanyerhető
- Az alumínium oxidja az  $\text{Al}_2\text{O}_3$ , amely több anyag fő alkotója:
  - korund<sup>10</sup> a **Mohs skálán** a gyémánt után a második legkeményebb anyag (9-es keménységű a 10-es fokozatú skálán) melynek olvadáspontja 2053 C
  - timföld, amely az alumíniumgyártás félterméke

#### Mechanikai tulajdonságok:

- Kis szilárdságú, lágy fém, szilárdságát ötvözéssel, alakítással és hőkezeléssel javítják
- Szakítószilárdsága tisztaságától függően  $R_m = 40\text{--}100\text{ MPa}$ ,  $R_{p0,2} = 20 - 60\text{ MPa}$  kontrakciója  $Z = 90\%$

#### Technológiai tulajdonságok:

- Hidegen és melegen is Jól alakítható, hengerelhető, nyújtható
- Igen jól ötvözhető, ötvözeteit alakítással vagy öntészeti úton dolgozzák fel.
- A színalumínium mind ömlesztő-, mind sajtolóhegesztéssel kiválóan hegeszthető. Hegesztésekor azonban figyelembe kell venni, a következőket:
  - Színfém, tehát egyetlen hőmérsékleten olvad és dermed
  - olvadt állapotában elnyeli a hidrogént
  - nagy az oxigén iránti affinitása; az alumínium-oxid olvadáspontja magas
  - jó hővezető képessége miatt nagyobb hőhatásra van szükség
- Az alumíniumötvözetek hegeszthetősége az ötvözők mennyiségétől függ
- A színalumínium szilárdsági, öntészeti tulajdonságai nem megfelelőek, ezért ritkán készítenek belőle alakos öntvényeket, az öntészeti tulajdonságok javítására mangánt és szilíciumot alkalmaznak

#### Az alumínium felhasználása:

- A melegen és hidegen hengerelt alumíniumlemezek felhasználási lehetőségei rendkívül sokrétűek, ami főleg a kis tömeggel, a jó korrózióállósággal, a jó felületi minőséggel, valamint a megfelelő mechanikai tulajdonságokkal indokolható. Alkalmazza a lemezeket repülőgépipar, autóipar, de mélyhúzóhatóságuk miatt felhasználhatók edények, gázpalackok, tartályok gyártására is.
- Hengereléssel vékony (0,006–0,01mm) fólia is előállítható, melyet elsősorban az elektrotechnikai és a csomagoló ipar hasznosít

<sup>10</sup> A korund az oxidok és hidroxidok osztályába tartozó ásványfaj. A vegyileg tiszta korund színtelen és áttetsző, de szennyeződések hatására elszíneződhet: vörös színű változata a rubin, kék változata a zafír, narancssárga változata pedig a padparadsa. (<http://hu.wikipedia.org/wiki/Korund>)

- Sokféle bonyolult alakú, nyitott és zárt profil sajtolható belőle kifogástalan felületi minőséggel. Ezek a profilok felületkezelés nélkül felhasználhatók az építőiparban, a járműiparban, a gépiparban is.
- Hidegfolytatással vékonyfalú dobozok, tubusok előállítására is alkalmas



11. ábra. Az alumínium alkalmazása

## 2. Az alumínium ötvözetek

Az alumínium főbb ötvözőelemei a réz (Cu) a magnézium (Mg), a szilícium (Si), valamint a mangán (Mn) és a cink (Zn). Az ötvözők növelik a színalumínium szilárdságát, de csökkentik az olvadás pontját, az hő és villamos vezetőképességét

Az ötvözeteket szokás az összetételük és az alakíthatóságuk szerint csoportosítani

Összetételük szerint megkülönböztetünk:

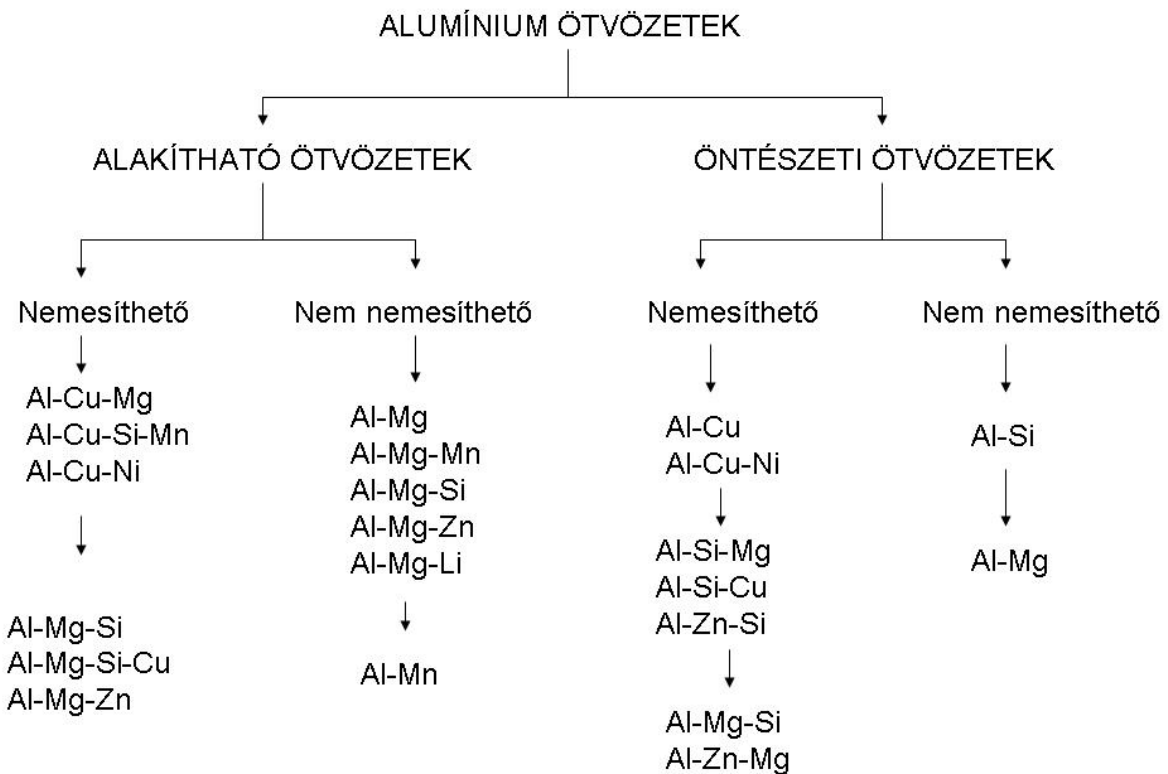
- **DURAL** (Al – Cu) ötvözetek
- **HIDRONÁLIUM** (Al – Mg) ötvözetek
- **SZILUMIN** (Al – Si) ötvözetek

Alakíthatóságuk alapján:

- **ALAKÍTHATÓ** alumíniumötvözeteket
- **ÖNTÉSZETI** alumíniumötvözeteket

Hőkezelhetőségük alapján:

- **NEMESÍTHETŐ** alumíniumötvözeteket
- **NEM NEMESÍTHETŐ** alumíniumötvözeteket



12. ábra. Az Al – ötvözetek felosztása

**Dural (Al-Cu) ötvözetek jellemzői:**

- Nem korrózióállóak, ezért a dural lemezeket gyakran plattírozzák<sup>11</sup>
- Nemesíthetők

<sup>11</sup> Két oldalról tiszta alumíniumból hengerelt lemezzel borítják

- Közepes szilárdságúak (nemesített állapotban  $R = 300\text{--}400\text{ MPa}$ )
- Jó technológiai tulajdonságok:
  - Melegen alakíthatók
  - Jól forgácsolhatók
- Nehezen önthetők
- Szerkezeti anyagként használatosak

Többalkotós ötvözetei:

- **Al-Cu-Si** ötvözetek: ~4%-os réztartalmú, nagy szilárdságú ötvözetek, a szilícium tartalom növekedésével kokillába is önthető
- **Al-Cu-Mg** ötvözetek: a magnézium ötvözés hatására nagyobb szilárdságú, önnemesedő ötvözetek. A 4% Cu és 1,5% Mg tartalmú ötvözetek hőállósága miatt alkalmasak nagy hőmérsékleteken igénybevett alkatrészek öntésére.
- **Al-Cu-Ni-(Mg)** ötvözetek (Y-fém vagy Y-ötvözet néven ismert) melegen is nagy szilárdságú, jól önthető, dugattyúk készítésére is használják.
- **Al-Cu-Zn -Mg** ötvözetek: (szuperduralumínium) a legnagyobb szilárdságú alumínium ötvözetek, de korrózióállóságuk nem megfelelő

**Hidronárium (Al-Mg ) ötvözetek:**

- Nem nemesíthető, közepes szilárdságú ötvözetek
- A magnéziumötvözés növeli az alumínium szilárdságát és keménységét, de a nyúlás értékét jelentősen csökkenti
- Jól forgácsolhatók
- A kisebb Mg-tartalmú ötvözetek
  - képlékenyek, hidegen is jól alakíthatók
  - jól önthetők,
  - fényesíthetők, fényes felületüket sokáig megőrzik
  - hegeszthetők.
- Felhasználhatók benzin- és olajcsővezetékek, tartályok készítésére, lemezalakban vasúti kocsik, helyiségek elválasztó falaihoz.

Többalkotós ötvözetei:

- **Al-Mg-Si** ötvözetek:(Mg 0,3–1,5%, Si 0,2–1,55, Mn 0,0–1,5%)
  - Nemesíthető ötvözetek. Nemesítéskor a keménység növekedését előidéző fázis  $\text{Mg}_2\text{Si}$  vegyület. Megeresztésük hőmérséklete  $150\text{--}200^\circ\text{C}$ .
  - Korrózióállóságuk jobb, mint a dural (Al-Cu) ötvözeteké.
  - $\text{Mg}+\text{Si}<1\%$  összetételű ötvözetek(Aludur, Aldrey ötvözetek) nemesítés után kisebb szilárdságúak, de jó a villamos vezetőképességük
  - $\text{Mg}+\text{Si}>1\%$  összetételű ötvözetek nagyobb szilárdságúak, jó korrózióállóak, de villamos vezetőképességük rosszabb. Például:  $\text{AlMg1Si1Mn}$  ötvözetek (Antikorrodál)
- **Al-Mg-Mn** ötvözetek: (1–2% Mn-t, 1,5–2,5% Mg)
  - közepes szilárdságú, korrózióálló ötvözetek

**Szilumin (Al-Si) ötvözetek:**

- A szilícium nagymértékben javítja az alumínium öntészeti tulajdonságait, eutektikus összetételük ~11,7% Si, tartalomnál van
- Homokba és kokillába kiválóan önthetők
- Öntött állapotban szakítószilárdságuk  $R_m = 170-260$  MPa
- Képlékenyen nem alakíthatók, nem nemesíthetők
- Jól hegeszthetők

Többszörös ötvözetek:

- **Al-Si-Cu** (szilumin  $\beta$ ) ötvözetek
  - Jól forgácsolható,
  - nem korrózióálló
- **Al-Si-Mg** (szilumin- $\gamma$ ) ötvözetek
  - Nemesíthető
  - Nagy szilárdságú

#### Al-Mn ötvözetek:

- kitűnő korrózióállóság jellemzi
- Képlékenyek, hidegen jól alakítható ötvözetek
- Villamos vezetőképességük jóval kisebb, mint a tiszta alumíniumé
- Nem nemesíthető, közepes szilárdságú
- Jól önthető
- Hegeszthető, folyékony és gáznemű anyagok hegesztett tartályaihoz jól használhatók

#### Alakítható alumínium ötvözetek

Az alakítás célja a geometriai alak és méret létrehozás mellett a mechanikai tulajdonságok javítása (szilárdság növelése) és az öntvények durva szemcseszerkezetének a finomítása. Az alakítható alumíniumötvözetek fő ötvözői a réz, a mangán és a magnézium, mivel ezek a fémek az alumíniummal szilárd oldatokat alkotnak.

Az alakítható alumínium ötvözetek szabványos jelölése: **EN AW**

- Vegyi összetételre utaló jelölés: az alumínium utáni betű az ötvözőre, a szám a közepes ötvöző tartalomra utal például: AW-AlCu2,5Mg
- Számjeles jelölés:
  - Al-Cu ötvözetek: AW 2000-es sorozat
  - Al-Mn ötvözetek: AW 3000-es sorozat
  - Al-Mg ötvözetek: AW 5000-es sorozat
 Például: AW-5019 [Aw-AlMg5]<sup>12</sup>

#### Önthető alumínium ötvözetek:

<sup>12</sup> Dr. Bagyinszki Gyula-Dr. Kovács Mihály Gépipari alapanyagok és félkész gyártmányok ANYAGISMERET, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2001

Az öntészeti ötvözetek általában eutektikus, vagy az eutektikus összetételhez közelálló ötvözetek. Olvadáspontjuk alacsony, egy adott hőfokon vagy kis hőfokhatárok között dermednek meg, ezért a zsugorodási tényezőjük is kicsi, formakitöltésük jó. Egyes öntészeti alumíniumötvözetek szakítószilárdsága nemesítés után eléri a 400 MPa is, százalékos nyúlása pedig 8–10%-ot. Az iparban használatos öntészeti alumíniumötvözetek fő ötvözői a szilícium (Al–Si), réz (Al–Cu), magnézium (Al–Mg) és a cink (Al–Zn)

Az önthető alumínium ötvözetek szabványos jelölése: **EN AC**

- Vegyi összetételre utaló jelölés: az alumínium utáni betű az ötvözőre, a szám a közepes ötvöző tartalomra utal például: AC–AlSi12
- Számjeles jelölés:
  - Al–Cu ötvözetek: AC 20000-es sorozat
  - Al–Si ötvözetek: AC 40000-es sorozat
  - Al–Mg ötvözetek: AC 50000-es sorozat
  - Al–Zn ötvözetek: AC 70000-es sorozat

Például: AC–44300 jelölés vegyjelöléssel AC–AlSi12 (Fe)<sup>13</sup>

### Az alumínium ötvözetek hőkezelése

Az alakítható alumínium ötvözetek nemesítésének a célja a szilárdság növelése a nyúlás csökkenése nélkül

Műveletei:

- **Oldó izzítás:**
    - hevítés 500–550°C-ra: szilárdoldattá alakulás
    - hőntartás
    - gyors hűtés: túltelített szilárd oldat keletkezik, az ötvözők nem tudnak kiválni a szilárd oldatból
  - **Kikeményítő megeresztés:**
    - hevítés 100–160°C-ra
    - hőntartás
    - lassú hűtés: az ötvözők kiválása finom eloszlásban, keménység és szilárdság növekedés
- Önnemesedés:** a kiválás szobahőmérsékleten következik be, pl. az Al–Cu–Mg ötvözetek szobahőmérsékleten való 1–2 napos pihentetés után is keményednek, nemesednek

### 3. Magnézium (Mg)

---

<sup>13</sup> Dr. Bagyinszki Gyula – Dr. Kovács Mihály Gépipari alanyagok és félkész gyártmányok ANYAGISMERET, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2001

## Tulajdonságai:

- Olvadáspontja az alumíniuméhoz hasonlóan alacsony: 650 °C
- Könnyűfém, sűrűsége kisebb az alumíniuménál is és kb. negyede az acélénak(1,8 g/cm<sup>3</sup>)
- Nem korrózióálló
- Meggyújtva vakító lánggal ég el
- Hexagonális rácsszerkezetű, hidegen nehezen alakítható, de ötvözéssel javítható az alakíthatósága
- Kis szilárdságú fém,  $R_m \sim 110$  MPa öntött állapotban
- Jól forgácsolható, nem tapad a szerszámhoz, a forgácsolását szárazon célszerű végezni
- Gyúlékony fém, ezért alakításkor pl. köszörüléskor ezt figyelembe kell venni
- jól önthető, de öntésekor az oxigénhez való nagy affinitása miatt fedősót kell alkalmazni

## Ötvözetei:

Elektron néven is ismertek, leggyakoribb ötvözői: alumínium (Al) cink (Zn), mangán (Mn)

- Mg-Al ötvözetek: alumínium: növeli az ötvözet szilárdságát
- Mg-Al-Zn ötvözetek: a cink szintén növeli a szilárdságot
- Mg-Al-Zn-Mn: a mangán: korrózióállóvá teszi az ötvözetet
- 3-6% Al: alakítható elektron ötvözetek
- 6-9% Al: önthető elektron ötvözetek
- Kis sűrűségű ötvözetek
- Jó ütésállóság, méretállandóság jellemzi
- forgácsolhatóak

## Alkalmazása:

- A tiszta magnéziumot rácsszerkezet, rossz alakíthatósága és gyúlékonysága miatt elsősorban ötvöző anyagként használják
- Ötvözeteit alkalmazzák a járműiparban, repülőgépek, úrhajók, műholdak gyártásánál
- Autóiparban pl. magnézium alapú motorblokkok készítésre
- Kamerák, fényképezőgépek, mobiltelefonok, számítógépek fémvázai készülnek belőle
- Bonyolult, vékonyfalú öntvények gyártásánál is alkalmazzák

## 4. Titán

- Olvadáspontja magas: 1668 °C
- Az acélnál könnyebb, de az alumíniumnál nehezebb fém, sűrűsége 4,5 g/cm<sup>3</sup>
- Nem mágnesezhető
- Korrózióállósága a felületén kialakuló tömör oxidréteg miatt (TiO<sub>2</sub>) jó, a szerves savaknak és a tengervíznek is ellenáll
- Nem érzékeny a hőmérsékletváltozásokra



- Rácsszerkezete: 882,5° C-ig hexagonális ( $\alpha$ -titán), felette térben középpontos köbös szerkezetű ( $\beta$ -titán)
- Szilárdsága az alumíniumnál és a réznél nagyobb,  $R_m = 300 - 740$  MPa, amely ötvözéssel és hőkezeléssel tovább növelhető, nyúlása  $A = 15-30$  %<sup>14</sup>
- Kevésbé jól alakítható, nehezen forgácsolható

Ötvözetei:

- Leggyakoribb ötvözői: alumínium (Al), vanádium (V), ón (Sn), de ötvözik molibdénnel (Mo) és krómmal (Cr) is.
- Nagy szilárdságú ötvözetek szilárdságukat 480–500 °C-ig megtartják (melegszilárdság)
- korrózióállóak
- hegeszthetőek

*Jelölésük:* a titán utáni betű az ötvözőre, a szám a közepes ötvöző tartalomra utal, például: TiAl6V4, TiAl5Sn2

Alkalmazása:

- Vegyipari berendezésekben, hajóiparban
- Készülékek, műszerek, mérőeszközök anyagaként
- Könnyűszerkezetek gyártásánál
- Repülőgépiparban, űrhajózásban
- Szerelvények gyártásánál
- Egészségügyi implantátumok előállítására

## TANULÁSIRÁNYÍTÓ

1. Olvassa el az alumíniumra és ötvözeteire vonatkozó információtartalmat!

Válaszoljon a következő kérdésekre! Írjon rövid vázlatot a kérdések alapján!

- Mi biztosítja az alumínium korrózióállóságát?
- Miből állítják elő az alumíniumot? Milyen eljárásokkal?
- Miért nem lehet előállítani kizárólag redukcióval?
- Mit jelent az alumínium amfoter jellege?
- Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk az alumíniumot fényszóróbetétek, tükrök előállításához?

---

<sup>14</sup> Dr. Bagyinszki Gyula – Dr. Kovács Mihály Gépipari alapanyagok és félkész gyártmányok ANYAGISMERET, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2001

- Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk az alumíniumot a járműiparban és a repülőgépiparban?
- Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk az alumíniumot az építőiparban?
- Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk az alumíniumot a villamosiparban?
- Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk az alumíniumot a csomagolóiparban?
- Milyen tulajdonsága nehezíti az alumínium öntését és hegesztését?
- Melyek a jól alakítható alumíniumötvözetek? Hogyan jelöli a szabvány ezeket az ötvözeteket?
- Melyek a jól önthető alumíniumötvözetek? Hogyan jelöli a szabvány ezeket az ötvözeteket?
- Hogyan nemesíthetők az alumíniumötvözetek? Mi a nemesítés célja ezeknél az ötvözeteknél?
- Mit értünk önnemesedő alumíniumötvözeteken?

Nézzen utána tankönyveiben vagy az interneten!

- Mi a termithegesztés lényege? Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk az alumíniumot termiteljárásoknál?
- Melyek a jó önthetőség feltételei?
- Mit jelent az ötvözeteknél az eutektikus összetétel?
- Hogyan történik az alumínium újrahasznosítása?

Igazak-e következő állítások?

- A színalumínium és az alumíniumötvözetek ára többszöröse az acélok árának
- Az oxigén és a szilícium után az alumínium a földkéreg harmadik leggyakoribb eleme.
- Az öntészeti ötvözetek általában eutektikus, vagy az eutektikus összetételhez közelálló ötvözetek

Keressen a gyártók katalógusaiban példákat az alumíniumötvözetek jelölésére és alkalmazására!

Ajánlott internetes oldalak:

<http://hu.wikipedia.org/wiki/Bauxit>

[http://gtk.wigner.bme.hu/jegyzet/jegyzetmm/Anyagismeret/Aluminium\\_es\\_otvozetei.doc](http://gtk.wigner.bme.hu/jegyzet/jegyzetmm/Anyagismeret/Aluminium_es_otvozetei.doc)

[http://www.protoolkft.hu/Protool\\_katalogusok/amg/aluminium.pdf](http://www.protoolkft.hu/Protool_katalogusok/amg/aluminium.pdf)

[http://www.wasteproject.eu/FILE/hulladegzaldalkodas\\_modul\\_2.ppt#304,48,48.dia](http://www.wasteproject.eu/FILE/hulladegzaldalkodas_modul_2.ppt#304,48,48.dia)

3. Olvassa el a magnéziumra vonatkozó információtartalmat!

Válaszoljon a következő kérdésekre! ! Írjon rövid vázlatot a kérdések alapján!

- Miért nem alkalmazzák a színesfém magnéziumot szerkezeti anyagként?
- Miért forgácsolható jobban a magnézium a z alumíniumnál?

- Hol okozhat gondot a magnézium gyúlékonysága?
- Miért nem alakítható jól a magnézium? Hogyan javítható az alakíthatósága?
- Melyek a magnézium fő ötvözői?
- Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk a magnéziumötvözeteket a járműiparban a sport és versenykocsik kerekeinek készítéséhez?
- Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk a magnéziumötvözeteket a repülőgépek űrhajók gyártásánál?

4. Olvassa el a titánra vonatkozó információ tartalmát!

Válaszoljon a következő kérdésekre! Írjon rövid vázlatot a kérdések alapján!

- Melyik három alapvető tulajdonsága miatt tekinthető a gépipar számára a titán az "ideális" fémnek?
- Miért alakítható és forgácsolható nehezen a titán?
- Melyek a titán fő ötvözői?
- Milyen összetételű az TiAl6V4 jelű ötvözetet?
- Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk a titánt vegyipari berendezésekben és a hajóiparban?
- Milyen tulajdonsága alapján alkalmazhatjuk a titánt a repülőgépiparban és az űrhajók gyártásánál?

Nézzzen utána tankönyveiben vagy az interneten!

- Milyen ércből és hogyan állítják elő a titánt?
- Mi a titánium? Van-e köze a titánhoz?

Ajánlott internetes oldalak:

<http://sdt.sulinet.hu/Player/default.aspx?g=bc5ed275-acc1-434e-b7a0-cee6c4099eca&cid=794a8922-7ae6-45d0-9c88-94fb196bb972>

[http://h2so4.blog.hu/2007/07/08/szodium\\_es\\_titanium](http://h2so4.blog.hu/2007/07/08/szodium_es_titanium)

<http://ekszer.chuny.hu/alapanyagok/titanium-avagy-titan>

*Oldja meg az önellenőrző feladatokat! Ellenőrizze válaszainak helyességét a megoldásban! Több hibás válasz esetén olvassa el ismét a szakmai információ tartalom vonatkozó fejezeteit!*

**ÖNELLENŐRZŐ FELADATOK****1. feladat**

Válassza ki a következő fémek közül a kizárólag könnyűfémeket tartalmazó csoportot!

- a) Mg, AL, Cu
- b) Mg, AL, Ti
- c) Al, Pb, Ti

\_\_\_\_\_

**2. feladat**

Melyik fémnek a legkisebb a sűrűsége? Írja a helyes válasz betűjelét a vonalra!

- a) Al
- b) Mg
- c) Ti

\_\_\_\_\_

**3. feladat**

Melyik ötvözetre vonatkoznak a következő tulajdonságok? Írja a helyes válasz betűjelét a vonalra!

Nem korrózióállóak, nemesíthetők, melegen és hidegen is alakíthatók, jól forgácsolhatók, nehezen önthetők

- a) Al-Cu
- b) Al-Mg
- c) Al-Si

\_\_\_\_\_

**4. feladat**

Válassza ki a titánra jellemző tulajdonságokat! Írja a helyes válaszok betűjelét a vonalra!

- a) Szilárdsága az alumíniumnál és a réznél nagyobb
- b) Nem korrózióálló
- c) Hexagonális rácsszerkezete ellenére alakítható, de nehezen forgácsolható
- d) Fő ötvözői az alumínium és a vanádium
- e) Mágnesezhető fém

\_\_\_\_\_

**5. feladat**

Állítsa növekvő sorrendbe olvadáspontjuk alapján a következő fémeket!

alumínium, réz, magnézium, titán, ólom, ón, cink

1. \_\_\_\_\_

2. \_\_\_\_\_

3. \_\_\_\_\_

4. \_\_\_\_\_

5. \_\_\_\_\_

**6. feladat**

Párosítsa az ötvözeteket az összetételükkel! Írja az összetartozó betűjeleket a táblázatba!

- |                    |             |
|--------------------|-------------|
| a) Dural           | A) Al-Si    |
| b) Y-ötvözet       | B) Al-Mg    |
| c) Aldrey ötvözete | C) Al-Cu    |
| d) Szilumin        | D) Al-Mg-Si |
| e) Hidronáium      | E) Al-Cu-Ni |
| 36                 | F) Mg-Al    |

f) Elektron ötvözetek

a \_\_\_\_\_

b \_\_\_\_\_

c \_\_\_\_\_

d \_\_\_\_\_

e \_\_\_\_\_

f \_\_\_\_\_

**7. feladat**

Mit jelent az alumínium ötvözetek esetén az "önnemesedés"? Írja a helyes válasz betűjelét a vonalra!

- a) Az Al-Cu-Mg ötvözetek oldó izzítása után az ötvözők finomeloszlású kiválása már szobahőmérsékleten is bekövetkezik
- b) Az Al-Cu-Mg ötvözetekben az ötvözők finomeloszlású kiválása oldó izzítás nélkül is bekövetkezik
- c) Az Al-Cu-Mg ötvözetek oldó izzítása után az ötvözők finomeloszlású kiválása már 100-160 C-ra felhevítve és lassan hűtve is bekövetkezik

\_\_\_\_\_

**8. feladat**

Melyik könnyűfémet vagy ötvözetét választaná a következő alkalmazásokhoz? Írja a választott fém vagy ötvözet vegyjelét vagy vegyjeleit az alkalmazások mellé!

Al, Mg, Ti, Al-Mg, Al- Mn, Al-Cu-Mg, Al-Cu-Ni

Folyékony és gáznemű anyagok hegesztett tartályaihoz: \_\_\_\_\_

Bonyolult alakú, nyitott és zárt sajtolt profil készítéséhez: \_\_\_\_\_

Benzin- és olajcsővezetékek, tartályok készítésére: \_\_\_\_\_

Nagy hőmérsékleteken igénybevett alkatrészek öntésére: \_\_\_\_\_

Esőcsatornák készítéséhez: Al \_\_\_\_\_

Nagy szilárdságú, jól önthető anyag dugattyúk készítéséhez: \_\_\_\_\_

Autóiparban egészen kis tömegű motorblokkok készítésére: \_\_\_\_\_

Vegyipari berendezések készítéséhez: \_\_\_\_\_

**MEGOLDÁSOK****1. feladat**

b) Mg, AL, Ti

**2. feladat**

b) Mg

**3. feladat**

a) Al-Cu

**4. feladat**

- a) Szilárdsága az alumíniumnál és a réznél nagyobb
- c) Hexagonális rácsszerkezete ellenére alakítható, de nehezen forgácsolható
- d) Fő ötvözői az alumínium és a vanádium

**5. feladat**

1. ón
2. ólom
3. cink
4. magnézium
5. alumínium
6. réz
7. titán

**6. feladat**

a	C
b	E
c	D
d	A
e	B
f	F



**7. feladat**

a) Az Al-Cu-Mg ötvözetek oldó izzítása után az ötvözők finomeloszlású kiválása már szobahőmérsékleten is bekövetkezik

**8. feladat**

Folyékony és gáznemű anyagok hegesztett tartályaihoz: **Al-Mn** \_\_\_\_\_

Bonyolult alakú, nyitott és zárt sajtolt profil készítéséhez: **Al** \_\_\_\_\_

Benzin- és olajcsővezetékek, tartályok készítésére: **Al-Mg** \_\_\_\_\_

Nagy hőmérsékleteken igénybevett alkatrészek öntésére: **Al-Cu-Mg** \_\_\_\_\_

Esőcsatornák készítéséhez: **Al** \_\_\_\_\_

Nagy szilárdságú, jól önthető anyag dugattyúk készítéséhez: **Al-Cu-Ni (Y-ötvözet)** \_\_\_\_\_

Autóiparban egészen kis tömegű motorblokkok készítésére: **Mg** \_\_\_\_\_

Vegyipari berendezések készítéséhez: **Ti** \_\_\_\_\_

**IRODALOMJEGYZÉK****FELHASZNÁLT IRODALOM**

Dr. Bagyinszki Gyula – Dr. Kovács Mihály: Gépipari alapanyagok és félkész gyártmányok ANYAGISMERET, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2001

Dr. Márton Tibor – Plósz Antal – Vincze István Anyag-és gyártásismeret a fémipari szakképesítések számára, Képzőművészeti Kiadó, 2007

Frischherz–Dax–Gundelfinger\_Haffner–Itchner–Kotsch–Staniczek: Fémtechnológiai

Táblázatok B+V lap-és Könyvkiadó Kft

<http://www.rezinfo.hu> (2010.04.15)

<http://www.csukas.sulinet.hu/mggepesz01/00-Segedanyagok/00-03-Forrasok/HegesztesZsebkonyv/1fej/1fej.htm>(2010.04.10)

Könnyű és színesfémek dr. Németh Árpád dr. Éva András  
[http://www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/femek\\_technologiaja/gyakorlat/konnyu\\_szines\\_elok.pdf](http://www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/femek_technologiaja/gyakorlat/konnyu_szines_elok.pdf) (2010. 05.03)

<http://metal.elte.hu/~phexp/doc/hot/j7s1s8s2.htm> (2010.04.20.)

[http://www.mtgfemonto.hu/anyag\\_on.php](http://www.mtgfemonto.hu/anyag_on.php) (2010.04.20.)

[http://www.mtgfemonto.hu/term\\_olommentes\\_forraszanyag.php](http://www.mtgfemonto.hu/term_olommentes_forraszanyag.php) (2010.04.20.)

<http://hmika.freeweb.hu/Kemia/Html/Cink.htm> (2010.04.22.)

[http://www.anyagvizsgaloklapja.hu/hu/pps/rez\\_es\\_otvozetek.pps#258,4,Sárgaréz](http://www.anyagvizsgaloklapja.hu/hu/pps/rez_es_otvozetek.pps#258,4,Sárgaréz)(2010.04.15.)

<http://hu.wikipedia.org/wiki/R%C3%A9z> (2010.04.20.)

<http://vmek.oszk.hu/01100/01199/html/altalano.htm> (2010.04.25.)

<http://www.abmkupral.hu/muszaki.htm>(2010.04.25.)

<http://hmika.freeweb.hu/Kemia/Html/Cink.htm>(2010.04.25.)

<http://www.kfki.hu/chemonet/hun/tudakozo/szavak/on.html>(2010.04.25.)

[http://gtk.wigner.bme.hu/jegyzet/jegyzetmm/Anyagismeret/Aluminium\\_es\\_otvozetek.doc](http://gtk.wigner.bme.hu/jegyzet/jegyzetmm/Anyagismeret/Aluminium_es_otvozetek.doc)(2010.04.25.)

[http://www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/femek\\_technologiaja/eloadas/konnyu-es\\_szinesfemek.pdf](http://www.mtt.bme.hu/oktatas/segedanyagok/femek_technologiaja/eloadas/konnyu-es_szinesfemek.pdf) (2010.05.15.)

BAKOS MIKLÓS Pénzötvözetek az ókortól napjainkig

(<http://www.termeszetvilaga.hu/szamok/tv2003/tv0305/bakos.html>) (2010.05.15.)

## AJÁNLOTT IRODALOM

Dr. Bagyinszki Gyula – Dr. Kovács Mihály: Gépipari alapanyagok és félkész gyártmányok ANYAGISMERET, Tankönyvmester Kiadó, Budapest, 2001

Dr. Márton Tibor – Plósz Antal – Vincze István Anyag-és gyártásismeret a fémipari szakképesítések számára Képzőművészeti Kiadó 2007

Fenyvessy Tibor–Fuchs Rudolf–Plósz Antal Műszaki táblázatok, Budapest, 2007

Frischherz–Dax–Gundelfinger\_Haffner–Itchner–Kotsch–Staniczek: Fémtechnológiai táblázatok, B+V lap-és Könyvkiadó Kft

A(z) 0111-06 modul 015-ös szakmai tankönyvi tartalomeleme felhasználható az alábbi szakképesítésekhez:

A szakképesítés OKJ azonosító száma:	A szakképesítés megnevezése
54 582 01 0000 00 00	Épületgépész technikus
31 582 09 0010 31 01	Energiahasznosító berendezés szerelője
31 582 09 0010 31 02	Gázfogyasztóberendezés- és csőhálózat-szerelő
31 582 09 0010 31 03	Központifűtés- és csőhálózat-szerelő
31 582 09 0010 31 04	Vízvezeték- és vízkészülék-szerelő
31 521 06 0000 00 00	Finommechanikai gépkarbantartó, gépbeállító
52 522 09 0000 00 00	Gáz- és tüzeléstechnikai műszerész
31 521 10 1000 00 00	Géplakatos
31 521 10 0100 31 01	Gépbeállító
31 521 15 0000 00 00	Késes, köszörűs, kulcsmásoló
31 521 15 0100 31 01	Gépi gravírozó
31 521 15 0100 31 02	Kulcsmásoló
31 522 03 0000 00 00	Légtechnikai rendszerszerelő
54 525 02 0010 54 01	Erdőgazdasági gépésztechnikus
54 525 02 0010 54 02	Mezőgazdasági gépésztechnikus
54 525 01 0000 00 00	Építő- és anyagmozgató-gépész technikus
31 521 03 0000 00 00	Építő- és szállítógép-szerelő
31 582 10 0000 00 00	Épületlakatos
31 582 10 0100 31 01	Épületmechanikai szerelő
31 863 01 0000 00 00	Fegyverműszerész
33 521 03 0000 00 00	Felvonószerelő
31 521 07 1000 00 00	Finommechanikai műszerész
31 521 07 0100 31 01	Mérlegműszerész
31 521 07 0100 31 02	Orvosi műszerész
31 521 11 0000 00 00	Hegesztő
31 521 11 0100 31 01	Bevont elektródás hegesztő
31 521 11 0100 31 02	Egyéb eljárás szerinti hegesztő
31 521 11 0100 31 03	Fogyóelektródás hegesztő
31 521 11 0100 31 04	Gázhegesztő
31 521 11 0100 31 05	Hegesztő-vágó gép kezelője
31 521 11 0100 31 06	Volframelektródás hegesztő
52 725 03 0000 00 00	Optikai műszerész
31 521 24 1000 00 00	Szerkezetlakatos
31 521 24 0100 31 01	Lemezlakatos
33 524 01 1000 00 00	Vegy- és kalorikusgép szerelő és karbantartó
31 525 03 1000 00 00	Karosszerialakatos
31 861 02 1000 00 00	Biztonságtechnikai szerelő, kezelő

A szakmai tankönyvi tartalomelem feldolgozásához ajánlott óraszám:

18 óra

MUNKANYAG

A kiadvány az Új Magyarország Fejlesztési Terv  
TÁMOP 2.2.1 08/1-2008-0002 „A képzés minőségének és tartalmának  
fejlesztése” keretében készült.

A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap  
társfinanszírozásával valósul meg.

Kiadja a Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet

1085 Budapest, Baross u. 52.

Telefon: (1) 210-1065, Fax: (1) 210-1063

Felelős kiadó:

Nagy László főigazgató