

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉM KOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

54. szám

Alumíniumötvözetek vizsgálata feszültség alatti korrózió módszerével

GYENESNÉ DR. HOLLÓ MÁRIA

ИССЛЕДОВАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ
МЕТОДАМ КОРРОЗИИ ПОД НАПРЯЖЕНИЕМ

Автор: Мария Денеш

Stresscorrosion — Testing of Aluminium Alloys
by Mrs. M. Gyenes.

Spannungskorrosionsprüfung von Aluminium-Legierungen
von M. Gyenes.

A fémek és ötvözetek nagy részénél tapasztalható bizonyos körülmények között, hogy a korróziós folyamat meggyorsul, ha a korróziós behatáshoz egyidejűleg külső feszültség hatása is hozzájárul. Ilyen esetben a korrózió gyakran repedéshez, töréshez vezet. Az alumínium ötvözetek közül azoknál lép fel bizonyos esetekben feszültség hatására korróziós repedés, amelyek kristályközi korrózióra hajlamosak.

Ezért egyes ötvözetek alkalmazhatósági területének megítélése szempontjából célszerű a szokásos korróziós próbákat feszültség alatti korróziós kísérletekkel kiegészíteni.

Az alábbiakban ismertetett kísérletek célja olyan módszer kidolgozása, amely az alumínium-ötvözetek feszültség alatti korrózió iránti érzékenységének megállapítására a különböző összetételű, vagy különbözően hőkezelt ötvözetek érzékenységének összehasonlítására alkalmas.

1. Bevezetés

A feszültség alatti korrózió fogalmának és kísérleti módszereinek ismertetésével a Kohászati Lapokban megjelent cikkemben (1) már részletesen foglalkoztam. Minthogy a szakirodalomban a feszültség alatti korrózió fogalmának igen ellentmondó értelmezésével találkozunk, szükségesnek tartom itt néhány ellentétes álláspont ismertetését.

Vossköhlher (2) szerint a feszültség alatti korróziós jelenségek körébe csak azokat az eseteket lehet besorolni, amelyeknél sztatikus mechanikai feszültség alatt álló darab a korróziós közeg hatására hirtelen megreped, előzetes deformációs és korróziós termékek megjelenése nélkül.

Más német szerzők álláspontja szerint a „feszültség alatti korrózió” elnevezést kell használni minden olyan esetre, amelynél a korróziós folyamat alatt a darab feszültségnek van kitéve,

míg angol és más szerzők ezt az elnevezést csak az olyan esetekre használják, amikor a két tényező — feszültség és korrózió — egyidejű hatása az anyag erősebb meghibásodását okozta, mint amely bekövetkezne a feszültség és a korrózió időben szétválasztott, de additív hatása esetén. Ezt az álláspontot következetesen képviselte több szerző, így Perryman és Hadden (3), valamint Edeleanu (4) a feszültség alatti korróziós-kísérletekkel párhuzamosan, azonos körülmények között feszültség nélküli próbákat is vizsgáltak és a kétféle kísérletnél észlelt korróziós hatás különbségét tekintették a feszültség alatti korrózió okozta meghibásodásnak.

Kétségtelenül szükséges bizonyos esetekben a feszültség alatt és a feszültség nélkül végzett korróziós kísérletek eredményeinek összehasonlítása, de rá kell mutatnunk az angol szerzők meggondolásának mechanikus voltára.

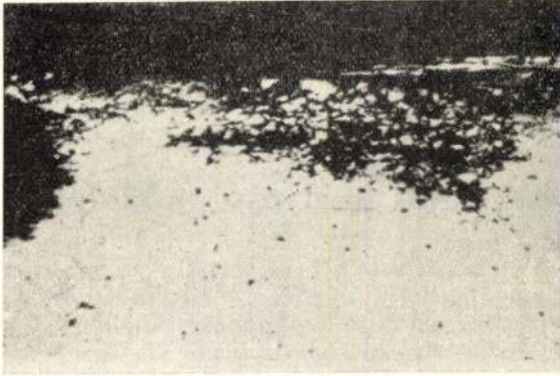
A feszültség alatti korrózióra érzékeny anyagok ugyanis többnyire nem bármely feszültségnél és nem bármilyen korróziós közegben mutatkoznak érzékenynek. Nem vonható mechanikusan határ a feszültség nélküli és a feszültség alatti korrózió között. Legvilágosabb Akimov (5) megfogalmazása: „A feszültségek és deformációk növelik a korrózió sebességét és elhelyezkedését — egyenletes, vagy helyiből kristályközivé alakítva — gyakran rontják.” A korróziós folyamat sebességének növekedése és kristályközivé alakulása minden fémnél, illetve ötvözetnél más-más feszültség és oldattöménység fölött következik be.

A korrózióknak kristályközivé alakulása természetesen nem ugrásszerűen következik be. Fokozatos átmenet tapasztalható a korrózió különféle megnyilvánulási formái között.

Kristályközi korrózió gyakran jelentkezik külső feszültség nélkül is olyan anyagoknál, amelyekben hideg alakítás, vagy helytelen hőkezelés folytán belső feszültségek ébrednek. Tapasztalható azonban olyan esetben is, amikor a szemcsehatármenti kiválások jellege, valamint a szemcsék és a szemcsehatárok között potenciálkülönbségek az egyik fázis preferenciális oldódását lehetővé teszik. A külső feszültség szerepe ilyenkor csak annyi, hogy a korrózió folytán meggyengült szemcsehatárok mentén repedéseket hoz létre, így új felületek válnak szabaddá, amelyek

a korróziós közeg számára új támadási felületet biztosítanak.

A korrózió különböző megjelenési formái gyakran együttesen is előfordulnak. Az 1. ábrán 430°C -on 24 óráig homogenizált, majd 150°C -on 24 órán át való mesterséges öregítéssel korrózió-



1. ábra. Mesterséges öregítéssel korrózióérzékennyé tett Al-Mg5 ötnapos korrózió után. Kristályközi, réteg- és lyukkorrózió együttes előfordulása.

érzékennyé tett Al-Mg 5 lemezből készült mikrosziszolát képe látható 5 napos feszültség alatti korrózió után (3% NaCl + 0,5% HCl-t tartalmazó oldatban). A felületen réteg-korrózió okozta leválást látunk, alatta kristályközi korrózió foly-



2. ábra. Kristályközi korrózió; az 1. ábrabeli próbatest másik részlete.

tán a fém szinte szemcsékre esett szét, míg a kép baloldalán lyukkorrózió látható.

A 2. ábrán, amely ugyane lemez másik részéről készült, kristályközi korróziót láthatunk.

Nem tisztázott kérdés még, hogy a feszültségnek milyen szerepe van a korróziós folyamatban. Edeleanu (4) azt a meglepő jelenséget tapasztalta, hogy a kristálymenti repedés bekövetkezéséig eltelt idő nem attól függ, hogy a korróziós kísérlet egész tartama alatt, vagy csak a kísérlet utolsó percében használtunk feszültséget. Gilbert és Hadden (6) a folyamat mechanizmusát taglalva rámutatnak a két tényező kölcsönhatására. Az anyagban fellépő feszültség fokozza a korrózió sebességét és a korrózió okozta változások ugyanakkor helyi feszültség felhalmozódásokhoz vezetnek.

A feszültség alatti korrózióérzékenység eldöntésére nem elegendő annak megállapítása, hogy mennyivel gyorsabb, vagy erősebb a mechanikus tulajdonságok romlása feszültség és korrózió egyidejű alkalmazása esetén, mint a két tényező egymásutáni behatásakor. Az eredmények gyakorlati felhasználhatósága szempontjából lényeges annak megállapítása is, milyen feszültség fölött tapasztalható az érzékenység fokozódása — hogyan változik az érzékenység a növekvő feszültséggel, — hogyan függ az érzékenység a korróziós közeg összetételétől és milyen a korróziós görbe alakulása az idő függvényében. Csak ezeknek a változóknak rendszeres vizsgálata teszi lehetővé olyan kísérleti módszer kidolgozását, amely alkalmas különböző ötvözetek érzékenységének reális alapokon való összehasonlítására.

Kísérleteink célja tehát olyan vizsgálati módszer kidolgozása, amely alkalmas alumínium-ötvözetek feszültség alatti korrózióra való hajlamának megállapítására, valamint különböző összetételű és állapotú ötvözetek korrózióérzékenységének összehasonlítására. A feszültség alatti korrózióérzékenység azoknál az ötvözeteknél jelentkezik, amelyek kristályközi korrózióra hajlamosak, ezért a módszer alkalmas a kristályközi korrózióra való hajlam gyors eldöntésére is.

Az ilyen, összehasonlításokra alkalmas módszer megválasztásához szükséges a kísérleti körülmények (savtöménység, feszültség és kísérleti idő) módszeres változtatásával olyan feltételek megállapítása, amelyek mellett az igen korrózióérzékeny ötvözet korróziós változása még követhető, de a jó korróziós tulajdonságú anyagok is mutatnak már mérhető változást.

2. Kísérleti módszer és kísérleti berendezés

A feszültség alatti korrózió vizsgálati módszerei két csoportba oszthatók:

- állandó terhelés és
- állandó deformáció mellett végzett próbák.

Fent idézett cikkemben (1) részletesen ismerttettem a két csoportba sorolható módszereket, valamint a kétféle vizsgálati mód értékelésével, kritikájával kapcsolatos irodalmat. Mint-hogy a gyakorlatban mindkét eset előfordulhat, reális értékelést valamely ötvözet korrózió érzékenységéről csak a két módszer párhuzamos alkalmazása esetén kaphatunk.

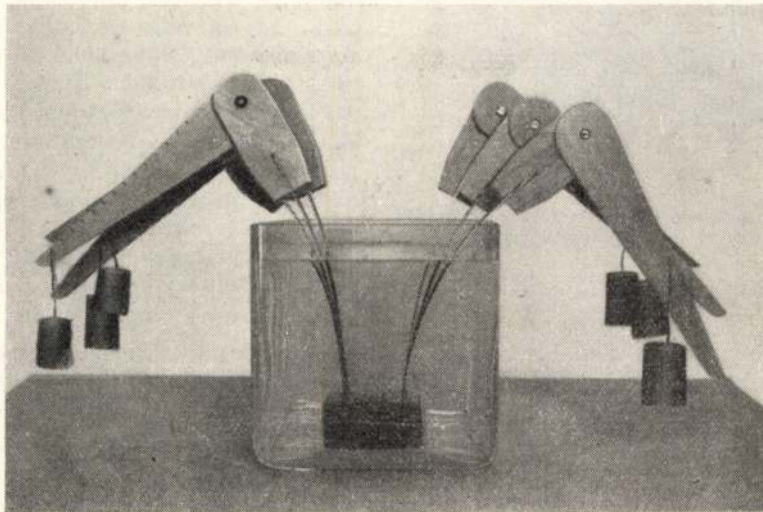
Az állandó terhelés módszerénél a feszültség minden egyes próbatestre pontosan számítható. Különböző rugalmassági modulusú és keresztmetszetű darabokat azonos igénybevételnek tudunk kitenni. A kísérlet alatt az egységnyi keresztmetszetre eső feszültség csak annyiban változik, amennyiben a korrózió előrehaladtával a keresztmetszet csökken.

A folyamat közben tehát az igénybevétel többé-kevésbé állandó, a deformáció mértéke ugyanakkor nő, minthogy kristályközi korrózió az anyag mechanikai tulajdonságait rontja.

Az állandó deformáció módszerénél a kezdeti feszültség, amennyiben az arányossági határon belül maradunk, a próbatest méreteiből, a rugalmassági modulusból és a behajlásból számítható, de a kísérlet alatt az egységnyi keresztmetszetre eső feszültség csökken, míg a deformáció mértéke változatlan. Ilyen módon hosszabb kísérleteknél a két módszerrel kapott

hogya a kívánt behajlást mikor érték el. A kívánt kezdeti feszültség eléréséhez szükséges behajlás az arányossági határon belül a próbatest vastagságából, a rugalmassági modulusból, a berendezés állandói figyelembevételével az

$$f = \frac{3025}{Eb} \sigma$$



3. ábra. Próbatestek elhelyezése terhelőkaros próbánál.

eredmények között eltérés mutatkozik. Ez a tény is indokoltá teszi a két módszer párhuzamos alkalmazását.

Az állandó terhelés módszerei közül a terhelőkaros próbát tartottuk sorozatvizsgálatokra legalkalmasabbnak. Az alkalmazott berendezés a 3. ábrán látható. A műanyagból (PVC) készült tartókba állított 200×20 mm-es próbalemezek felső végeire fatartókarokat helyeztünk és az ezekre akasztott kalibrált ólomsúlyokkal hoztuk létre a kívánt terhelést.

A terhelés közben fellépő behajlást korrekcióba véve, a fellépő feszültség a próbatest adataiból (I és K) és a két befogás közötti távolságból (l), a rugalmassági modulusból (E), az ólomsúlyok súlyából (P) és a karhosszból (l') kiszámítható az alábbi képlet alapján.

$$\sigma = \frac{Pl'}{K} + P^2 l' \frac{l^2}{2EIK}$$

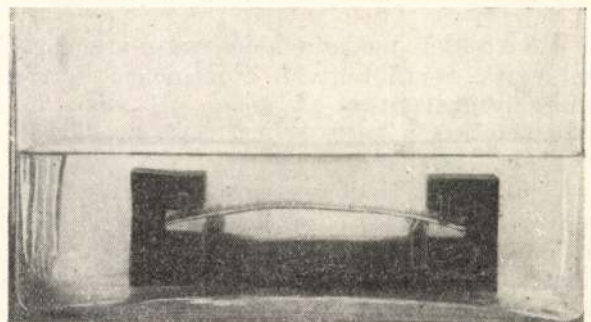
ahol
$$K = \frac{ab^2}{6} \text{ és } I = \frac{ab^3}{12}$$

Fenti képletből l' -t kifejezve megadható az a távolság, amelyre adott P súlyt akasztva a kívánt feszültség elérhető.

Az állandó deformáció módszerénél a próbatest a 4. ábrán látható, ugyancsak a PVC-ből készült tartóval együtt merül a korróziós közegbe. A kívánt behajlást két csúsztatható ék hozza létre. Az ékek egyenes betolására és a behajlás mérésére az 5. ábrán látható berendezés szolgál. Az ékek betolása az elől látható kerék forgatásával érhető el, miközben az indikátor óra jelzi,

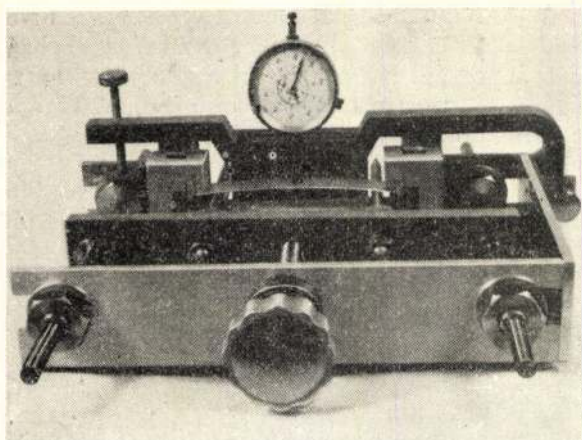
képlet alapján kiszámítható, ahol a 3025 a berendezés méreteiből adódó állandó. A próbatestek mérete ennél a módszernél 165×20 mm.

A feszültség alatti korróziós kísérletsorozatban 1 mm vastag lemezeket használtunk. A lemezeket kísérlet előtt acetonnal, vagy triklóretilénnel tisztítottuk, zsírtalanítottuk. A próbaleme-



4. ábra. Próbatest elhelyezése állandó deformáció módszerénél.

zekből kísérlet után szakítópróbatesteket készítettünk és a szakítószilárdság, folyáshatár és nyúlás korrózió utáni értékeit a korrodálatlan próbák megfelelő értékeivel összehasonlítva megállapítottuk a szilárdsági tulajdonságok csökkenését és azt az eredeti értékek százalékában kifejezve tüntettük fel és hasonlítottuk össze. A folyadék levegőhatáron fellépő differenciális szellőzöttség-ből származó korróziós hatások kiküszöbölésére, ezeket a részeket paraffinnal vontuk be. A próbatestek éleit nem védtük, mert a szakítópróbatest kimunkálásánál ezek a részek kiesnek és így az



5. ábra. Berendezés az állandó deformáció módszerénél kívánt behajlás létrehozásához és méréséhez.

éleken fellépő korrózió nem hamisítja meg az észleléseket.

A szakítószilárdság és folyáshatár meghatározásánál a keresztmetszet (F_g) számítása min-

den esetben a próbalemez korrózió előtt mért vastagsága alapján történt, mert csak így kapunk reális képet a korrózió okozta szilárdságcsökkenésről.

3. A vizsgált ötvözetek

Mint hogy a kísérletsorozat célja nem egy bizonyos ötvözet korrózióállóságának megállapítása, hanem laboratóriumi vizsgálati módszer kidolgozása volt, különböző ötvözet típusokon végeztünk vizsgálatokat. Erre a célra részint olyan ötvözeteket választottunk, amelyek hazai viszonylatban közhasználatúak (mint az Al-Cu-Mg, az Al-Mg-Si és az Al-Mg 3), valamint hazánkban iparilag még nem gyártott, kísérlet alatt álló Al-Zn-Mg-típusú ötvözetet és nagyobb Mg-tartalmú hidronáliumokat. Ilyen módon lehetővé vált igen eltérő korróziós tulajdonságú ötvözetek viselkedésének megfigyelése és összehasonlítása.

A vizsgált lemezek összetételét és szilárdsági tulajdonságait az I. táblázat tartalmazza.

I. táblázat

Ötvözet neve	Kémiai összetétel						Szilárdsági tulajdonságok		
	Mg	Zn	Cu	Mn	Si	Fe	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}
Al-Cu-Mg	0,70	—	3,59	0,6	0,52	0,28	45,1	28,4	20,9
Al-Mg-Si (nemesített antikorródál)	0,70	—	0,07	0,75	0,53	0,36	29,3	20,2	20,2
Al-Zn-Mg	2,53	8,89	1,78	0,21	0,17	0,34	54,6	48,4	9,8
Homogenizált Al-Mg3	2,40	0,05	—	0,74	0,17	0,31	23,6	9,26	20,7
Homogenizált Al-Mg5	4,5	0,9	—	0,70	0,12	0,10	33,3	15,6	22,9
Al-Mg7	7,9	—	—	0,75	0,13	0,43	35,7	16,6	20,7
Al-Mg9	8,8	—	—	—	0,10	0,75	34,9	14,4	29,0
Al-Mg9	9,3	—	—	0,79	0,10	0,2	41,5	20,3	26,0

4. A korróziós közeg hatásának tanulmányozása

A kísérleti módszer kidolgozása szempontjából egyik döntő tényező a megfelelő korróziós közeg megválasztása. A közeg pH-jának változása nemcsak a korrózió mértékét, de jellegét is megváltoztathatja.

Gilbert és Hadden szerint (6) a savtöménység növelése Al-Mg 7 esetében a korrózió jellegét az interkristallin folyamat javára tolja el, míg lúgos közeg egyenletes, felületi lemaródást okoz. Vosskübler (7) szerint pH = 7-nél lúgosabb közeg Al-Mg ötvözeteknél kristályközi korróziót nem okoz, mert a kivált fázis (Al_3Mg_2) lúgban nem oldódik, savban azonban igen.

II. táblázat

Al-Zn-Mg ötvözet feszültség alatti korrózió okozta szilárdság- és nyúlásnövekedése különböző oldatokban 10 kg/mm² feszültség és 3 napos kísérleti időtartam esetén

Korróziós közeg	σ_B %-os csökkenése	δ_{10} %-os csökkenése
Korróziós laboratórium levegője	1,6%	23,2%
3% NaCl	3,4%	47,5%
3% NaCl + 0,1% HCl	9,3%	76,4%
3% NaCl + 0,5% HCl	40,1%	86,7%

A megvizsgált ötvözeteknél a savtöménység növelése különböző mértékben gyorsította a korróziós folyamatot. Az Al-Zn-Mg nagy szilárdságú, korrózióérzékeny ötvözet esetében (II. táblázat) már 0,1% HCl rendkívül agresszív közegnek tekinthető, amelyben az ötvözet nyúlása 3 nap alatt 76%-kal csökken. Más alumínium-ötvözeteknél (pl. Al-Mg 3-nál) ilyen körülmé-

III. táblázat

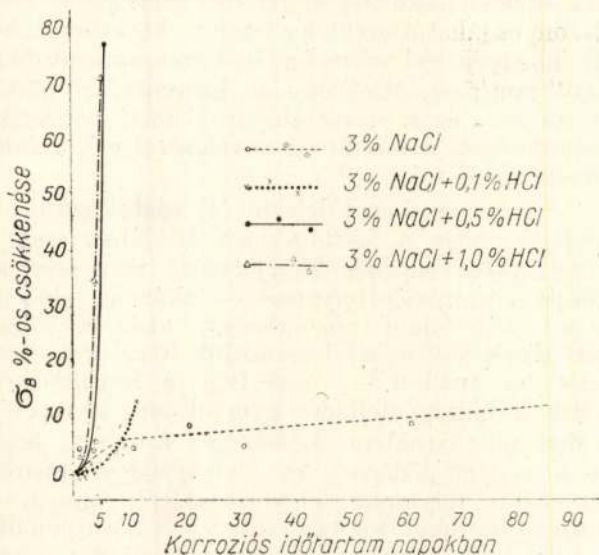
Alumíniumötvözetek szilárdsági tulajdonságainak százalékos csökkenése 10 kg/mm² feszültség mellett 3% NaCl + 0,5% HCl-t tartalmazó oldatban végzett 3 napos korróziós kísérlet után

Ötvözet neve	Szakítószilárdság korrózió előtt	Szilárdsági tulajdonságok százalékos csökkenése		
	kg/mm ²	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}
Al-Mg-Si (nemesített antikorródál)	29,3	1,8%	0,1%	13,1%
Al-Mg 5 (homogenizált hidronálium 5)	33,3	7,5%	10,8%	9,3%
Al-Cu-Mg (nemesített durál)	45,1	18,5%	18,8%	57,7%
Al-Zn-Mg	54,6	40,1%	—	86,7%

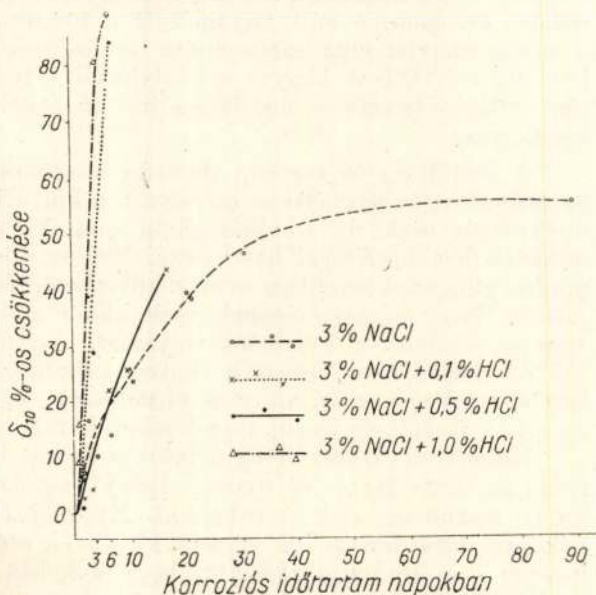
nyek között még nem mutatható ki a szilárdság, vagy nyúlás csökkenése.

A III. táblázat különböző alumíniumötvözetek korrózió okozta százalékos szilárdság-, folyáshatár- és nyúlás-csökkenését hasonlítja össze azonos kísérleti körülmények között.

A III. táblázatban felsorolt ötvözetek korrózióállósága az adott kísérleti körülmények kö-



6. ábra. Dural (Al-Cu-Mg) lemezek korrózió okozta százalékos szilárdság-csökkenése terhelőkaros próbánál különböző töménységű oldatokban.

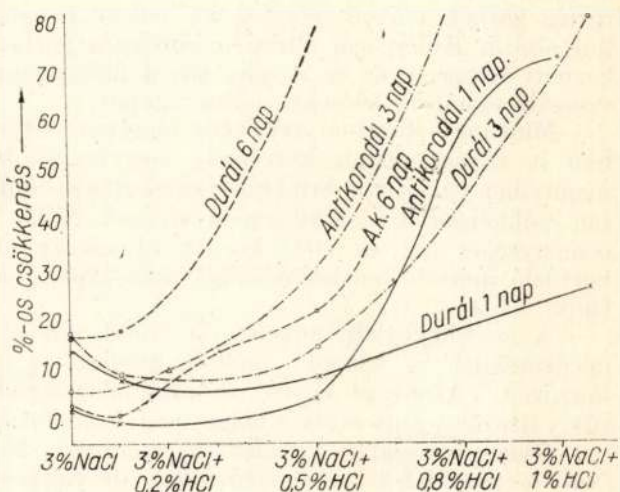


7. ábra. Dural (Al-Cu-Mg) lemezek korrózió okozta százalékos nyúlás-csökkenése terhelőkaros próbánál, különböző töménységű oldatokban.

zött a felsorolás sorrendjében csökken. Ez a sorrend megegyezik a kérdéses ötvözetek szilárdságának növekvő sorrendjével, mint az a táblázat második rovatából látható. A szilárdság növelése alumíniumötvözeteknél általában a korrózióállóság csökkenéséhez vezet. Különösen fennáll ez az összefüggés a feszültség alatti korrózió-nál, ahol a szilárdságnak akár ötvözetekkel, akár hőkezeléssel történő felfokozása az esetek több-

ségében a korrózióérzékenység jelentős növekedését okozza.

Dural lemezek korrózió okozta szakítószilárdság és nyúlás-csökkenését különböző agresszivitású oldatokban a 6. és 7. ábra mutatja. A 6. ábrán látható, hogy a dural próbák szakítószilárdsága már néhány napos korrózió után rohamosan csökken. (Csak a semleges, 3% NaCl-tartalmú oldatban nem mutat a görbe gyors emelkedést.) A 7. ábrából azonban kitűnik, hogy a százalékos nyúlás-csökkenést kifejező görbe semleges oldatban is meredeken emelkedik. Mindkét ábrán jól látható, hogy a savtöménység növelésével a görbék egyre meredekebbé válnak.



8. ábra. A sósav töménységének hatása durál és antikorródál lemezek korróziójára 1, 3 és 6 napos próbánál. Durál és antikorródál lemezek nyúlásának (δ₁₀) %-os csökkenése a savtöménység függvényében 10 kg/mm² feszültség mellett, különböző időtartamú próbánál.

A 8. ábrán 1, 3 és 6 napig 10 kg/mm² feszültségnél korrodált durál és antikorródál lemezek korrózió okozta nyúlás-csökkenésének összehasonlítását láthatjuk a savtöménység függvényében az állandó deformáció módszerével történő vizsgálat esetén.

Az összehasonlításból látható, hogy

1 napos próba esetén a durál lemezek korróziója alig függ a savtöménységtől, míg az antikorródál görbéje 0,5% HCl töménység fölött rohamosan emelkedik.

3 napos próbánál mindkét ötvözet görbéje igen meredek, de még itt is az antikorródál görbéje emelkedik gyorsabban.

6 napos próbánál azonban az antikorródál görbéje a 3 napos próba görbéje mellett fut, tehát a korrózió további gyorsulása nem mutatkozik, míg a durál görbéje lényegesen meredekebbé válik és az antikorródál-nál sokszorta rosszabb korrózióállóságot mutat.

Az antikorródál tehát kis savtöménységénél (0,3% HCl) hosszabb vizsgálat után is stabilnak bizonyul, de töményebb savra igen érzékeny. A durál viszont 1 napos próba esetén az 1% HCl-t is jól állja, de hosszabb használatra híg savas közegben sem alkalmas. Hatnapos próbánál már 0,2% HCl-ben is jelentős korróziót szenved. A görbék kezdőpontjait összehasonlítva láthatjuk, hogy semleges 3% NaCl oldatban is kb. 10%-kal nagyobb a durál korrózióérzékenysége az antikorródálénál.

Ezek az eredmények arra figyelmeztetnek, hogy túlságosan gyors korróziós vizsgálat igen sokszor a gyakorlati tapasztalattal ellentétes eredményekre vezethet, mert az egyes ötvözeteknél nemcsak a korrózió mértéke, hanem a korróziós görbék időbeli lefutásának jellege is igen különböző. Különösen eltérő a korróziós görbék kezdeti szakasza és ez a tény rövid időtartamú vizsgálatoknál tévedésekre adhat alapot.

Mint ahogy durálnál semleges konyhasóoldatban is tapasztaltunk korróziót, megvizsgáltuk, mennyiben változik a durál korróziókoztató szilárd-ság csökkenése a sóoldat töménységével. A NaCl töménységét 3% és 20% között változtatva a korrózió mértékében különbséget nem tapasztaltunk.

A savtöménység növelése a többi vizsgált ötvözeteknél is hasonló módon gyorsította a korróziót. Azonban egyes alumíniumötvözetek pH változás iránti érzékenysége igen különböző.

Gyors vizsgálat céljaira használható 3% NaCl + 1% HCl-t tartalmazó oldat, de célszerű az ilyen körülmények között végzett vizsgálatokat más módszerrel, nem ennyire agresszív körülmények között végzett próbákkal ellenőrizni. Alkalmas azonban az ilyen gyors vizsgálat olyan esetekben, mikor azonos ötvözet különbözően hőkezelt állapotainak, vagy például a lemezből hengerlélés irányában és arra merőleges irányban kiszabott lemezek feszültség alatti korróziójának összehasonlításáról van szó; tehát olyan esetekben, mikor azonos összetételű ötvözet lévén, a korróziós görbe jellege feltételezhetően hasonló és így a gyors próba nem ad téves összehasonlítást. Általában azonban az eddig vizsgált Al-ötvözetek adatai alapján a 3% NaCl + 0,5% HCl-t tartalmazó oldatot tartjuk legalkalmasabbnak feszültség alatti korróziós vizsgálatokra, mert ilyen körülmények között még viszonylag korrózió-érzékeny ötvözeteknél is tudunk 3, 6 és 12 napos próbákat végezni és az idő függvényében korróziós görbéket felvenni. A tapasztalatok általában azt mutatják, hogy különösen savak hatását vizsgálva, minden laboratóriumi próbánál, de feszültség alatti korrózióknál különösen célszerű többféle időtartamú próbát végezni és nem egyes adatokat, hanem lehetőleg a kísérleti idő függvényében felvett görbéket összehasonlítani.

5. A feszültség hatása a korróziós folyamatra

Ma még tárolról sem eldöntött kérdés, hogy milyen összefüggés van az alkalmazott feszültség és a korróziós folyamat jellege és sebessége között.

Vosskühler (2) szerint a feszültség növelésével a korróziós élettartam csökken. A csökkenés eleinte gyors, majd a feszültség további növelésével a korrózióérzékenység egyre lassabban csökken. Vosskühler megkülönböztetett kristályközi korróziót, amely bizonyos „határfeszültség“ alatt is bekövetkezik olyan anyagoknál, ahol a szemcse és a szemcsehatárközötti potenciálkülönbség nagy és feszültség alatti korróziót, amely csak bizonyos „határfeszültség“ fölött következik be. Előbbi terjedési sebessége 0,01 mm/nap, utóbbié 0,01 mm/perc. Mint ahogy az igénybevétel növeli a szemcse és a szemcsehatár közötti potenciálkülönbséget, a feszültség növelésével a korrózió-érzékenység nő.

Ezzel szemben Edeleanu (4) adatai azt bizonyítják, hogy a feszültségnek általában csak a kristályközi repedés létrejötténél van szerepe. Maga a korróziós folyamat — akár az oldatba ment alumínium mennyiségét, akár a közeg pH-jának változását hasonlítjuk össze feszültség alatt és anélkül —, nem függ a feszültségtől. Csak a hidrogénfejlődés gyorsul meg a repedés előtti pillanatokban. Lehetséges azonban, hogy a hidrogénfejlődésnek ez a fokozódása nem a korróziós folyamat felgyorsulásától, hanem a hajszálrepedések folytán szabaddá váló új anódos felületektől származik. Tehát másodlagos folyamat.

Edeleanu és Evans más helyen (8) világosan kifejtik, hogy hőkezelés folytán kristályközi korrózióra érzékennyé vált anyagoknál a feszültség a szemcsehatármenti szakaszokra koncentrálódhat, oly mértékben, hogy a kristályhatárok mentén az igénybevételre merőleges irányú repedés keletkezhet.

A feszültség ez esetben pusztán mechanikai hatásánál fogva gyengíti az anyagot; a korróziós folyamatra csak új, oxidhártyával nem védett felületek létrehozásával hat vissza. Ezt az álláspontot elfogadva azonban arra a következtetésre jutunk, hogy a feszültségnek csak akkor nyílik szerepe, amikor a korróziós folyamat elegendő idő és megfelelően agresszív közeg következtében az anyagot már annyira elroncsolta, hogy az adott feszültség képes repedéseket létrehozni.

Robertson (9) feszültség nélküli próbákat hasonlított össze húzó- és nyomó- igénybevételnek kitett feszültség alatti próbákkal. Különbözően hőkezelt durál lemezekon végzett kísérletek eredményei alapján megállapította, hogy a kristályközi korrózió iránti érzékenység a fém állapotának függvénye és azt a feszültség jelenléte csak gyorsítja, de jellegét meg nem változtatja. Természetesen öregedett (nemesített) durál esetében, amely lyukkorrózióra hajlamos, a feszültség csak gyorsítja a folyamatot, de nem vált ki kristályközi korróziót. Míg 170° C-on 2 órán át mesterségesen öregített durálnál, amely feszültség nélkül is kristályközi korrózióra hajlamos, húzó igénybevétel hatására a kristályközi korrózió erősödése tapasztalható.

A feszültség hatásának tanulmányozásánál nem folytattuk a kísérleteket a feszültség alatti

próbánál szokásos módon a próbatest eltöréseig, tehát addig az állapotig, amelyben már a feszültség mechanikai hatásánál fogva — repedések létrehozása által — gyorsítja a folyamatot. Rövidebb időtartamokat választottunk és az elkorrodált próbatestek szakítószilárdságát, folyáshatárát és nyúlását meghatározva, ezek változását, többnyire ezek százalékos csökkenését tekintettük a korrózió mértékének. Ilyen módon kívántunk meggyőződni arról, hogy a

folyamat kezdeti szakaszában, amikor még törés, vagy észlelhető repedés nem keletkezik, milyen szerepe van a feszültségnek.

Az eredmények úgylátszik igazolják azt a feltevést, amely szerint a feszültség ebben a szakaszban általában nem fokozza a korróziós folyamat sebességét.

A kísérleti feszültség hatására vonatkozó eredményeket a IV.—IX. táblázatok és a 9. és 10. ábrák tartalmazzák. Az ezekben szereplő

IV. táblázat

Nemesített durál lemezek szilárdsági tulajdonságai 5 napos terhelőkaros próba után 3% NaCl + 0,1% HCl tartalmú oldatban

Korrózió előtti értékek	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}
	46,4 kg/mm ²	31,2 kg/mm ²	19,8%
1 kg/mm ² kísérleti feszültség	44 —46 kg/mm ²	30,7—32,1 kg/mm ²	12,4—20,0%
3 " " " "	43 —46,7 " "	28,1—31,1 " "	15,0—18,8%
5 " " " "	44,4—46 " "	27,8—31,0 " "	17,0—19,8%
8 " " " "	43,7—46,3 " "	30,0—30,9 " "	13,4—20,2%
10 " " " "	45,5—46,7 " "	29,4—32,2 " "	18,0—19,2%
15 " " " "	45,3—46,4 " "	29,6—32,0 " "	17,0—20,2%

V. táblázat

Nemesített antikorródál nyúlása 3% NaCl + 0,2% HCl-t tartalmazó oldatban 5 napos terhelőkaros próba után, különböző feszültség esetén

Kísérleti feszültség	1	3	5	8	10 kg/mm ²	Korrózió előtt
Nyúlás	17,8%	14,1%	11,7%	13,2%	17,4%	19,2%

VI. táblázat

Nemesített antikorródál szilárdsági tulajdonságai 3% NaCl + 1% HCl-t tartalmazó oldatban végzett 1 napos feszültség alatti kísérlet után (állandó deformáció módszerével)

	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}
Korrózió előtt	29,7 kg/mm ²	19,7 kg/mm ²	19,2%
5 kg/mm ² kísérleti feszültség mellett	19,2 " "	18,6 " "	7,8%
10 " " " "	18,6 " "	14,0 " "	8,0%
12 " " " "	19,9 " "	15,2 " "	7,4%

VII. táblázat

Homogenizált Al-Mg 3 szilárdsági tulajdonságai 3% NaCl + 0,1% HCl-t tartalmazó oldatban végzett 6 napos terhelőkaros próba után különböző feszültség mellett

	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}
Korrózió előtti értékek	23,6 kg/mm ²	9,3 kg/mm ²	20,7%
Feszültség nélkül	22,1 " "	9,6 " "	20,3%
3 kg/mm ² kísérleti feszültség esetén	21,8 " "	9,3 " "	19,9%
5 " " " "	21,9 " "	9,4 " "	20,4%
8 " " " "	21,7 " "	10,5 " "	20,1%

VIII. táblázat

Homogenizált Al-Mg 3 szilárdsági tulajdonságai 3% NaCl + 1% HCl-t tartalmazó oldatban végzett 1 napos feszültség alatti korróziós kísérlet után (állandó deformáció módszerével) különböző feszültség mellett

	σ_B	$\sigma_{0,2}$	δ_{10}
Korrózió előtt	23,6 kg/mm ²	9,9 kg/mm ²	20,7%
5 kg/mm ² kísérleti feszültség mellett	20,6 " "	8,1 " "	20,0%
10 " " " "	21,7 " "	8,4 " "	22,5%
12 " " " "	22,7 " "	8,4 " "	19,5%

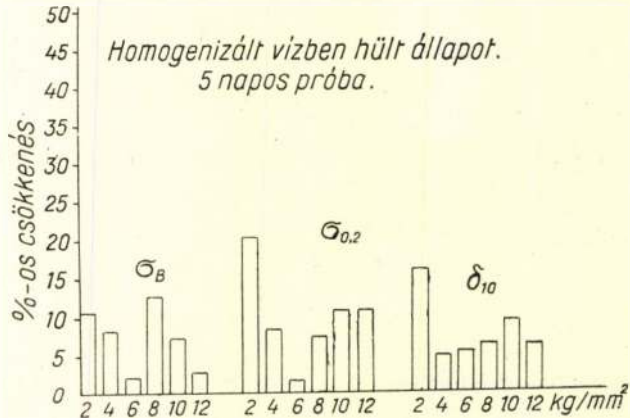
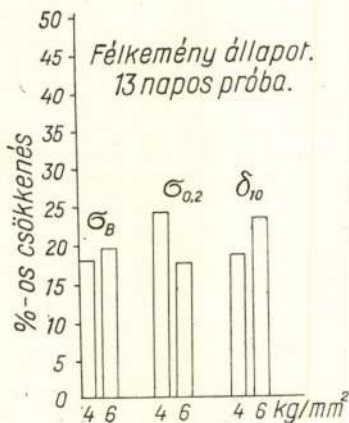
IX. táblázat

Al-Zn-Mg nyúlásának százalékos csökkenése különböző kísérleti körülmények mellett (terhelőkaros próbával)

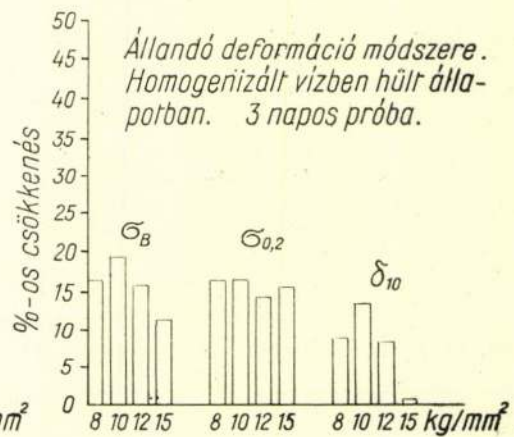
Kísérleti feszültség	0 kg/mm ²	5 kg/mm ²	10 kg/mm ²
3% NaCl-ben 6 nap alatt.....	87,6%	64,3%	47,9%
3% NaCl + 0,1% HCl-ben 1/2 nap alatt	—	70,8%	79,5%
3% NaCl + 0,5% HCl-ben 1/2 nap alatt	—	91,0%	89,0%

Terhelőkaros próbával (IV., V., VII. és IX. táblázatok, 9. ábra), valamint állandó deformáció módszerével (VI. és VIII. táblázatok, 10. ábra) különböző ötvözeteken, eltérő agresszivitású oldatokban végzett kísérletsorozatokat igazolják azt a feltevésünket, hogy a korrózió okozta szilárdság-, folyáshatár- és nyúláscsökkenések nem függenek az alkalmazott feszültségtől.

A IV.—IX. táblázatokban és a 9. és 10. ábrákban összefoglalt eredményeknél a különböző kísérleti feszültségnél végzett próbák korróziós értékei közötti különbségek a hibahatáron



9. ábra. Al-Mg 5 lemezek szilárdsági tulajdonságainak százalékos csökkenése terhelőkaros próbánál, különböző kísérleti feszültség mellett.

Kísérleti feszültség hatása. 1 mm-es Al-Mg 5 lemezek σ_B , $\sigma_{0.2}$, δ_{10} százalékos csökkenése terhelőkaros próbánál 3% NaCl + 0,5% HCl oldatban.

10. ábra. Al-Mg 5 lemezek szilárdsági tulajdonságainak százalékos csökkenése különböző kísérleti feszültség mellett.

Kísérleti feszültség hatása. 1 mm-es Al-Mg 5 lemezek σ_B , $\delta_{0.2}$, δ_{10} százalékos csökkenése 3% NaCl + 1% HCl oldatban.

adatok általában 4—4 párhuzamos próba középértékei.

A táblázatban megadott értékek hat párhuzamos mérés szélső értékei.

A IV. táblázat nemesített durállal, az V. és VI. táblázatok nemes antikorródállal, a VII. és VIII. táblázatok homogenizált Al-Mg 3-mal, a IX. táblázat Al-Zn-Mg-vel végzett kísérletek eredményeit foglalja össze. A 9. és 10. ábrák különböző állapotú Al-Mg 5 lemezekon végzett feszültség alatti próbák eredményeit tartalmazzák.

belüli szórásoknak tekinthetők. Az V. és IX. táblázatban és a 9. és 10. ábrán látható viszonylag nagyobb eltérések a korróziós laboratórium hőmérsékletének ingadozásával magyarázhatók, amely körülmény a különböző időpontokban felvett korróziós értékek között sokszor jelentős eltérést hoz létre. Sem enyhe, sem agresszív közegben nem volt tapasztalható a korróziós értékeknek a feszültség növelésével párhuzamos változása. Csak az V. táblázatban látható bizonyos összefüggés a feszültség nagysága és a kor-

rózió mértéke között. Itt úgy tűnik, mintha a korrózió 5 kg/mm² feszültség esetén maximuma volna. Ez a jelenség még további kísérleti igazolásra szorul.

A kísérletek eredményei azt a felfogást támasztják alá, hogy feszültség alatti korrózióról — tehát olyan korrózióról, amelynél a folyamat feszültség hatására erősödik — csak olyan esetben beszélhetünk, amikor a folyamat már előrehaladt és a kristályközi korrózióval meggyengített helyeken a felhalmózódott feszültség hajszálrepedéseket és ezek révén gyorsabb korróziót okoz, amely újabb hajszálrepedések képződése folytán újabb feszültség-koncentrációt okoz. Ez a körfolyamat a darab hirtelen töréséhez vezethet. Ilyen töréseket tapasztaltunk is mesterséges öregítéssel korrózióérzékenyvé tett Al-Mg 7 és Al-Mg 9 lemezeknél, savas közegben. Ilyenkor azonban a kristályközi korrózió a próbalemezt már annyira tönkretette, hogy azoknál a daraboknál, amelyeknél a kísérleti idő alatt a törés még nem következett be, sem volt lehetséges szakítópróbatest kimunkálása. Ilyen esetekben észlelhető volt bizonyos különbség a feszültség nélküli és feszültség alatti próbák korróziós viselkedése között.

A IV.—IX. táblázatokban és a 9. és 10. ábrákban részletezett esetekben azonban, mikor még a korrózió mértéke szakítópróbával volt megállapítható, egyetlen esetben sem tapasztaltuk a feszültség korrózió-növelő hatását.

Zapeckij (10) hasonló célkitűzéssel a deformációnak a korrózióra gyakorolt hatását vizsgálta. Különböző fémeknél grafikusan ábrázolva a korróziós súlycsökkenést a deformáció mértékének függvényében, némely esetben enyhén emelkedő, más esetekben csökkenő tendenciájú; vagy minimum-görbét, ismét más esetben egyenest kapott. Megállapítása szerint a deformáció befolyásolja a korróziós folyamatot, de csak másodlagosan. Kihat az oxidhártya állapotára, a mikroelemek ohmikus ellenállására, a mikrokatódok és mikroanódok felületének viszonyára. Hajszálrepedéseket okoz, valamint gyorsítja a túltelített szilárd oldat szétesését és ezen keresztül elősegíti új mikroelemek képződését.

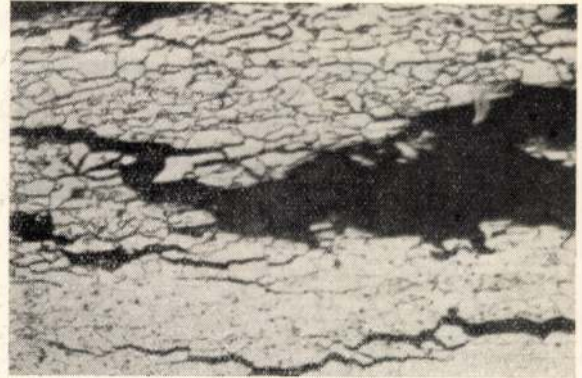
Ezt a gondolatot továbbfejlesztve azt mondhatjuk, hogy a deformáció, de ugyanígy bármely módon létrehozott feszültség, bár befolyásolja a korróziós folyamat szempontjából egyébként igen jelentős tényezőket — mint pl. a belső potenciálviszonyok, a szemcsehatármenti kiválások —, de ezek a tényezők elsősorban az ötvözet összetételétől és hőkezelési állapotától függenek. A feszültség vagy deformáció csak másodlagosan hat.

Akimov a kristályközi korrózióval foglalkozó előadásában (1) a kristályközi korrózió mechanizmusát értelmezve, szerkezeti és potenciálviszonyokra vezeti vissza a jelenséget. Megemlíti a külső és belső feszültséget a kristályközi korróziót befolyásoló tényezők között, de csak mint egyik gyorsító, módosító tényezőt.

Az elkorrodált lemezekből készült csiszolatok

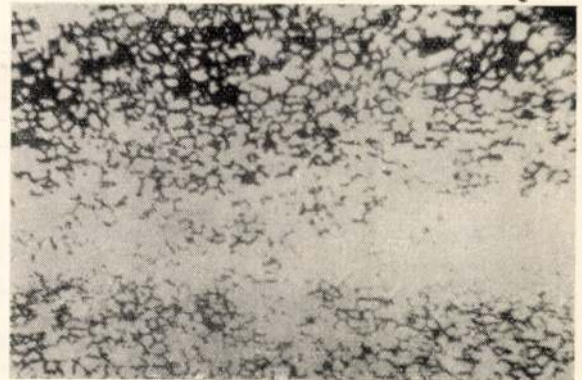
mikroszkópi vizsgálata ugyancsak alátámasztja azt a megállapításunkat, hogy az ötvözet összetételének és állapotának van elsődleges szerepe.

A 3% Mg-tartalmú Al-ötvözeteknél — igen agresszív körülmények között —, többhetes korrózió után sem találtunk kristályközi



11. ábra. 430° C-on homogenizált, majd 300° C-on 24 órán át utókezelt Al-Mg 9 lemezen fellépő kristályközi korróziós repedések.

korróziós jelenségeket. 5% Mg-tartalom esetén, igen agresszív körülmények között előfordul kristályközi korrózió is, de csak lyukkorrózióval és általános felületi lemaradásokkal vegyesen. Az Al-Mg 7-nél már több ízben lépett fel kristályközi korrózió, Al-Mg 9 esetében azonban, bizonyos



12. ábra. A 11. ábrabelihez hasonlóan hőkezelt, de nagyobb Fe-tartalmú Al-Mg 9 lemez kristályközi korróziója 3 napos próba után.

hőkezelések esetén, már néhány napos kísérlet után jellegzetes feszültség alatti korróziós repedések keletkeztek, amelyek többízben a próbatest töréséhez vezettek anélkül, hogy akár korróziós termék, akár a kísérleti darab elvékonyodása, vagy felületi elváltozása észlelhető lett volna. Ilyen kristályhatárokon végigfutó repedés látható a 11. ábrán. Ezt a próbát 430° C-on való homogenizálás és vízűtés után még 24 órán át 300° C-on hőkezeltük. Hasonló hőkezelést kapott a 12. ábrán látható darab is, amely viszonylag nagy vastartalmú Al-Mg 9 lemezből származik. Itt a kristályközi korrózió mindkét oldalról behatolva, szinte teljesen szétroncsolta a fémot.

A hőkezelés hatására jellegzetes példa a 13. ábra, amely homogenizálás után mesterségesen öregített — 150° C-on 24 órán át hőkezelt Al-Mg 7 lemezből származik, 3 napos feszültség alatti próba után. Ez a minta már ilyen rövid kísérleti idő alatt szinte teljesen elvesztette fémes sajátságait, míg ugyane lemezből készült más próbatesteken, amelyeket hasonló módon homo-



13. ábra. Homogenizálás után 150° C-on 24 órán át öregített Al-Mg 7 lemez kristályközi korróziója.

genizáltunk — de utólagos öregítést nem kaptak — erős felületi bemarkódások észlelhetők. A lemez szilárdsági tulajdonságai alig változtak, kristályközi korrózióknak pedig még nyomai sem észlelhetők. (A kísérleti oldat mindkét esetben 3% NaCl + 1% HCl, a feszültség 15 kg/mm².)

Különösen Al-Mg típusú ötvözeteknél, de nemes és félnemes antikorródál összehasonlításánál is megmutatkozott, hogy a hőkezelés hatása sokkal jelentősebb, mint a feszültség szerepe.

ÖSSZEFOGLALÁS

1. A kidolgozott kísérleti módszer alkalmasnak mutatkozott
 - a) különböző alumíniumötvözetek korrózióállóságának összehasonlítására,
 - b) azonos összetételű ötvözeteknél a hőkezelések, vagy szennyezések hatásának tanulmányozására.
2. Különböző alumíniumötvözeteken különböző közegben és feszültségnél elvégzett kísérletsorozatok alapján lehetővé vált
 - a) a legmegfelelőbb kísérleti körülmények megállapítása, amelyeknél további összehasonlító vizsgálatok végezhetőek (pl. javító adalékok hatásának megfigyelése céljából),
 - b) olyan kísérleti adatok összegyűjtése, amelyek jó kiindulási alapot és összehasonlítási lehetőséget adnak új ötvözetek vizsgálásánál.
3. A rendszeres vizsgálatok közelebb hozták a feszültség alatti korrózió mechanizmusának és az azt befolyásoló tényezőknek megismerését. A korróziós jelenségek megjelenési formáik szerinti csoportosítása esetén (lyukkorrózió, réteggkorrózió, kristályközi korrózió stb.), beillesztjük ebbe a felsorolásba, mint jellegzetes

megjelenési formát, a feszültség alatti korróziós repedéseket is. A korrózió típusait a folyamatot kiváltó tényezők szerinti csoportosítása esetén azonban (gázkorrózió, folyadék-korrózió, talajkorrózió stb.) nem oszthatjuk be ebbe a felsorolásba a feszültség alatti korróziót, mint külön típust, mert a korróziót nem mindig a feszültség váltja ki. A feszültség bizonyos esetekben gyorsíthatja, módosíthatja a folyamatot, de a meghibásodást lényegében nem a feszültség, hanem az ötvözet metallográfiai állapotának és a korróziós közegnek kölcsönhatása idézi elő, mely az ötvözetben kristályközi korróziót okoz. A feszültség csak egyik tényező, mely kristályközi korrózióra érzékeny állapotú alumíniumötvözeteknél, egyéb kedvezőtlen körülmények együttes hatásával párosítva repedéseket, töréseket idézhet elő.

4. A folyamat mechanizmusát tekintve: a kristályközi korróziót nemcsak a feszültség idézi elő, hanem az túlnyomóan az összetétel, hőkezelés, metallográfiai állapot függvénye. A feszültség a kristályközi korróziót bizonyos esetekben fokozhatja azáltal, hogy a meggyengült szemcsehatárok megfeszítésével repedéseket idéz elő, de nem hozhat létre kristályközi korróziót olyan alumíniumötvözeteknél, melyek külső feszültség nélkül erre nem hajlamosak.
5. A feszültség alatti korróziós próba azonban mint vizsgálati módszer, alkalmas a kristályközi korrózióra való hajlam megállapítására, mert olyan anyagoknál, ahol ez a hajlam erős — mint pl. Al-Mg 7 és Al-Mg 9-nél, bizonyos hőkezelések után — a kristályközi korrózió már néhány napos próba után megmutatkozik, repedések vagy törés formájában, vagy enyhébb esetekben a szilárdsági tulajdonságok jelentős csökkenésében.

Közleményem nem volna teljes, ha nem mondanék e helyen is hálás köszönetet *Ekker Antal* kartársamnak az állandó deformáció módszerével alkalmazott berendezések tervezéséért és értékes tanácsaiért, *dr. Vargha György* kartársamnak gondos mikroszkópi vizsgálataiért, valamint *dr. Dömönny András* osztályvezető kartársamnak értékes útmutatásaiért és elméleti téren nyújtott segítségéért.

I R O D A L O M

1. Gyenesné dr. Holló Mária: Feszültség alatti korrózió. (Kohászati Lapok, 1951 jún., 121—127.)
2. H. Vosskübler: Erscheinung und Deutung der Spannungskorrosion bei Aluminium-Knetlegierungen. (Werkstoffe und Korrosion, 1950. 143—153, 179—184, 310—320 és 357—366.)
3. E. C. W. Perryman és S. E. Hadden: Stresscorrosion of Aluminium 7% Magnesium Alloy. Journal of the Institute of Metals, 1950. 207—235.
4. C. Edeleanu: A Mechanism of Stress-corrosion in Aluminium-Magnesium Alloys. (Inst. Met., 1951. 187—191.)
5. G. V. Akimov: (Teoria i metodi iszledovanija korrozii metallov. Moszkva, 1945.) Fémek korróziójának elmélete és vizsgálatának módszerei. (Magyarul, 1951.)

6. P. T. Gilbert és S. Hadden: E. Theory of the Mechanism of Stress-Corrosion in Aluminium-7% Magnesium Alloy. (Inst. Met., 1950. 237—261.)
7. H. Vosskuhler Einfluss des pH-Wertes und der Art der angreifenden Lösung auf die Spannungskorrosion bei Al-Mg-Legierungen. (Archiv für Metallkunde, 1949., 28—33.)
8. C. Edleanu és U. R. Evans The Cause of localised Character of Corrosion on Aluminium. (Trans. Faraday Soc., 1951., 1121—1136.)
9. W. D. Robertson: Effect of Tensile and Compressive Stresses on the Corrosion of an Aluminium Alloy. (Trans. of AIME, 175, 1948., 428—434.)
10. E. M. Zareckij Vlijanyije deformacii na korroziju metallov. (A deformáció hatása a fémek korróziójára.) Zsurnal Prikladnoj Chimii 1951. 477—84.)
11. G. V. Akimov: Ötvözetek interkrisztallin korróziója — Izvesztija A. N. Kémiai Osztály 1951. 13. — (Magyar Kémiai Folyóirat 1951. 179—188.)

A Könnyűfémipari Tervező Iroda közleményei

Könnyűfémlemezek és -szalagok hideghengerlésének szűrésterve

KÖVES ELEMÉR okl. kohómérnök.

СОСТАВЛЕНИЕ ПЛАНО ПРОПУСКОВ ПРИ ПРОКАТКЕ ЛИСТОВ И ЛЕНТ ИЗ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ
Элемер Ковеш инженер-металлург.

Статья излагает планы пропусков при прокатке листов и лент из алюминия и сплавов дурал (Al-Cu-Mg) и антикорродал (Al-Mg-Si), — применительно к широкому реверсивному лентопроточному стану кварто и листопроточному стану дуо. Перечислены также производительность этих станов при прокатке сплавов разного состава. Изменения степеней обжатия и соответствующие толщины проката составлены в форме таблиц и диаграмм.

Dipl. Ing. E. Köves: *Walz-Stichpläne bei Kaltwalzen von Leichtmetall Blechen und Bändern.*

In dem Artikel sind die Stichpläne bei Kaltwalzen von Reinaluminium, Dural (Al-Cu-Mg) und Antikorrodal (Al-Mg-Si) Blechen und Bändern bekanntgegeben. Die Stichpläne sind auf reversierbaren Breitbandquarto-Walzwerk und auf Duo-Blechwalzwerk ausgearbeitet,

gleichfalls die Walzleistungen dieser Walzwerke. Die Abnahmen und die ausgewalzten Stärken der Stichpläne sind in Tabellen und Diagramme dargestellt.

A könnyűfémek hideghengerlésénél is racionális termelésre kell törekednünk és ezért az egyes szűrásokkal lehetőleg minél nagyobb mértékű fogyásokat kell elérnünk. Ez azt jelenti, hogy lehető legcsekélyebb szűrásszámmal jussunk a kívánt méretre, a hengerállvány megengedett igénybevétele mellett. A hideghengerlést általában 4—5 mm-re melegen előhengerelt anyagra alkalmazzuk.

A szűrésterveket az elméletileg megengedhető fogyások alapján szerkesztettem meg. A következő táblázat az említett könnyűfémek meleg- és hideghengerlési fogyásait, valamint a meleg-hengerlési és lágyítási hőmérsékleteket tünteti fel.

1. táblázat

Anyag	Meleg-hengerlési hőmérséklet °C	Lágyítási hőmérséklet °C	Keresztmetszet csökkenés %-ban		
			szűrásokként		hidegen összesen
			melegen	hidegen	
Alumínium	300—520	330—450	< 30	< 50	70—95
Dural (Al-Cu-Mg)	360—460	330—370	kezdetben 3—5, majd 10—20	< 20	60—85
Antikorrodal (Al-Mg-Si)	400—500	330—370	kezdetben 3—5, majd 20—25	< 25	60—85

A kezdeti szűrásoknál alkalmazandó fogyásokkal természetesen valamivel az elméleti számok alatt igyekeztem maradni. Mivel hideghengerlés alatt keményedés áll be az anyagban, a további szűrások fogyásait a keményedés mértékének arányában fokozatosan kisebbre lehet már csak választani. Az ilyen alapon elkészített fogyási diagrammokhoz azután a következő számítások alapján szerkesztettem meg a szűrési diagrammokat.

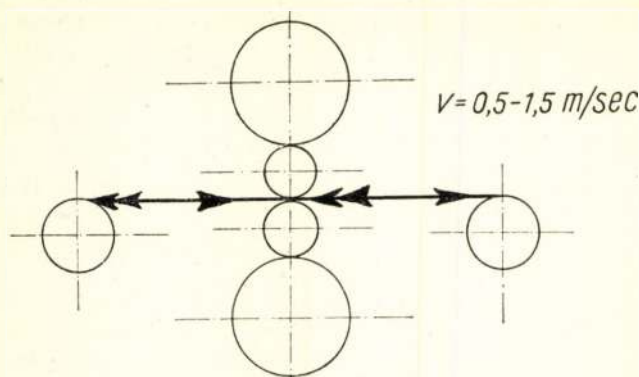
$$f \% = \frac{d - d_1}{d} \cdot 100, \text{ ebből } d_1 = d - \frac{f}{100} d$$

Fenti képletekben:

- d = szűrás előtti vastagság,
- d₁ = szűrás utáni vastagság,
- f = fogyás.

Alumínium és antikorrodal típusú ötvözetek szalagban való hengerlése

Az alumínium és az antikorrodal ötvözet típusú lemezek hideghengerlése szalaghengerléssel végezhető 1 m-nél szélesebb reverzálható quarto szalaghengerállványon, mivel ezeknél az egyirányú hengerlés nem okoz számottevő anizo-



Hengerméreték:

1050φ/425φ/425φ/1050φ × 1350 mm

1. ábra. 1050 Ø/425Ø/425Ø/1050Ø × 1350 mm hengerméretű reverzálható quarto szalaghengerállvány elvi vázlata.

tropiát, ami azt jelenti, hogy a hengerelt anyag hossz- és keresztirányú próbapalcáinak szilárdsági értékei nem mutatnak egymáshoz viszonyítva lényeges eltérést.

A hengerlési sebesség könnyű változtatása érdekében a meghajtást 520 kW-os, illetve 710 lóerős egyenáramú elektromotor végzi, ami viszont egyenáramát egy Ward—Leonard berendezésről kapja.

Először egy 455 kg súlyú és 32 m hosszú 5 mm vastag felgombolyított alumíniumszalag hideghengerlésének szűréstervét készítjük el. A hengerlést 0,5 — 1 — 1,5 m/sec sebességgel végezzük 0,5 mm-ig lefelé.

II. Táblázat

<i>h</i> mm (5)	3	1,95	1,37	1,0	0,75	0,59	0,50
<i>f</i> %	40	35	30	27	25	22	15

455 kg-os 1050 mm széles alumíniumszalag hideghengerlésének szűrésterve reverzáló quarto szalaghengerállványon 5 mm-ről 0,5 mm-re hengerelve, 1 m/sec hengerlési sebességgel.

Ha a kiindulási hossz 32 m, a vastagság 5 mm, úgy a 0,5 mm-re kihengerelt anyag hossza hetedik szűrésnél:

$$l_7 = \frac{5 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} \cdot 32 \text{ m} = 320 \text{ m}$$

A teljes kihengerelt hossz 7 szűrés esetén:

$$l_{\bar{0}} = \frac{32 \text{ m} + 320 \text{ m}}{2} = 176 \text{ m} \times 7 \text{ szűrés} = 1232 \text{ m}$$

A teljes kihengerelt hosszhoz tartozó összes hengerlési idő, ha az átlagos hengerlési sebességet 1 m/sec-ra vesszük:

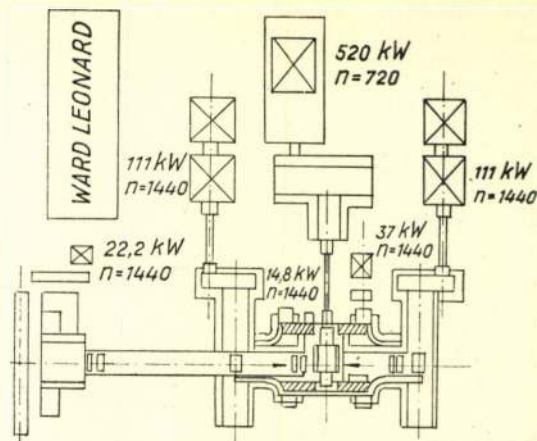
$$i_{\bar{0}} = \frac{1232 \text{ m}}{1 \text{ m/sec}} = 1232 \text{ sec} = 20,5 \text{ perc}$$

Ha az egyes szűrasközökre 2 percet veszünk, úgy 7 szűrésnél 6 szűrasköz × 2 perc = 12 perc.

1 tekercs hengerlési ideje:

tiszta hengerlési idő	20,5 perc
szűrasközök ideje	12,0 „
tekercs-csere	7,0 „

455—5% melegheng. hull. = 432 kg
teljes hengerlési ideje 39,5 perc



2. ábra. Előző reverzálható quarto szalaghengerállvány és elektromos meghajtásának vázlata.

Az elméleti adatok alapján a szinalumínium hideghengerlésénél szúrásoként max. 50% fogyás alkalmazható, lágyításig pedig a fogyások együtt max. 70—95%-ot tehetnek ki. Szűréstervünknel természetesen ezen elméleti számok alatt maradunk és mivel hengerlés alatt keményedik az anyag, a fogyásokat a keményedés mértékének arányában fokozatosan csökkentjük.

Esetünkben 7 szűrással hengerlünk 5 mm-ről 0,5 mm-re, ahol az első szűrésnél 40%-os, a hetedik szűrésnél pedig már csak 15%-os fogyást alkalmazunk. A hideghengerlés alatti teljes fogyás 90%.

Ez azt jelenti, hogy egy 1 m-nél szélesebb reverzáló quarto szalaghengerállvány teljesítménye alumíniumnak 5 mm-ről 0,5 mm-re való hengerlésénél a következő:

- 0,66 t/óra
- 5,2 t/8 óra
- 14,5 t/nap (22 óra)
- 363 t/hó

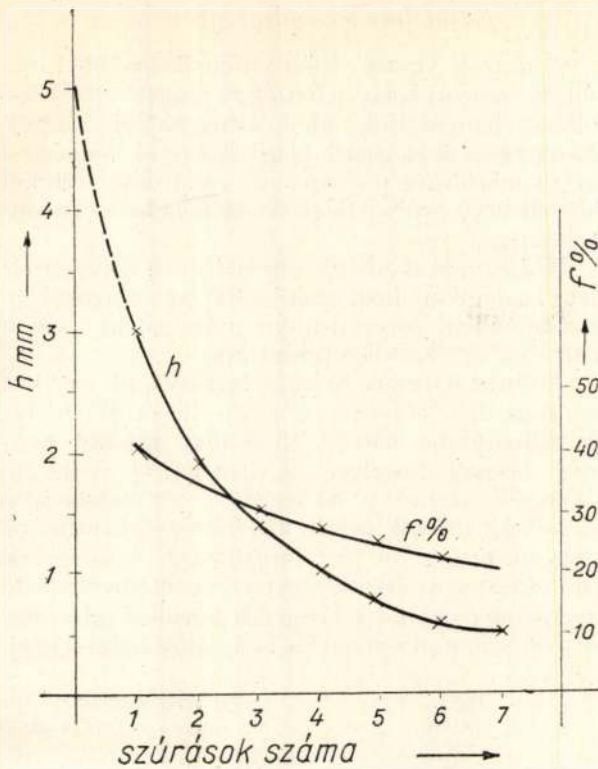
Ha duo reverzáló meleghengerállvány hiányában csupán 136 kg-os alumíniumtuskókat tudunk átemelő asztalos duo meleghengerállványon hengerelni, úgy a hideghengerlési teljesítmény a szalag elégtelen hossza folytán természetesen erősen csökken.

$$\text{Alumíniumnál } l_7 = \frac{5 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} \cdot 9,6 \text{ m} = 96 \text{ m}$$

Teljes kihengerelt hossz hét szűrés esetén

$$l_{\bar{0}} = \frac{9,6 \text{ m} + 96 \text{ m}}{2} = 52,8 \text{ m} \times 7 \text{ szűrés} = 369 \text{ m}$$

$$\text{Teljes hengerlési idő } i_{\bar{0}} = \frac{369 \text{ m}}{1 \text{ m/sec}} = 369 \text{ sec} = 6 \text{ p}$$



3. ábra. 5 mm-es alumíniumszalagnak 0,5 mm-re való hengerlésénél alkalmazott szűrásokhoz tartozó kihengerelt vastagságok és fogyások.

1 tekeres kihengerlési ideje :

tiszta hengerlési idő	6,0 p
szűrasközök ideje 6×2 p	12,0 „
tekeres csere	<u>7,0 „</u>

136 kg — 5% meleg heng. hull. = 129 kg
teljes hengerlési ideje

25,0 p
129 kg-os, 1050 mm széles alumínium szalag-
nak 5 mm-ről 0,5 mm-re való hengerlésénél quartó

reverzáló hengerállvány teljesítménye a következő :

310 kg/óra
2,4 t/8 óra
6,6 t/nap (22 óra)
165 t/hó

Ebből látható, hogy széles szalaghengerlésnél csak úgy tudjuk a hengerállvány reális kapacitás teljesítését biztosítani, ha elég nagy ill. hosszú tekeréseket hengerelünk.

Átemelőasztalos duó meleghengerállványon is hengerelhetünk nagyobb tuskókat, ekkor azonban a meleghengerléssel nem lehet a kedvező 4—5 mm-ig lemenni, — mert túl nagy hosszakat kapnánk — hanem csak 10—15 mm-ig. Ezáltal viszont túl sokat kellene hidegen hengerelnünk, ami a hideghengerlési teljesítmény szempontjából nem volna kedvező.

A következőkben egy 455 kg súlyú és 36 m hosszú 4,5 mm vastag antikorródalszalag hideghengerlésének szűrastervét dolgozzuk ki. A hengerlést a már említett reverzáló quartó szalaghengerállványon végezzük átlag 1 m/sec hengerlési sebességgel 4,5 mm-ről 0,5 mm-re.

Elméletileg szűrásokként max. 25% fogyás alkalmazható ; lágýításig pedig az összes szűrások által elért fogyás max. 60—85% lehet. Gyakorlatilag az első 25%-os fogyás utáni szűrásoknál alkalmazott fogyásokat a keményedés mértékének arányában fokozatosan kisebbekre vesszük.

Szűrasterýünket hasonló megfontolásokkal állítottuk össze, amint azt a szinalumíniumnál ismertettük. A hengerlést 4,5 mm-ről két lépcsőben végezzük 0,5 mm-re, ami azt jelenti, hogy először 4,5 mm-ről hengerelünk összesen 68%-os fogyással 1,42 mm-re, itt lágýítunk, majd tovább hengerelünk 1,42 mm-ről összesen 65%-os fogyással 0,5 mm-re.

III. Táblázat

h mm (4,5)	3,38	2,64	2,06	1,69	1,42	1,07	0,84	0,68	0,56	0,50			
f %	25	22	20	18	16	25	22	20	18	11			

455 kg-os 1050 mm széles antikorródal szalag hideghengerlése reverzáló quartó szalaghengerállványon 4,5 mm-ről 0,5 mm-re ; 1 m/sec hengerlési sebességgel.

A 4,5 mm-es kiinduló anyag 36 m hosszú, a 0,5 mm-es pedig tizedik szűrásnál

$$l_{10} = \frac{4,5 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} 36 \text{ m} = 324 \text{ m.}$$

A teljes kihengerelt hossz tíz szűrás esetén

$$l_0 = \frac{36 \text{ m} + 324 \text{ m}}{2} = 180 \times 10 \text{ szűrás} = 1800 \text{ m.}$$

1 m/sec átlagos hengerlési sebességgel számolva az összes hengerlési idő

$$i_0 = \frac{1800 \text{ m}}{1 \text{ m/sec}} = 1800 \text{ sec} = 30 \text{ perc.}$$

A szűrasközökre 2 percet számítva, 10 szűrásnál 8 szűrasköz á 2 perccel összesen 16 percet tesz ki.

1 tekeres kihengerlési ideje :

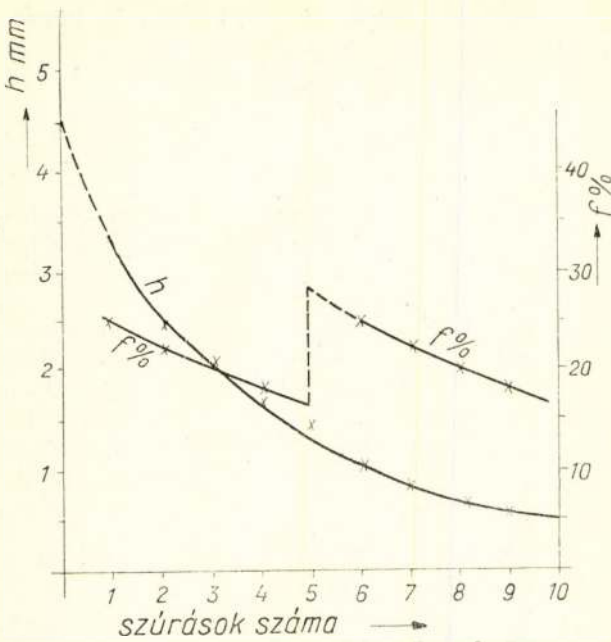
tiszta hengerlési idő	30 perc
szűrasközök ideje	16 perc
2 tekeres csere á 7 perc	<u>14 perc</u>

455 kg—5% meleg heng. hull. = 432 kg
teljes hengerlési ideje

60 perc
Az 1350 mm széles quartó hengerállvány teljesítménye 4,5 mm-ről 0,5 mm-re való antikorródal szalag hideghengerlésénél a következő :

0,43 t/óra
3,4 t/8 óra
9,4 t/nap (22 óra)
235 t/hó

136 kg-os antikorródal tekercsnek 4,7 mm-ről 0,5 mm-re való hideghengerlése esetén természe-



4. ábra. 4,5 mm-es antikorródal szalagnak 0,5 mm-re való hideghengerlésénél alkalmazott szűrásokhoz tartozó kihengerelt vastagságok és fogyások.

tesen a többszöri tekeres csere következtében csökken a hengerállvány teljesítménye.

$$l_{10} = \frac{4,7 \text{ mm}}{0,5 \text{ mm}} \cdot 11 \text{ m} = 103 \text{ m.}$$

Összes kihengerelt hossz tíz szűrás esetén

$$l_{\Sigma} = \frac{11 \text{ m} + 103 \text{ m}}{2} = 57 \text{ m} \times 10 \text{ szűrás} = 570 \text{ m.}$$

Összes hengerlési idő

$$i_{\Sigma} = \frac{570 \text{ m}}{1 \text{ m/sec}} = 570 \text{ sec} = 9,5 \text{ perc}$$

1 tekeres hengerlési ideje:

tiszta hengerlési idő	9,5 p
szűrások ideje, 8 szurk. \times 2 p	16,0 ,,
2 tekeres csere á 7 p	14,0 ,,

136 kg — 5% meleg heng. hull. = 129 kg teljes hengerlési ideje

129 kg-os, 1050 mm széles antikorródal szalagnak 4,7 mm-ről 0,5 mm-re való hengerlésénél reverzáló quartó szalaghengerállvány teljesítménye a következő:

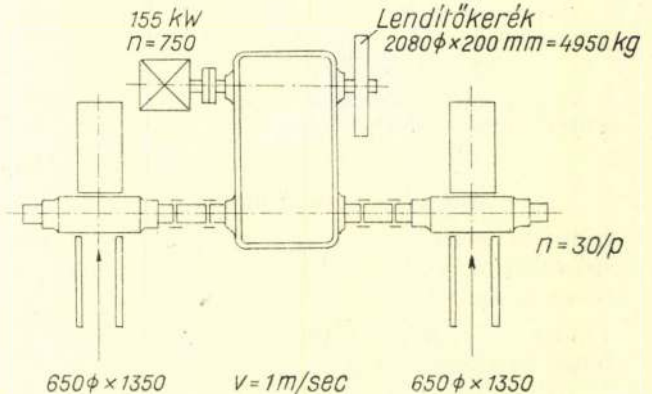
196	kg/óra
1,57	t/8 óra
4,32	t/nap (22 óra)
109	t/hó

Dural lemezek hideghengerlése

A dural típusú könnyűfémötvözeteket az említett anizotrópiai jelenségek miatt általában táblában hengereljük, ahol a hengerlési irányok változtatásával elérhető, hogy az utolsó hengerlési irányra merőleges próbapálcák szilárdsági értékei a hosszirányú próbapálcák értékeihez közel hasonlóak lesznek.

Megjegyezzük, hogy dural típusú anyagot is lehet szalagban hengerelni, ha az anizotrópia következtébeni keresztirányú próbapálcák kisebb szilárdsági értékeitől eltekintünk.

A dural lemezek hideghengerlését pl egy két állványos duó lemezhengersonon végezzük, melynek állványába 650 ϕ \times 1350 mm méretű hengerek vannak beépítve. A hengersort redukáló fogaskerék szekrény és lendítőkerék közébeiktatásával egy 155 kW-os, ill 210 lóerős elektromotor hajtja meg $n = 750$ percfordulattal. A hengerek fordulatszáma az áttétel figyelembevételével $n = 30$ perccenként és ebből a hengerek kerületi sebessége $v = 1 \text{ m/sec}$, ami egyenlő a hengerlési sebességgel



5. ábra. Kétállványos duo lemezhengersonon vázlatja.

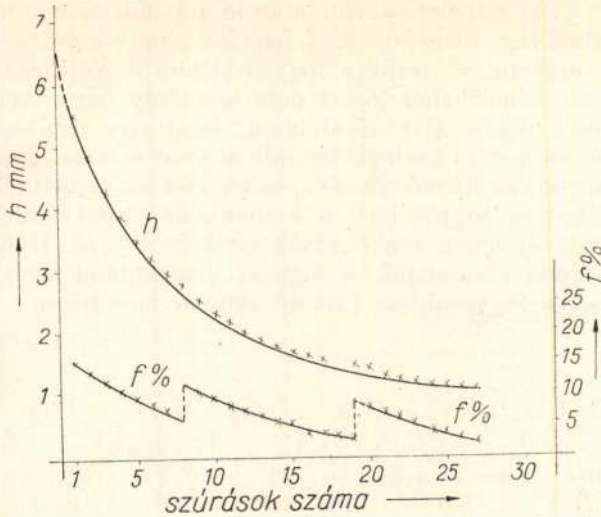
A hideghengerlést 6,5 mm vastag sablonból végezzük 1 mm-re. A kihengerelt lemezeknek kész méretre való vágásánál 46% hulladék adódik és így az 1000 \times 2000 \times 1 mm méretű és 5,20 kg súlyú készlemezhez 1050 \times 520 \times 6,5 mm méretű és 9,60 kg súlyú sablont kell felhasználnunk.

Elmélet szerint duralnál lágyításig az összes fogyás 60—85% lehet, szűrásoként pedig a fogyás kisebb legyen 20%-nál. Gyakorlatilag az első szűrás fogyását 15%-ra választjuk és a keményedés arányában a fogyásokat fokozatosan csökkentjük egészen 2,2%-ig.

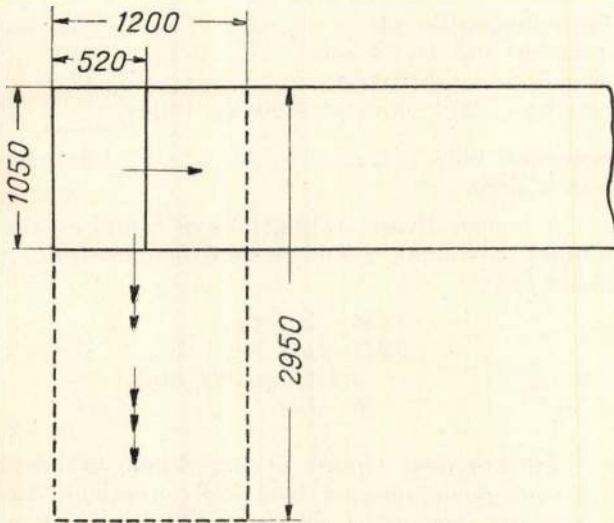
IV. Táblázat

h mm (6,5)	5,53	4,81	4,26	3,84	3,50	3,22	2,99	2,81	2,53	2,31	2,13
f %	15	13	11,5	10	9	8	7	6	10	8,8	8
h mm	1,98	1,86	1,76	1,67	1,60	1,54	1,49	1,45	1,34	1,25	1,18
f %	6,3	5,5	5	4,3	3,8	3,2	3,0	7,5	6,7	6	5
h mm				1,09	1,05	1,02	1,00				
f %				3,7	2,9	2,2					

6,5 mm-es dural sablon hideghengerlésének szűrássterve duó lemezhengerállványokon $v = 1 \text{ m/sec}$ hengerlési sebességgel való hengerlésnél.



6. ábra. 6,5 mm-es dural sablonnak 1 mm-re való hideghengerlésénél alkalmazott szűrásokhoz tartozó kihengerelt vastagságok és fogyások.



7. ábra. Dural sablonnak hengerlés alatti vázlatja.

Az 1050 mm széles 6,5 mm vastag melegen előhengerelt anyagot először 520 mm-es sablonokra vágjuk, majd ezeket 6,5 mm vastagságról 8 szűrással 2,81 mm-re nyújtjuk elő, amikor a hossz

$$l_1 = \frac{h}{h_1} l = \frac{6,5}{2,81} 520 = 1200 \text{ mm,}$$

$$\text{a fogyás } f = \frac{6,5 - 2,81}{6,5} 100 = 57\%$$

2,81 mm-en lágyítás következik, majd az előző hengerlési irányra keresztirányban hengerljük tovább a lemezt hidegen és ekkor 2,81 mm-ről 1 mm-re való hengerlés folytán az 1050 mm hossz

$$l_1 = \frac{h}{h_1} l = \frac{2,81}{1,00} 1050 = 2950 \text{ mm-re növekszik.}$$

$$\text{A fogyás ezalatt } f = \frac{2,81 - 1,00}{2,81} 100 = 64\%$$

lenne, ami túl nagy és ezért először 2,81 mm-ről 1,45 mm-re hengerelve a fogyás

$$f = \frac{2,81 - 1,45}{2,81} 100 = 48,2\% \text{ lesz;}$$

1,45 mm-en lágyítunk, majd tovább hengerelünk 1,45 mm-ről 1,00 mm-re, amikor a fogyás

$$f = \frac{1,45 - 1,00}{1,45} 100 = 31\% \text{ lesz.}$$

1,00 mm-en nemesítjük az anyagot, hidraulikus nyújtógépen nyújtjuk, egyengetjük, ollóval méretre vágjuk, majd hevertetéssel öregbítjük.

Ugy is dolgozhatunk, hogy utolsó lágyítás után a hengerlést 1,00 mm helyett 1,03 mm-re végezzük, ezen méreten nemesítjük a lemezeket, majd utánhengerlést (dresszirozást) alkalmazunk 1,03 mm-ről 1,00 mm-re 3%-os fogyással.

Hengerállvány teljesítmény számítása dural lemez hengerlésénél:

$$l_{\bar{v}} = \frac{0,52 + 2,95}{2} = 1,73 \text{ m} \times 27 \text{ szűrás} = 46,7 \text{ m}$$

$$i_{\bar{v}} = \frac{46,7 \text{ m}}{1 \text{ m/sec}} = 46,7 \approx 47 \text{ sec}$$

A sablon kihengerlési ideje:

tiszta hengerlési idő	47 sec
átemelési idő 26 × 4 sec	104 „
kezelési idő táblánként	62,5 „

9,20 kg — 46% hull. = 5,20 kg teljes

hengerlési ideje
 213,5 sec |

azaz 3,5 perc

A hengerállvány teljesítménye 6,5 mm-es dural sablonnak 1,0 mm-re való hengerlésénél a következő:

89	kg/óra
712	kg/8 óra
1,96	t/nap (22 óra)
49	t/hó

Alumínium és antikorródal típusú ötvözetek táblában való hengerlése

Mivel üzemeink jelenleg 1 m-nél szélesebb szalaghengerállványokkal még nem rendelkeznek, normál méretű lemezeket egyenlőre táblában vagyunk kénytelenek hengerelni. Ezért az alumínium és antikorródal lemezek hideghengerlésének szűrástervét táblahengerlésre is ismertetem.

Az alumíniumnál keresztirányú hengerlést nem szükséges alkalmazni és ezért a hideghengerlés iránya megegyezhet a meleghengerlés irányával és végig azonos maradhat.

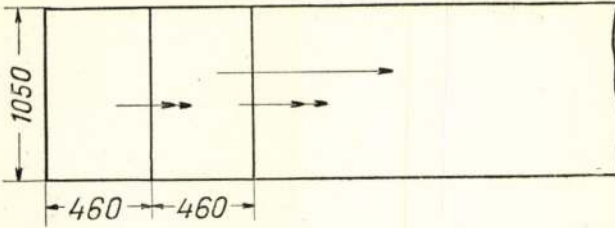
1050 × 400 × 120 mm = 136 kg-os hántolt tuskóból 5 mm-re melegen előhengerelt és 460 mm-re felvágott sablonokból végezzük hosszirányban a hideghengerlést.

Ha az összes lemez hengerlési hulladék 24% úgy ebből melegvágási hulladék
 4% |

a kész méreten való vágási hulladék
 20% |

1 db 1000 × 2000 × 1 mm = 5,20 kg készlemezsúly.

1 db 1050 × 460 × 5 mm = 6,50 kg (20%
rajt lévő hulladék) sablonsúly.



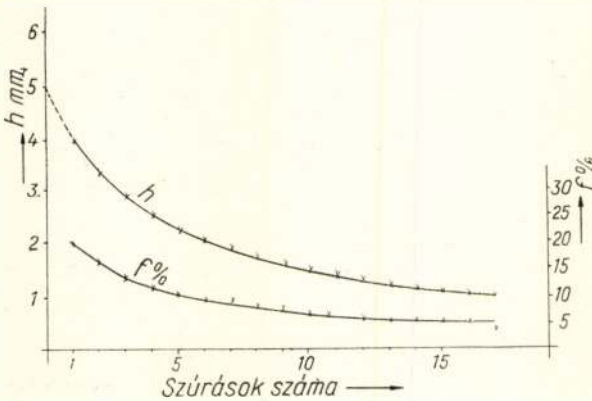
8. ábra. Alumíniumsablon hengerlés alatti vázlata.

Az elmélet szerint alumínium hideghengerlésénél lágyításig 70—95% fogyást lehet alkalmazni, szűrácsonként pedig a fogyás kisebb legyen 50%-nál. Lemezhengerlésnél nem lehet oly nagy mértékű fogyásokat alkalmazni, mint egy támhengeres quartó szalaghengerállványnál és ezért gyakorlatilag itt először 20%-os fogyást alkalmazunk, majd a fogyásokat a keményedés mértékének függvényében csökkentjük egészen 5%-ig. Ilyen alapon elkészítjük a fogyási diagrammot és az egyes fogyásokhoz tartozó szűrési méreteket.

V. Táblázat

h mm (5)	4	3,36	2,90	2,55	2,28	2,06	1,88	1,73	1,60	1,49	1,39
f %	20	16	13,5	12	10,5	9,8	9	8	7,5	7	6,7
h mm		1,31	1,23	1,16	1,10	1,04	1,00				
f %		6	5,8	5,7	5,5	3,8					

6,5 kg-os alumínium sablon hideghengerlési szűrácsterve 5 mm-ről 1 mm-re hengerelve 17 szűrácással, 1 m/sec hengerlési sebességgel.



9. ábra. 5 mm-es alumínium sablon hideghengerlésénél a fogyások és vastagságok a szűrácok függvényében.

A sablon kihengerlési ideje :

tiszta hengerlési idő	23,5 sec
átemelési idő 16 × 4 sec	64,0 „
kezelési idő táblánként	42,5 „
6,50 kg — 20% hull. = 5,20 kg teljes	
hengerlési ideje	130,0 sec
azaz 2 perc.	

A hengerállvány teljesítménye 5 mm-es alumínium sablonnak 1 mm-re való hengerlésénél a következő :

156 kg/óra
1248 kg/8 óra
3,4 t/nap (22 óra)
86 t/hó

Hengerállvány teljesítmény számítása alumínium lemez hengerlésére :

A tizenhetedik szűrácánál a hossz

$$l_{17} = \frac{5 \text{ mm}}{1 \text{ mm}} \cdot 0,46 \text{ m} = 2,30 \text{ m lesz.}$$

A teljes kihengerelt hossz

$$l_0 = \frac{0,46 \text{ m} + 2,30}{2} \text{ m} = 1,38 \text{ m} \times 17 \text{ szűrác} = 23,5 \text{ m.}$$

Teljes hengerlési idő

$$i_0 = \frac{23,5 \text{ m}}{1 \text{ m/sec}} = 23,5 \text{ sec.}$$

Antikorroddal típusú ötvözeteknek táblában való hideghengerlésénél nem kell okvetlenül keresztirányú hengerlést alkalmazni, hanem a hengerlés egyszerűen hosszirányban folytatható.

Elméletileg lágyításig összesen 60—85% fogyás alkalmazható, a szűrácsonkénti fogyás pedig kisebb legyen 25%-nál. Gyakorlatilag első szűrácánál a fogyást 17%-kal kezdjük, majd fokozatosan a keményedés mértéke szerint csökkentjük 3%-ig. Az így megszerkesztett fogyásokhoz számítással ugyancsak megszerkesztjük a szűrác diagrammot is.

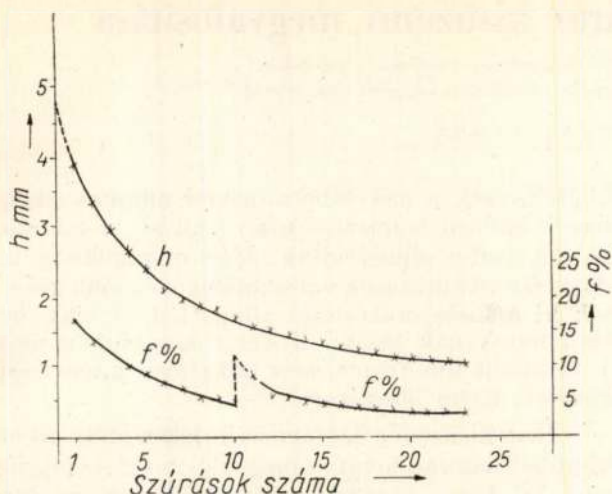
1 db 1000 × 2000 × 1 mm = 5,20 kg készlemezsúly.

1 db 1050 × 560 × 4,7 mm = 7,40 kg (30% rajt lévő hulladék) sablonsúly.

VI. Táblázat

h mm (4,7)	3,90	3,37	2,95	2,63	2,42	2,14	2,00	1,91	1,82	1,74
f %	17	13,6	12,5	10	8,7	7,5	6,6	5,6	5,0	4,5
h mm	1,60	1,52	1,44	1,37	1,31	1,26	1,21	1,17	1,13	1,09
f %	5,5	5,2	4,9	4,6	4,4	4,2	4,0	3,8	3,6	3,4

4,7 mm vastag antikorroddal lemez hideghengerlésének szűrácsterve 1 mm-re való hengerlés alatt,



10. ábra. 4,7 mm-es antikorródal sablon hideghengerlési fogyásainak és lemezvastagságainak diagrammja a szűrások függvényében.

Az adatokból kitűnik, hogy a hengerlést két lépcsőben végezzük éspedig először 4,7 mm-ről 1,74 mm-re 63%-os fogyással, itt lágyítjuk az anyagot, majd tovább hengereljük 1,74 mm-ről 1,00 mm-re 41%-os fogyással.

Lemzshengerállvány teljesítmény számítása antikorródal lemez hengerelésre: a hengerlést 4,7 mm-ről 1 mm-re 23 szűrással végezzük el. Huszonharmadik szűrésnél a hossz

$$l_{23} = \frac{4,7}{1,0} \cdot 0,56 \text{ m} = 2,64 \text{ m.}$$

Az összes kihengerelt hossz

$$l_{\Sigma} = \frac{0,56 + 2,64}{2} = 1,6 \text{ m} \times 23 \text{ szűrás} = 36,7 \text{ m.}$$

Összes hengerlési idő

$$i_{\Sigma} = \frac{36,7 \text{ m}}{1 \text{ m/sec}} = 36,7 \text{ sec.}$$

A sablon kihengerlési ideje:

tiszta hengerlési idő	36,7 sec
átemelési idő $22 \times 4 \text{ sec}$	88,0 „
kezelési idő táblánként	<u>55,0 „</u>
7,4 kg — 30% hull. = 5,20 kg teljes hengerlési ideje	179,7 sec
azaz 3 perc.	

A hengerállvány teljesítménye 4,7 mm-es antikorródal sablonnak 1 mm-re való hengerlésénél a következő:

104 kg/óra
832 kg/8 óra
2,3 t/nap (22 óra)
57 t/hó

Megjegyezzük, hogy a lemezshengerállványok teljesítményeinél nem az effektív kihengerelt mennyiségeket adtuk meg, hanem ennél jóval kisebb értékeket, azaz a készmételre levágott lemezek súlyait, mert az a lényeges, hogy egy hengerállvány tulajdonképpen mennyi kész lemezt eredményez.

Az egyes hengerállványok kiszámított teljesítményeit összehasonlítva megállapítható, hogy nagy teljesítményeket nagy tuskókból kiindulva, hidegen reverzáló quartó szalaghengerállványokon hengerelve érhetünk el, mert itt elég nagy fogyásokkal lehet aránylag kis hengerlésközi idők mellett hengerelni.

A hengerlésközi (reverzálási- vagy átemelési idő) idők és a kezelési idők csökkentésével a hengerállványok kiszámított teljesítményei még tovább fokozhatók.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Dr. Geleji Sándor: Nehéz- és könnyűfémlemezek hengerlése. Mérnöki Továbbképző, 1942.
Dr. Geleji Sándor: Alumíniumkézikönyvének „Az alumínium és alumíniumötvözetek képlékeny alakítása” című fejezete, 1949.
Dr. Geleji Sándor: Kohóéptan, 1950.
Dr. A. Geleji: Die Berechnung der Kräfte und der Kraftbedarfs bei der Formgebung im bildsamen Zustande der Metalle. Budapest, 1952.
Dr. O. Emicke: Bauart, Betriebsweise u. Wirtschaftlichkeit von Warm- u. Kaltwalzwerken für die Herstellung von Metallblechen u. — bändern. (Die Technik; Metallurgie u. Giessereitechnik, 1950., Nr. 6., Juni.)
Dr. Ing. A. Zeerleder: Technologie des Aluminiums. Leipzig, 1943.
Dr. Ing. A. Zeerleder: Technologie der Leichtmetalle. Zürich, 1947.
Dipl. Ing. H. Warth: Entwicklungsstand des Walzens von Leichtmetallblechen und- Bänder. (Metall Zeitschrift 1948., XII.)
By C. E. Davies: Rolling Aluminium and its Alloys. (Metall Industry 1951., IV.)
Köves Elemér: Könnyűfémlemez- és szalaghengerlés technikai fejlődése. (Bányászati és Kohászati Lapok, 1949., 5.)

Új alumínium előállítási eljárás kisüzemi megvalósítása

Az ú. n. Loewenstein (Al-Zn desztillációs eljárás) kisüzemi megvalósításának ismertetése.
A Journal du Four Electrique 1952. III. számának 78—82. oldalán megjelent cikk nyomán

Összeállította: DR. DOMONY ANDRÁS

Lapunk 1951. évi 10. és 11. számában foglalkoztunk az alumíniumnak desztilláció, illetve szublimáció segítségével történő újfajta előállítási eljárásaival.¹ A közlemény az összefoglalóban összehasonlítást tett a különböző eljárások előnyeiről és hátrányairól, megállapította, hogy az egyes eljárásokról végleges véleményt csak a félüzemi kísérletek adatai alapján lehet majd mondani. Az új módszerek ismertetése ugyanis legnagyobb részt laboratóriumi munkák eredményeire támaszkodott.

A Journal du Four Electrique 1952. évi III. számának 78—82. oldalán részletesen ismerteti a ú. n. Loewenstein-féle alumínium desztillációs eljárás próbaüzemi megvalósításának eredményeit.

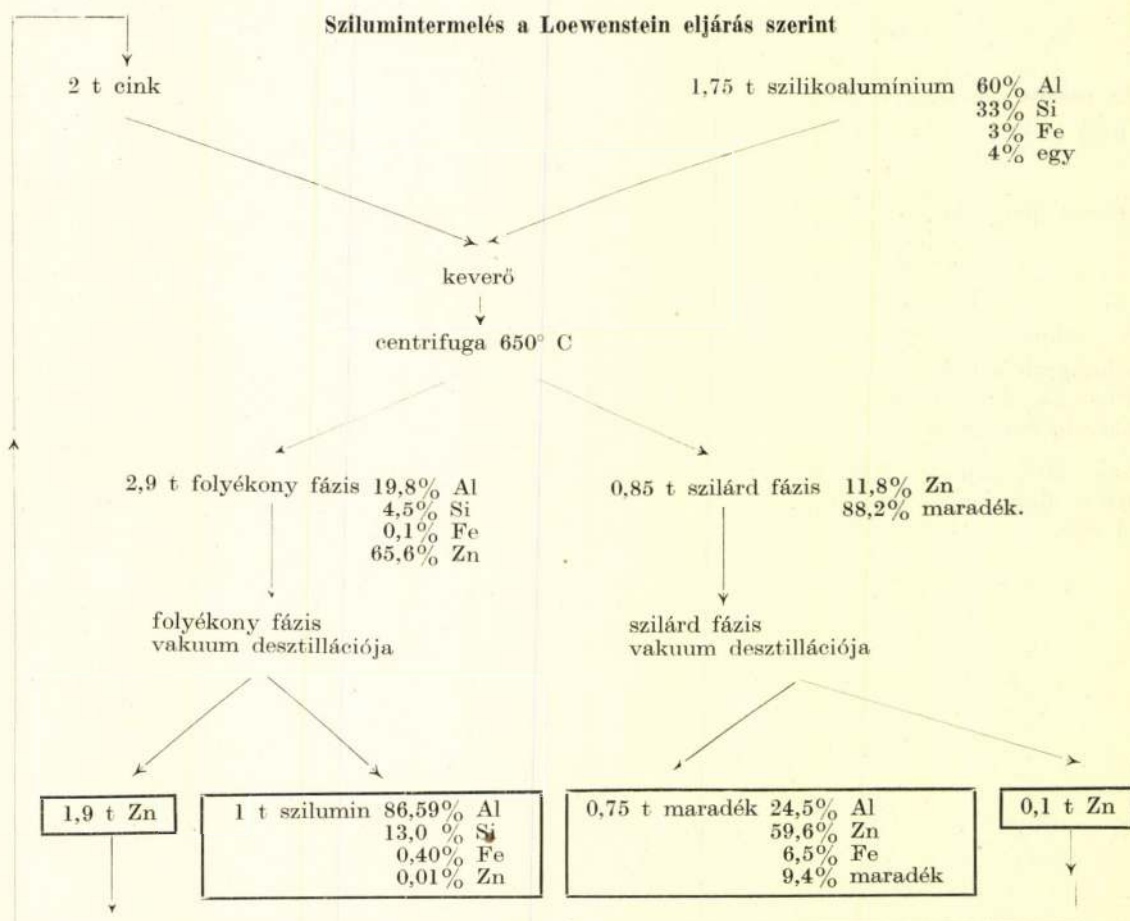
A cikk bevezetőjében megemlíti, hogy a timföldgyártás kikerülését célzó újfajta alumínium-előállítási eljárások ipari kipróbálására a háború alatt Németországban kis kísérleti üzemek mű-

ködtek, ezek a nagylaboratóriumi munkák azonban a háború befejezése után leálltak, a munkahelyek pedig elpusztultak. Más országokban az ilyenirányú kutatások valószínűleg még nem kerültek ki a kislaboratóriumi állapotból. A cikk úttörő munkának tekinti a Franciaországban napi 1 t alumínium termelésére alkalmas kapacitású kísérleti üzem létesítését.

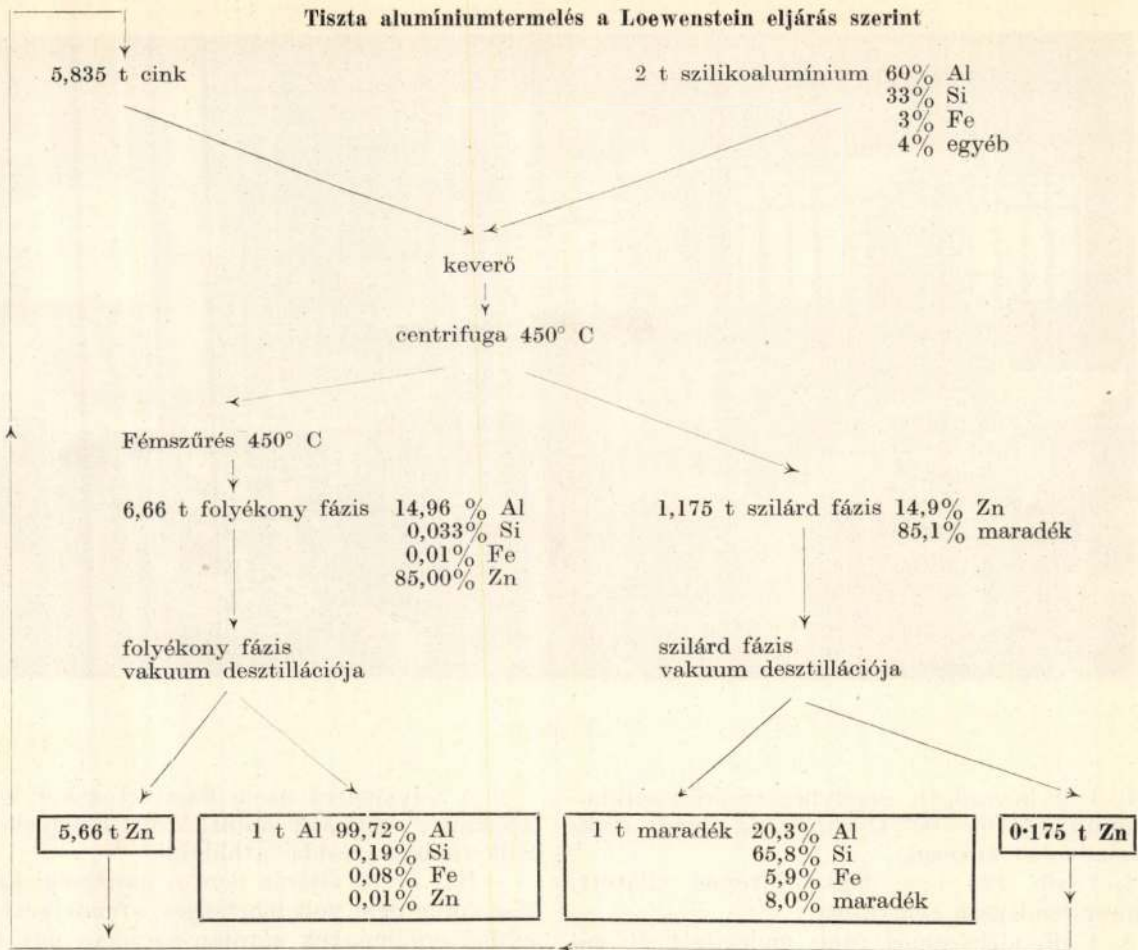
Ez a kisüzem a Loewenstein-féle eljárás üzemi kipróbálását van hivatva megvalósítani. Az eljárás lényege, hogy a termikusan előállított, vastartalmú szilikóalumíniumból az alumíniumfém cink segítségével oldja ki; a cink-alumínium keverékből pedig a cinkfémot vákuumban ledesztillálja. Az eljárás melléktermékekül szilíciumfémot is állít elő.

Azáltal, hogy ennek az eljárásnak kiindulási anyaga szilikóalumínium — amelynek előállításához jóminőségű bauxit helyett vasszegény kaolin, vagy agyag is megfelel — az alumíniumipar nyersanyag ellátását forradalmasíthatja.

A kísérleti üzem munkamenete a következő:



1. ábra. Alumínium kitermelés 83%. Zn veszteség 5—30 kg 1 t sziluminra számítva.



2. ábra. Alumínium kitermelés 83%. Zn veszteség 5—30 kg 1 t alumíniumra számítva.

A kiindulási anyagot képező szilikoalumínium összetétele :

Al	60%
Si	33%
Fe	3%
Különböző szennyezések	4%

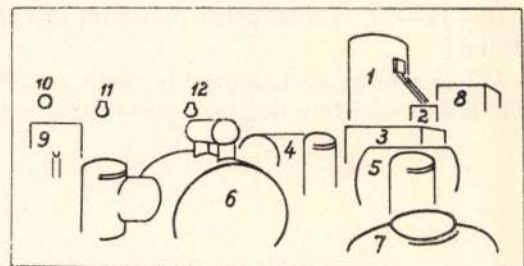
A finomra őrölt szilikoalumíniumot 650° C-on folyékony cinkkel bensőségesen összekeverik. A keverékből a cink az alumínium nagyrészt kevés szilíciummal és nagyon kevés vassal együtt kioldja. A keverék egy Zn-Al-Si ötvözetből álló folyadékfázisra és egy szilíciumban és vasban gazdag szilárd fázisra oszlik.

A két fázisból álló keveréket, a folyékony résznek elkülönítése céljából, a végtermékkel szemben fennálló követelményeknek megfelelően, 450—650° C között centrifugában kezelik. A centrifugált folyadékfázist szükség szerint még 450° C-on fémszűrőn is keresztülbocsátják. A szilárd fázistól megszabadított folyékony Zn-Al-Si részből a cinket desztilláció segítségével eltávolítják. A centrifugában visszamaradt cinktartalmú, főleg szilíciumból és vasból álló szilárd részt a cinkfém visszanyerése érdekében szintén vákuum-desztillációnak vetik alá.

A szilárd fázisból kinyert Si-Al ötvözetet szilikotermikus magnéziumgyártáshoz lehet felhasználni.

A végtermék összetétele két tényezőtől függ :
a) A cink oldószer mennyiségétől,
b) a szilárd és folyékony fázis elválasztásának hőmérsékletétől.

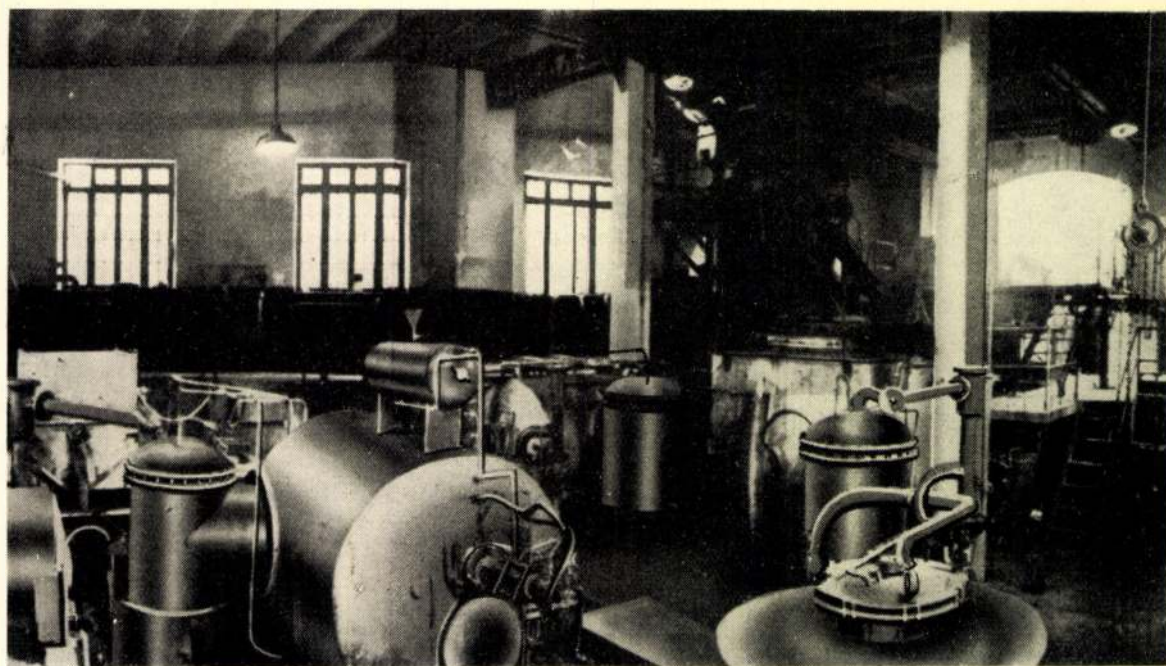
Az 1. és 2. ábra a különböző mennyiségű cink-oldószer segítségével történő extrakciós munkamenet vázlatát és a kitermelt fém minőségét szemlélteti.



3. ábra. Loewenstein-féle berendezés vázlatja.
1. keverő ; 2. 125 l-es centrifuga ; 3. fémszűrő ; 4., 5., 6. 125 kVA-es vákuum desztilláló kemence ; 7. 150 kVA-es vákuum indukciós kemence ; 8., 9. elektromos olvasztókemencék ; 10., 11., 12. vákuumszivattyúrendszer.

A kísérleti üzem létesítéséhez szükséges berendezések vázlatát a 3. ábra, a berendezés fényképét a 4. ábra szemlélteti.

Napi 1 t készáru termeléséhez alkalmas kísérleti üzem a következő berendezésekből áll :



4. ábra

1. 1 db keverőgép, amelyben az őrlött sziliko-alumíniumot $450-700^{\circ}\text{C}$ között az olvadt cinkkel össze lehet keverni.

2. 1 db 125 l-es, belső fűtéssel ellátott, Péchiney-rendszerű centrifuga.

3. 1 db elektromos úton melegített és vákuum-csatlakozással ellátott fémszűrő.

4—5. 2 db kVA-es, grafit ellenállásfűtésű, vákuum-desztilláló kemence, a cink desztillációja részére.

6. 1 db 120 kVA-es grafit ellenállásfűtésű, vákuum-desztilláló kemence a szilárd maradék cinktartalmának ledesztillálására.

7. 1 db 150 kVA-es 50 periódusú vákuum-indukciós olvasztókemence a készáruban lévő utolsó cinknyomok eltávolítására.

8—9. 2 db elektromos olvasztókemence.

10—11—12. Többlépcsős vákuum-szivattyú-rendszer.

A berendezés legkényesebb része a 700°C körüli hőmérsékleten dolgozó centrifuga.

A folyamatos üzem fenntartásakor igen sok apparatív nehézség mutatkozott, amelyeket sikerült többé-kevésbé áthidalni.

Bár az új eljárás pontos gazdasági kiértékelése eddig nem volt lehetséges, a rendelkezésre álló eddigi eredmények alapján azonban úgy látszik, hogy a költségtényezők nem fognak kedvezőtlenül alakulni. Mindenesetre már most is megállapítható, hogy az eljárás a klasszikus timföldgyártáson keresztülmenő alumíniumkohászatnál lényegesen kisebb beruházási költségeket igényel. Az új desztillációs eljárás létesítésénél kedvezőnek mutatkozik az a körülmény is, hogy az alumínium-előállítás, az eddig használatos egységeknél lényegesen rövidebb idő alatt létesíthető telepeken is lebonyolítható.

Bár a közlemény minden megállapításával egyetérteni még túlkorainak látszik, az irodalomban először jelent meg olyan hír, amely a timföldgyártás megkerülésével történő félüzemi alumínium előállításáról részletes tájékoztatást nyújt.

Garay László, a Fémkohászati Szakosztály titkára beszámolója a Bányászati és Kohászati Egyesület 1952. november hó 11-i választmányi ülésén

A Fémkohászati Szakosztály ezévi munkájának súlypontja a szervezési feladatok végrehajtása volt. Ezen a területen az üzemi felelős hálózat megszervezése és munkába állítása nem sikerült megfelelő eredménnyel, ennek folytán az üzemi tagság széles rétegeit az egyesületi életben való aktív részvétellel nem tudtuk mozgósítani. Ez rányomta bélyegét egyesületi munkánkra, ezért a második félévben az üzemi felelősökkel való rendszeres foglalkozást is feladatul tűztük ki. Az első félév szervezési munkájának súlypontja a vidéki csoportok megszervezése volt. Az első félévben megszervezett almásfüzitői, magyaróvári, tatabányai, ajkai és fehérvári csoportok közül rendszeres egyesületi élet azonban csak Ajkán, Magyaróváron és Almásfüzitőn alakult ki. Tatabányán és Székesfehérváron egyesületi élet még a mai napig sem indult meg, ennek oka főként az, hogy az Egyesület részére megfelelő helyiséget egyik helyen sem sikerült biztosítani. Ez erősen gátolja az egyesületi élet megindulását.

A második félévben a váci csoport és az inotai csoport megszervezését tűztük ki feladatul, ezek közül a váci csoport megszervezése megtörtént. További feladat az inotai csoportnak megszervezése, valamint a még aktívan nem működő csoportok részére megfelelő támogatás nyújtása, a rendszeres egyesületi élet megindítása céljából.

Általában eddigi kapcsolataink a vidéki csoportokkal elég lazák voltak, amit a II. félévben kívánunk szorosabbra fűzni a vidéki titkárokkal való rendszeres havi megbeszéléseken keresztül. E megbeszéléseken lehetőség nyílik az egyesületi élet hiányosságainak kiküszöbölésére, a vidéki csoportok egymásközti kapcsolatainak, valamint a budapesti Egyesülettel való kapcsolat szorosabbra fűzésére.

Az egyesületi élet a szakosztályban a III. negyedévében erősen visszaesett, aminek okát a Szakosztály vezetősége több ízben tárgyalta, azonban lényeges javulást nem tudott elérni. Ez a lanyhulás még a jól működő vidéki csoportoknál Ajkán, Almásfüzitőn és Magyaróváron is észrevehető volt. A szakosztályi élet megjavítására a Szakosztály vezetősége elhatározta, hogy a klubnapokat rendszeresítve, minden klubnapra az iparágat érintő és mindenkit érdeklő műszaki kérdés megvitatását tűzi napirendre és a szakosztály tagjainak, valamint a vidéki csoportoknak meghívókat küld ki. Az így megtartott klubnapok igazolták a vezetőség elgondolásának helyességét, mert a szépszámú résztvevő jelenlétében a klubnapokon nívós műszaki vita alakult ki.

Az oktatási feladatok végrehajtása területén a Szakosztály elvégezte a Mérnöktovábbképző Intézet előadásainak tematikai előkészítését, gondoskodott az előadók megszervezéséről s az előadások megtartásában a Mérnöktovábbképző Intézet eddigi gyakorlatától eltérő egészen újszerű

megoldást választott, amellyel biztosítani tudta az iparág mérnökeinek állandó részvételét a tanfolyam előadásain.

Nem fordított azonban kellő gondot arra, hogy az előadások anyagát a felkért előadók időre el is készítsék. E kérdést komoly vizsgálat alá kellett venni, a tanfolyam zavartalan lebonyolításának érdekében. A hiányosságok felszámolására értekezletet hívtunk össze az összes előadók bevonásával, amelyen az összes felmerült nehézségeket sikerült megoldani és a Mérnöktovábbképző Intézet előadásainak zavartalan lebonyolítását biztosítani tudtuk.

Az előadások megszervezése területén a munkatervben lefektetett feladatokat nem tudtuk maradéktalanul végrehajtani. Előadásokat rendszeresen és havonta sem Budapesten, sem a vidéki csoportoknál nem tudtunk tartani. Az év folyamán szakosztályunk az alább felsorolt előadásokat tartotta meg:

II. hó folyamán:

Garay László: A hazai színesfémkohászat kiépítésének lehetőségei. (Budapesten.)

IV. hó folyamán:

Halmos György: Alumíniumporokból előállított nagyszilárdságú és hőálló zsurgított testek technológiája. (Budapesten.)

Marschek Zoltán: A Szovjetunióban szerzett tapasztalatok felhasználása a timföldgyártás területén (Mosonmagyaróváron és Tatabányán).

Szakál Pál: Lengyelországi tapasztalatok. (Ajkán és Mosonmagyaróváron.)

V. hó folyamán:

Kóder Frigyes: Ütemes termelés. (Székesfehérváron.)

IX. hó folyamán:

Dobos György: A hazai ferroötvözetgyártás problémái. (Budapesten.)

A XI. hó folyamán TMK ankétot rendeztünk Egyesületünk székházában, az összes vidéki vándorok bevonásával.

III. hó folyamán sajtóankétot tartottunk, amelyen sikerült a Kohászati Lapok ezévi anyagának tervszerű biztosítása.

A Szakosztály jó kapcsolatot létesített a Szovjetunióban lévő ösztöndíjasokkal, aminek eredményeképpen lapunkban sorozatosan jelennek meg cikkek ezen ösztöndíjasok tollából.

Bár a szakosztályi élet a nyári hónapok alatt lanyhulást mutatott, az utóbbi hetek eredményei arra engednek következtetni, hogy szívós, szorgalmas munkával Szakosztályunkban komoly javulást fogunk tudni a közeljövőben elérni.

Hírek

Halálozás

Mint lapunk előző számában jelentettük, Széki János, a műszaki tudományok doktora, okl. fémkohómérnök, a Rákosi Mátyás Nehézipari Műszaki Egyetem fémkohászati tanszékének vezetője, Egyesületünk volt alelnöke 1952 november 14-én 73 éves korában elhunyt. Temetése november 19-én volt Budapesten. Sírjánál dr. Horváth Zoltán egyetemi docens Egyesületünk felkérésére az alábbi szavakkal búcsúztatta a magyar fémkohászat elhunyt kiváló tudósát:

Nekem jutott az a nagyon nehéz feladat, hogy a Rákosi Mátyás Nehézipari Műszaki Egyetem és a Bányászati és Kohászati Egyesület nevében örök búcsút vegyek volt tanáromtól, atyai barátunktól, példaképünktől: az előttünk lévő koporsóban örök nyugalomát megkezdő Széki Jánostól. Nehéz a feladat, mert a halál igen küzdelmes, de mindemellett igen szép élet végére tett pontot, az elhunyt szerénysége, emberi nagysága, példamutató, munkás élete pedig szinte lehetetlenné teszi, hogy az elmúlás miatt érzett fájdalom hatása alatt az őt megillető szavakat megtaláljam. Ennél a koporsónál 73 kemény munkában eltöltött évre kell visszatekin-tenünk.

Széki János a komoly munkához már gyermekkorában hozzáéledt. Az őt nevelő Domonyban lakó nagyszüleitől 4 éven át télen-nyáron gyalogszerrel járt be az aszói gimnáziumba és közben az ácsmesterség képe-ritésével rendelkező nagyapja által bérelt föld művelésében is segédkezett. Később a pozsonyi liceumban a tanítatásával járó kiadásokat az iskola anyagi támogatásából és diáktársai oktatásáért kapott pénzből fedezte. Az érettségi letétele után, 1898 őszén a budapesti József Műegyetemre iratkozott be gépészmérnök-hallgatónak. Megtakarított pénze azonban még az első félév vége előtt elfogyott, reményei ellenére mellékfoglalkozást sem tudott szerezni, úgyhogy kénytelen volt kilépni a Műegyetem kötelékéből. Ezután szülőfalujában a közszégi irodában segédkezett. Itt egy bányaesküdtől szerzett tudomást arról, hogy az 1899/1900. tanévtől kezdve a pénzügyminisztérium a selmeci Akadémián a fémkohászati szakra iratkozott, jó előmenetelű hallgatók számára 6 db, évi 600 koronás ösztöndíjat rendszeresít. Ennek az ösztöndíjnak a reményében ment fel 1899 őszén Selmecbányára és iratkozott be fémkohásznak. Az ösztöndíjat valóban megkapta és tanulmányi eredményei alapján mindvégig meg is tartotta.

Az eddigiekből láthatjuk, hogy Széki János ifjúsága csupa küzdelem volt a tudás megszerzéséért. Ezzel szemben férfikorára az alkotómunka volt jellemző. Az akadémiai tanulmányok elvégzése után, 1902-ben, tehát 50 éve lépett az állam szolgálatába. A kapnikbányai fémkohóban és lúgzóműben, azután az alsófernezei állami fémkohóban és a vele kapcsolatos próbaházban való gyakornokoskodás után, az államvizsgát letéve, a zalatnai vegyelemző hivatalhoz, majd a zalatnai kohóhoz került. Itt az 1913. év végéig működött. Közben néhány belföldi és külföldi tanulmányútja során megismerte a kénsavgyártás akkori állását, a vezetése alatt álló üzemágak közül többet korszerűsített. Ugyanebben a kohóban és időben megismerkedett a tovalapátoló kemencében való pörköléssel, a Piltz-féle aknáskemencében való olvasztással, a dúsólom leűzésével, a zalatnai kohóban eltöltött szolgálata utolsó éveiben még az

Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Zalatna és vidéke osztályának titkári tisztségét is viselte.

1913 december 9-én a pénzügyminisztérium a selmeci bányai Bányászati és Erdészeti Főiskola Fémkohászati Tanszékére nevezte ki rendkívüli tanárnak. Az 1923/24. tanévben a közben Sopronba költözködött főiskola kohómérnöki osztályának, majd a főiskolának a Józsefnádor Műegyetembe történő beolvasztását követően az 1936/37. tanévben a bánya-, kohó- és erdőmérnöki kar dékáni tisztségét töltötte be. Tanári működését nemcsak az jellemezte, hogy iparkodott a hallgatóknak és munkatársainak igen széleskörű és elmélyült tudásának kincsesládából a lehető legtöbbet átadni, hanem az is, hogy környezetét saját életének példájával, mindennapi intézkedéseivel, becsületességre, a hazának és a szakmának nagy szeretetére, egymás megbecsülésére és segítségére nevelte. Elmúlásában a legfájdóbb az, hogy szellemileg teljesen frissen, csupán a test erőtlensége miatt kellett itthagynia bennünket. Még hosszú ideig tartó betegségének utolsó hónapjaiban is sokat dolgozott. Mindannyian igen nagy munkabírást, majdnem hihetetlen akaraterejét és igen kitartó embernek ismerjük meg. Így például 68 éves korában elkezdett oroszul tanulni és a vele egyidőben kezdők között vitathatatlanul a legtöbbre vitte. A szakirodalmat állandóan figyelemmel kísérte és bámulusos módon ismerte. Szociális érzéke rendkívül módon fejlett volt. Ezt bizonyítja a segélyezőegylet elnöki tisztségében több évtizeden át kifejtett áldásos működése is.

Azokban nemcsak mint tanár tartozott a legkiválóbbak közé, hanem mint tudós is nagy volt. Valamennyi ténykedését nem sorolhatom fel, ezért csak a legfontosabbak felemlítésére szorítkozom. A poralaki félkocsnak darabos házi tüzelőszerré való átalakításával kapcsolatban végzett laboratóriumi kísérletei és elgondolásai, valamint ezekre vonatkozó magyar, osztrák, német és jugoszláv szabadalmi Dorogon a szénleparló üzemben kerültek megvalósításra. A recski érc gazdagságos feldolgozásával majdnem 40 évig foglalkozott. Ezzel kapcsolatban is sok szabadalmat jelentett be. Dr. Romwalter Alfrédal együtt foglalkozott a hazai vasban dús bauxitok feldolgozásának problémájával. Megírta a magyar fémkohászat fejlődésének történetét. Igen sokat kísérletezett a csucsmi, aranyban dús antimon szinporral; a Németországban fémméretékben lefolytatott kísérletek alapján a kidolgozott eljárásra szabadalmi igényt jelentett be. A Nagybánya vidékén található, aranytartalmú piritszinporok feldolgozására is több, szabadalmazott eljárást dolgozott ki. Erdemeinek méltó elismeréséül a Tudományos Minősítő Bizottság a folyó év nyarán a műszaki tudományok doktorának ismerte el, a Népköztársaság Elnöki Tanácsa pedig kb. 2 hónappal ezelőtt a Népköztársasági Érdemrend V. fokozatával tüntette ki.

A Bányászati és Kohászati Egyesületben betöltött szerepéről már említettem, hogy az Egyesület Zalatna és vidéke osztályának több éven át volt a titkára. Ezenkívül 50 éves egyesületi tagsága alatt kétszer volt alelnök, hosszú ideig volt választmányi tag, tevékeny részt vett az Egyesület minden megmozdulásában, kimagasló tanári és tudományos munkásságával állandóan emelte az Egyesület tekintélyét, jó hírnevét.

Ennek a rövid és nagyon is hiányos méltatásnak a végére érve, azzal búcsúunk tőle, hogy teste ugyan, itthagyt bennünket, de szelleme és emléke közöttünk fog élni. Igérjük Neki, hogy örök példaképünknek tekintjük és soha-soha el nem felejtjük..

Utolsó Jószerencsét!

A Bányászati és Kohászati Egyesület Fémkohászati Szakosztályának ankétja a hulladék-alumínium feldolgozása tárgyában, 1952. dec. 2-án

Dr. Domony András ismertette a hulladék-alumínium begyűjtésével, feldolgozásával és értékesítésével kapcsolatos problémákat. Megállapította, hogy a jelenlegi fém-begyűjtési rendszer a követelményeket távolról sem elégti ki; a hulladékanyag osztályozása, válogatása és demontálása nincsen megoldva. A hulladék-alumíniumot feldolgozó üzemek vagy nem rendelkeznek megfelelő minőségi gyártmány előállításához kielégítő berendezéssel, illetve telephellyel, vagy nem tudták a hulladék-alumínium feldolgozását megkezdeni. Ennek a helyzetnek az a következménye, hogy évenként igen nagymennyiségű fémhulladék megy veszendőbe, illetve a feldolgozásra kerülő hulladékanyagok minősége nem megfelelő.

A kérdés részletes megvitatása után a következő álláspont alakult ki:

1. A legsürgősebb teendő a fém-begyűjtés és válogatás kérdésének rendezése. Erre vonatkozólag az Országos Tervhivatal előtt részletes javaslat fekszik. A probléma gazdasági fontosságának megvitatása érdekében az I. Munkabizottság hét napon belül rövid összefoglaló memorandumot fog kidolgozni, amelyet az Egyesület az Országos Tervhivatal elnökéhez továbbít. A Munka-

bizottság tagjai: Beretvás Ferenc, Gergely György, Ambrus Ferenc, Róbert László, Lorsch Sándor és Szabó Ferenc.

2. A 2. Munkabizottság 15 napon belül kidolgozza azokat a legsürgősebb szükséges intézkedéseket, amelyeket a hulladék-alumínium feldolgozó üzemek munkájának javítása, illetve üzembehelyezése megkíván. A munkabizottság tagjai: Laár Tibor, Köves Elemér, Solti Márton, Sotonyi Egon.

3. Az 1. és 2. Munkabizottság jelentései alapján az Egyesület vezetősége javaslattal fordul a Rákosi Mátyás Művek felé, az ottani hulladék-alumínium feldolgozó üzem üzembehelyezésére vonatkozólag, a Qualital fejlesztése útjából pedig igyekszik az akadályokat elhárítani.

4. Az Egyesület a hulladék-alumínium kérdés távlati perspektívájának kidolgozására, a Könnyűfémipari Tervező Irodával közösen az 1953. évben munkabizottságot fog létesíteni.

5. A hulladék-alumínium feldolgozó üzemek kívánása alapján az Egyesület a Fémipari Kutató Intézet. Tanműhelyét felkéri, hogy az 1953. évben fémgyűjtők számára tanfolyamot rendezzen.

A Népművelési Minisztérium közleménye

Az Országos Műszaki Könyvtár (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5) havonta megjelenő műszaki referáló folyóirataiban, a műszaki lapszemlékben rendszeresen ismerteti a Szovjetunió élenjáró műszaki eredményeit, a népi demokráciák műszaki haladását, továbbá a technika fejlődését, a többi országokban. Rövid kivonatokban számolnak be a műszaki lapszemlék a technika legújabb vívmányairól, a legújabb kutatásokról, a jelentősebb találmányokról és az új munkamódszerekről. Mindezek komoly segítséget nyújtanak termelőüzemeinknek (vállalatainknak), amelyek tervük teljesítésében az új műszaki eredmények és eljárások ismeretét nem nélkülözhetik.

A műszaki lapszemlék 1953-ban továbbra is a következő iparági csoportosításban jelennek meg:

Bányászat	200,— Ft
Elektrotechnika, Híradás-technika, Finomtechnika, Optika	200,— Ft
Élelmezés és Mezőgazdasági Ipar ..	160,— Ft
Energia és Hőgazdaság	160,— Ft
Építés, Építészeti, Építőanyag, Kéremia, Üveg- és Faipar	200,— Ft

Fizikai Szemle	240,— Ft
Gépészet	200,— Ft
Kémiai Szemle	240,— Ft
Kohászat, Öntöde, Alumínium	200,— Ft
Közlekedés, Mély- és Vízépítés, Hidrológia	240,— Ft
Papír- és Nyomdaipar	160,— Ft
Textilipar	200,— Ft
Vegyészet, Bőr-, Gumi-, Műanyagipar	200,— Ft

A Műszaki Lapszemlének üzemekben való rendszeres és széles körben való tanulmányozása és ismertetése fontos népgazdasági érdek az 1953. évi terv teljesítése szempontjából. A szemléket a vállalatvezető elvtársak olyan példányszámban rendeljék meg, hogy az érdekelt termelő üzemrészlegek dolgozói igényeinek kielégítésén felül, a könyvtárban és az újtató-körben is megfelelő példányszám álljon rendelkezésre. A Műszaki Lapszemlék az Országos Műszaki Könyvtárnál (Budapest, VIII., Rákóczi-út 5) rendelhető meg.

Barabási Rezső s. k.
osztályvezető.

Egyesületi könyvtárszaporulat

Emőd Gyula: Süllyesztéktervezés könnyűfémek kövacsolásához. Budapest, 1952.

Dr. Karl Keil: Ingenieurgeologie und Geotechnik, Halle, 1951.

W. Friedrich: Tabellenbuch für das Bau- und Holzgewerbe. Leipzig, 1951.

Dr. Ota Hajček: Az oxigén alkalmazása a vas- és acélgépjárművekben. 1952.

Horváthy Lóránd: Bányamentés. Budapest, 1952.

Sz. A. Fjodorov: Bányanyitó és feltáró vágatok. Budapest, 1952.

Culukidze: A hasznos ásványtelepülések. Budapest, 1951.

Kontorovics: Az acél és az öntöttvas hőkezelése. Budapest, 1952.

Papalekzi: Fizika I—II. Budapest, 1951.

Geleji Sándor: A színesfémek féglyártmányainak technológiája. Budapest, 1952.

Bermant: Matematikai analízis II. Budapest, 1951.

Fritz Eisenkolb: Das Tiefziehblech. Leipzig, 1951.

Mezubcov: A hidegsajtolás technológiája. Budapest, 1952.

Babics András: A pécsvidéki köszönbányászat története. Budapest, 1952.

Gorjacsikin: A tőzeg termelésének és számításának technológiája. Budapest, 1952.

Gillemot—Kerpely: Vas- és fémipari anyagismeret. Budapest, 1952.

Központi Statisztikai Hivatal: Magyarország helységnevtára. Budapest, 1952.

Kascenko: A metallográfia alapjai. Budapest, 1951.

August Cempel: Über das Pressen der Metalle. Berlin, 1951.

Popov: Tömedékelés gépesítése a szén- és ércbányaiparban. Budapest, 1952.

Korossy—Pongrácz: Bányák híradó- és jelzőszolgálat. Budapest, 1952.

Fritz Naumann: Das Schlackensand-Formverfahren. 1951.

Mihajlov: Bányászati szerszámok. Budapest, 1952.
Kszénofontova—Karpuchin—Harev: A vágatok légellenállása. Budapest, 1952.

Dr. Papp Elemér: Színesfémek és ötvözetek vegyi megtámadhatóságának táblázatai. Budapest, 1952.

Awetissjan: Grundlagen der Metallurgie. Halle, 1951.

Dr. Kühne: Der Kraftbedarf beim Fließpressen zylindrischer Hohlteile. Halle, 1951.

Dr. Diószeghy Dániel: Tüzelőanyagok és kohászati kemencék. Budapest, 1952.

Horváth Lőránd: Bányamentés. Budapest, 1952.

Iljicsev: Pneumatikus berendezések a bányában. Budapest, 1952.

Pak-Gejer: Bányaszivattyúk és szellőztetők. Budapest, 1952.

Jedneral: Elektrokohászat. Budapest, 1952.

Girsovic: Vasöntészet. Budapest, 1952.

Antonovszkaja—Bazsenov—Szavajjev: Teljes automatizálás a szénbányákban. 1952.

Vasziljev—Markova—Mitnyik: Korszerű bányavilágítás. Budapest, 1952.

Mosóczi Ferenc: Szénelemzési módszerek. Budapest, 1952.

Barna György—Szakács György: Acélok mélyhűtése. Budapest, 1952.

Ósoha László: Rázócsúszdák, Rázócsúszdamotorok. Budapest, 1952.

Kamenscsikov: Kovácsolás. Budapest, 1952.

Gercsuk: Operatív tervezés a kovácműhelyekben. Budapest, 1952.

Scheffer Viktor: Geofizikai módszerek a kőolajkutatás szolgálatában. Budapest, 1952.

Goncsarenko: Gépalkatrészek szivacsos krómozása. Budapest, 1952.

Maréchal Károly: Öntödei mintalapok, formázógépek. Budapest, 1952.

Tschorn: Materialprüfung und Betriebsüberwachung in der Eisen-Stahlgiesserei. Halle, 1951.

Rüppel: Verkehrstechnik der Hüttenwerke. Halle, 1952.

Billiter: Elektrometallurgie wässriger Lösungen. Halle, 1952.

Szádeczky-Kardoss Elemér: Szénközettan. Budapest, 1952.

Irányelvek a színesfémek pótlására és megtakarítására. Budapest, 1952.

Gond—Hansel—Kenderi: Fémiszórás. Budapest, 1952.

Homjakov—Masovec—Kuzmin: Az elektrokémiai iparágak technológiája. Budapest, 1952.

Machu: Chemie und chemische Technologie. Wien, 1949.

Gépipari Enciklopédia. Budapest, 1952.

Bogacsev—Permjakov: Acéledzési ráhagyások. 1952.

Ribkin: Vaskohóművek belső szállítása. Moszkva, 1952.

Wolf: Vas- és acélhulladékok feldolgozása. Budapest, 1952.

H. Keulen: Das Abstecken von Bogen und Weichen im Bergbau. Leipzig, 1951.

Kohászati Lapok, 1951.

Bányászati Lapok, 1951.

Alexander Geleji: Die Berechnung der Kräfte und das Kraftbedarfs, bei der Formgebung im Bildsamen Zustände der Metalle. 1952. Budapest.

Krilov—Glogovszkij—Mircsink—Nyikolajevszkij—Csarnij: Kőolajtelepek leművelésének tudományos alapjai. Budapest, 1952.

Ettre—Rom'alter—Szádeczky—Takács: A kőszén képződése, kémiája és bányászata. Budapest, 1952.

Kraszavcev—Osztruchov: A korszerű kohó mesterének kézikönyve. Budapest, 1952.

Tomesz Dezső: F4 fejtógép kezelése. Budapest, 1952.

Krilov: A kohóalakok félszáraz granulálása. Budapest, 1952.

Lenin Művek 21, 22, 23, 25, 26, 31 kötet. Budapest, 1952.

Sztálin Művek 1—13. kötet. Budapest, 1952.

Krapivin—Faljejev—Gluh: Vasedényes higanygőz egyenirányítók. Budapest, 1952.

Zsigmond Béla: Hazai barnaszének tárolása és kezelése. Budapest, 1952.

Szenttornyai—Seyfried: Gépjövészti vájár. Budapest, 1952.

Richard Springer: Die Elektrolytische Abscheidung des Mangans. Leipzig, 1951.

Sztálin: A pártválság és feladataink. Budapest, 1952.

Lenin: Levelek a távolból. Budapest, 1952.

Malenkov: A központi bizottság beszámolója az SzK(b)P XIX. kongresszusának. Budapest, 1952.

Hruscsov: Az SzK(b)P szervezeti szabályzatának módosítása. Budapest, 1952.

Rozental: A marxista dialektikus módszer. Budapest, 1952.

Csernov: A szovjet szocialista állam. Budapest, 1952.

Lozskin: Hőtranszformátorok. Budapest, 1952.

Potyhin: Kombinált kovácsolás és sajtolás forgattyús préseken. Budapest, 1952.

Panfilov: Az acél gyorsolvasztásának módszerei

Rozentréter: Szénbányászati Bányagépek. Budapest, 1952.

Pektyemirov: Ásványolajtelepi kézikönyv. Budapest, 1952.

Sz. I.

FELHÍVÁS

Felhívjuk előfizetőink figyelmét, hogy folyóiratmegrendeléseikkel, esetleges reklamációjukkal közvetlenül a Posta Központi Hírlapirodához (József nádor-tér 1., telefon: 188-850) forduljanak, ahol a lapok terjesztését végzik.

NEHÉZIPARI
KÖNYV- ÉS FOLYÓIRATKIADÓ VÁLLALAT

ALUMÍNIUM

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója

Megjelenik: 400 pld-ban. — Szerkesztőség: V, Szalay-utca 4. — Telefon: 129-699.

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR Bányászati és Kohászati Egyesület
FÉMkohászati Szakosztálya és a Fémipari Kutató Intézet FolyóirataÖsszehasonlító vizsgálatok a vas fotométeres meghatározására
alumíniumban és alumíniumötvözetekben

Dr. MÁZOR LÁSZLÓ és Dr. GRUSZ ÉVA

КРАТКИЙ ОБЗОР

Rассмотрели известные методы фотометрического определения железа в целях выбора лучшего из них для определения содержания железа в алюминии и в алюминевых сплавах.

По ходу исследования, выяснилось, что такие реагенты, как дипиридил, ортофенантролин, роданистый калий — последний особенно в растворе, содержащем 50%-ов (объемных) ацетона — подходят для определения. Сульфосилициловую кислоту в щелочной среде можно рекомендовать лишь при ограниченных концентрациях алюминия, а диметилтоксин, 7 — под — 8 оксихинолин — 5 сульфокислота и тиогликолевая кислота не подходят из-за мешающего действия ионов алюминия. Для определения содержания железа в сплавах алюминия с медью и никелем лучшими оказались дипиридил и комплексное соединение фенантролин-железо (11)

ZUSAMMENFASSUNG

Wir haben die für die fotometrische Feststellung des Eisens bekannten Methoden aus dem Gesichtspunkt aus geprüft, welche für die Messung des Eisengehaltes des legierten und des Reinaluminiums am besten geeignet ist.

Im Laufe unserer Forschungen hat es sich erwiesen, dass für die Feststellung des Eisengehaltes der $\alpha - \alpha'$ Dipiridil, Orto-Fenantrolin und Kaliodanid — letzterer besonders in Form einer Lösung mit 50 Vol-% Aceton — geeignet sind. Sulfosalicylsäure kann in einer alkalischen Lösung nur bei beschränktem Aluminiumgehalt angewendet werden, während Dimethylglyoxim, 7-Jod-8-Oxykinolin-5-Sulfosäure und Thioglykolsäure, hauptsächlich wegen der störenden Wirkung des Aluminium-Ions für obigen Zweck ungeeignet befunden wurden.

Für die Feststellung des Eisengehaltes des mit Kupfer und Nickel legierten Aluminiums hat sich der Dipiridil und der Fenantrolin-Eisen(II)-Komplex als bester erwiesen.

Az alumínium és ötvözetekben a vastartalom meghatározására az irodalom¹⁻⁷ túlnyomórészt tétfogatos és fotométeres módszereket ismer. A gyakorlat — különösen sorozatelemzések esetén — majdnem kizárólag koloriméteres, illetőleg fotométeres eljárásokat alkalmaz.

Az MNOSZ alumíniumelemzési szabványtervezetének⁸ elkészítésekor merült fel annak szükségessége, hogy a vas meghatározásokra alkalmas és a gyakorlatban bevált eljárásokat felülvizsgáljuk. A cél annak a módszernek a kiválasztása volt, amely a legalkalmasabb a tiszta és ötvözött alumínium vastartalmának meghatározására. A kiválasztásnál döntő szempont volt az eljárás pontossága, egyszerűsége, valamint zavarásmentes alkalmazhatósága a változatos összetételű ötvözetek elemzésére. Közleményünk e munka során szerzett tapasztalatainkat ismerteti.

A vas fotométeres meghatározására az irodalom számtalan módszert ismer és még ezeknek is igen sok változata van.

Az alumínium és ötvözeiteiben az irodalom és a gyakorlat főleg a vas(III)rodanid^{9,10}, szulfosalicylsav-vas¹¹ és orto-fenantrolin-vas¹² — komplex színét alkalmazza. Munkánk során a fentiek kivül megvizsgáltuk még vas meghatározás céljára a tioglykolsavat, dimetilglyoximot, $\alpha - \alpha'$ dipiridilt és a 7-jód-8-oxikinolin-5-szulfosavat (Feron) is.

Fotométeres méréseink céljára a Beckman DU spektrofotométert használtuk, 10 mm rétegvastagságban mérve az oldatok kioltását. Elsősorban fel-

1. H. Ginsberg : Leichtmetallanalyse. W. de Gruyter, (1941.)
2. P. Urech : Chem. Anal. Meth. f. Aluminium und seine Legierungen. Al-Zentrale, Berlin
3. K. Steinhäuser : Chem. Anal. Meth. f. Aluminium und seine Legierungen. Al-Zentrale Berlin, (1938.)
4. Chem. Fachausschuss der Al-Zentrale : Chem. Anal. Meth. f. Umschmelzaluminium und Umschmelzaluminiumlegierungen. Al-Zentrale Berlin, (1939.)
5. A. Cohen : Rationelle Metallanalyse. Birkenhäuser, Basel, (1948.)
6. Alar : Modern Methods for the Analysis of Aluminium Alloys Chapman, (1949.)
7. GOSZT. 2530—48. (1948.)
8. MNOSZ 8661. 1951.
9. C. Zeiss : Absolutkolorimetrische Metallanalyse, (1938.)
10. K. Steinhäuser—H. Ginsberg : Ztschr. f. Anal. Chem. 104., 305., (1936.)
11. E. Leitz : Methoden zur Schnellanalyse von Leichtmetallen mit dem Fotométer. E. Leitz, (1941.)
12. L. K. Reitz : Anal. Chem. 1470., (1950.)

vettük a színes vegyületek elnyelési görbéit egyrészt tiszta vas oldattal, másrészt alumínium jelenlétében és ennek alapján választottuk ki a legmegfelelőbb hullámhosszot méréseink számára.

Az egyes színes vas-komplexekkel végzett mennyiségi vizsgálataink során először felvettük a kiértékelő egyenest a legmegfelelőbb hullámhosszon tiszta vas oldattal, optimális körülmények között állítva elő a komplex színét, majd megvizsgáltuk az alumínium hatását a meghatározásra oly módon, hogy 99,99% tisztaságú alumínium oldatához ismert mennyiségű vasat adtunk és a kémszerekkel a szint előállítva mértük az oldat kioltását a csak alumíniumot és a használt vegyszereket tartalmazó vak oldattal szemben. Így kiküszöböltük a 99,99%-os alumínium és a vegyszerek csekély vastartalma által okozott hibát. Végül megvizsgáltuk az eljárások alkalmazhatóságát különböző alumíniumötvözetek esetében. A vasmeghatározás alapvetően pontos módszerül — összehasonlításképpen — az MNOSZ 8661 2. 3. pontja szerinti térfogatosszert alkalmaztuk a réztartalmú ötvözeteknél pedig a 3.3. pont szerinti eljárást. Tapasztalatainkat az egyes vas komplexekkel kapcsolatban sorban az alábbiakban tárgyaljuk:

Vas(III)rodanid

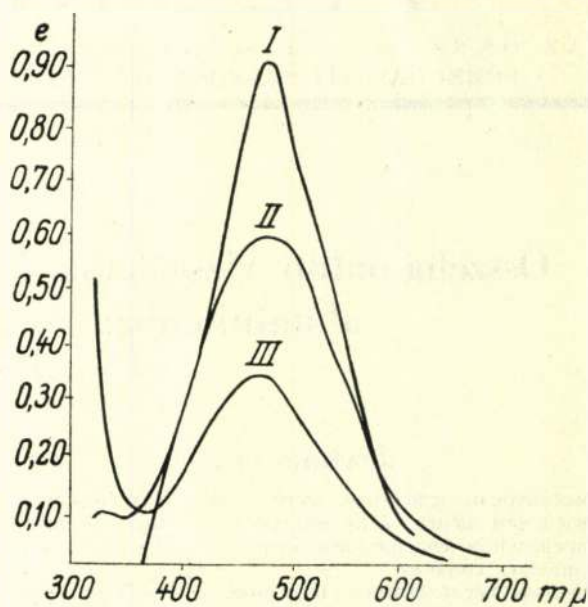
A rodanidos eljárás általánosan ismert hibái mellett is egyike a leggyakrabban alkalmazott módszereknek. Hibái: a színerősség függ a sav- és rodanid-töménységtől, az alkalmazott savfajtától, a színintenzitás időben változó, fényérzékeny. Előnyös tulajdonsága viszont, hogy más módszerekkel összehasonlítva a savtöménységre viszonylag érzéketlen, illetőleg erősebben savas oldatban is alkalmazható. A kémszer olcsó, könnyen hozzáférhető, az eljárás egyszerű. Az alumínium vastartalmának meghatározásánál különösen előnyös az erősebben savas oldat alkalmazhatósága, mert így az alumíniumforgács gyors sósavas feloldása és oxidálása után kapott oldatot közvetlenül felhasználhatjuk, pontos pH beállítás nélkül. Ha a kiértékelő egyenes felvételénél alkalmazott körülményeket (alumíniumtartalom, savtöménység, meghatározott állási idő utáni mérés) pontosan betartjuk, minden különösebb műfogás nélkül a gyakorlat számára használható eredményeket kapunk.

Igen sokat foglalkoztak azzal, hogy a rodanidos eljárás hibáit kiküszöböljék.

A komplex szerkezetét és tulajdonságait kutatva megállapították, hogy a rodanid koncentrációtól azért függ a színerősség, mert a $(\text{Fe}/\text{SCN}/n) + 3-n$ általános képletnek megfelelően — ahol $n = 1 \dots 6$ — többféle komplex keletkezhet¹³. E komplexek mindegyike vörös színű, de nemcsak színintenzitásuk, hanem abszorbeió maximumuk is más.

Az abszorbeió maximum a rodanid koncentrációtól függően változik 450 és 480 millimikron kö-

zött. A rodanid töménység növelése a színerősséget is fokozza, valamint kedvezően befolyásolja a színerősség ingadozását az időben.



1. ábra.

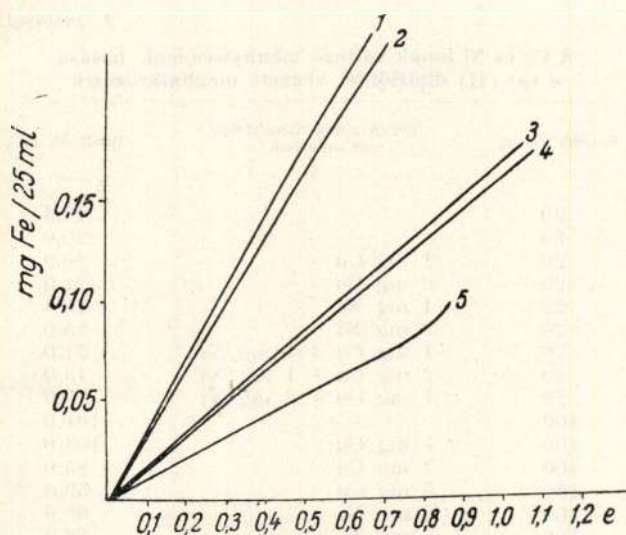
- A vas(III)rodanid elnyelési görbéi.
 I. 30%-os KSCN + 50% aceton, a maximum 480 mμ-nál.
 II. 30%-os KSCN, a maximum 480 mμ-nál.
 III. 5%-os KSCN, a maximum 470 mμ-nál.

Mivel a vas(III)rodanid komplex szerves oldószerekben (éter, etilacetát stb.) oldható, igen sok próbálkozás történt abban az irányban, hogy a komplex színintenzitás ingadozását azonnali szerves oldószerekkel való kirázás útján kiküszöböljék ki. A szerves oldószerek csökkentik a komplex disszociációját is, de a színes komplexnek kisebb térfogatba való átvitele növeli az érzékenységet. Eltekintve a szerves oldószerek illékonyasága okozta nehézségektől, az eljárás igen tiszta oldószereket kíván, de még így sem teljes mértékű a szín állandósítása. A színerősségingadozás — különösképpen pedig a fény okozta halványodás, ami redukción jelenség — kiküszöbölhető oly módon, ha az oldathoz csekély mennyiségű oxidálószer (káliumpermanganát, hidrogénperoxid, ammóniumperoxidiszulfát) adunk. Megfigyelték azt is, hogy ha a vas(III)rodanid oldatához vízzel elegyedő kis dielektromos állandójú szerves oldószert (acetont, 2-metoxietanol) adunk, nemcsak a színerősségváltozás csökken, hanem az érzékenység is jelentősen megnő. Ezek az oldószerek ugyanis, hasonlóan a vízzel nem elegyedőkhöz, csökkentik a komplex disszociációját.¹⁴ Így pl. az 50 tf.% acetont tartalmazó oldatban az érzékenység majdnem a kétszeresére növekszik (1. és 2. ábra). Egyetlen hátránya ennek az eljárásnak, hogy a víz-aceton elegy oldóképessége csekély, így nagyobb sőtartalmú oldatokban nem alkalmazható.

¹³ E. B. Sandell: Colorimetric Det. of Traces of Metals Interscience (1950).

¹⁴ A. K. Babko — V. Sz. Kodenskaja: Zavodskaja Laboratija 1950. 6. 643.

A 2. ábrából megállapítható, hogy a három módszer-változat érzékenysége jelentősen más, és az alumínium-ion a csekély rodanid tartalmú oldat érzékenységét csökkenti a legjobban. 3% rodanid töménységénél (2,5 ml 30%-os KSCN 25 ml oldatban, lásd a 3. és 4. egyenest) a helyzet kedvezőbb Aceton tartalmú oldatban — ha az elegyítés után azonnal mérünk — valami csekély különbség észlelhető az alumíniumtartalmú és az alumíniummentes oldat kioltása között, de ez 3—4 perc állás után teljesen eltűnik.



2. ábra.

Kiértékelő egyenesek alumínium tartalmú és alumíniummentes vasoldatokkal a rodanidos eljárásnál.

1. 5%-os KSCN + 0,1 g alumínium.
2. 5%-os KSCN.
3. 30%-os KSCN + 0,1 g alumínium.
4. 30%-os KSCN.
5. 30%-os KSCN + 50 tf. % aceton, alumíniummal vagy anélkül.

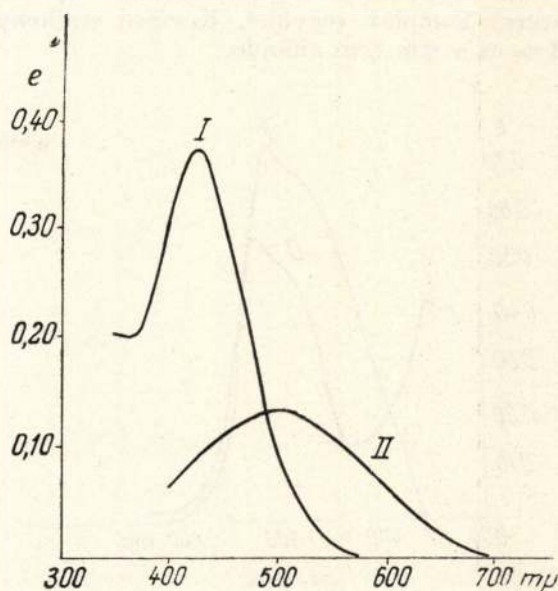
Az acetonos eljárás tehát — érzékenységét és zavarás-mentességét illetően is — a legjobbnak mutatkozik a három eljárás-változat közül. A nálunk leginkább gyakorolt csekély rodanid koncentrációjú eljárásnál az alumínium-ion zavaró hatása nem elhanyagolható, tehát a kiértékelő egyenes felvételénél arra tekintettel kell lenni.

Vas-szulfoszalicilát

A szulfoszalicilsav savas és lúgos oldatban egyaránt színes vegyületeket alkot a vassal. A savas komplex színe ibolyavörös, a lúgosé sárga. Alumíniumban mindkét komplex alkalmas a vas meghatározására, ami a lúgos oldatban annak köszönhető, hogy a szulfoszalicilsav az alumíniumot oldható komplexben tartja. A lúgos oldatnak másik előnye, hogy az Fe^{2+} és Fe^{3+} ionnal egyaránt azonos színű és színintenzitású komplexet alkot.

Alumínium mentes oldatban a savas vas-szulfoszalicilát úgy állítható elő, hogy a kénsavas vagy sósavas vas oldathoz 2 ml 20%-os vizes szulfoszalicilsav oldatot adunk, majd addig ammóniát, míg a kongópapír az átmeneti szürkés-kék

színt mutatja. A lúgos komplex előállítása úgy történik, hogy a savas oldathoz ugyancsak 2 ml 20%-os vizes szulfoszalicilsav oldatot adunk, majd ammóniával meglúgosítjuk.



3. ábra.

A lúgos és a savas vas-szulfoszalicilsav komplex elnyelési görbéi.

- I. Lúgos oldat, elnyelési maximum 424 mμ.
- II. Savas oldat, elnyelési maximum 505 mμ.

A savas szulfoszalicilát komplex legnagyobb hibája csekély érzékenysége, valamint az idegen ionok erős zavaró hatása. Ezért ezzel a módszerrel behatóan nem is foglalkoztunk.

A lúgos vas-szulfoszalicilát komplex sokkal nagyobb érzékenysége miatt alkalmas az alumínium vastartalmának meghatározására és arra az irodalom szerint¹⁵ is használt. Az eljárás a meghatározásra a következő:

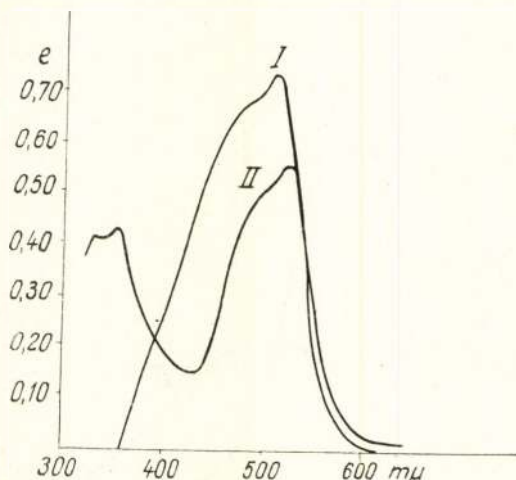
Az alumíniumforgácsot 1 + 1 hígított sósavban vagy 16—25%-os nátriumhidroxidban oldjuk. Ha az oldás lúggal történt, az oldatot megsavanyítjuk, elegendő (az alumíniumtartalomnak megfelelően) szulfoszalicilsavat adunk hozzá, majd az ammóniát erélyes rázogatózás közben adjuk hozzá kis részletekben, hogy az átmenetileg keletkező csapadék feloldódhassék. Ammónia felesleg a szint nem befolyásolja. Az alumínium tartalom az érzékenységet csökkenti, ezt a hatást a kémszer mennyiségének növelésével bizonyos határig ellensúlyozni lehet.

Az eljárás tehát jól használható az alumínium vastartalmának meghatározására, mert érzékeny és a szín állandó. Nem alkalmas azonban akkor, ha az alumínium csak csekély mennyiségű vasat tartalmaz, mivel az oldat alumínium tartalmának korlátozottsága — amely kevesebb kell hogy legyen 0,2%-nál — határt szab a bemérés nagyságának.

¹⁵ E. Eberius: Angew. Chemie 21. 63. (1951).

Orto-fenantrolin és α - α' -dipiridil-vas(II)-komplex

Igen érzékeny eljárás a vas meghatározására az o-fenantrolin és az azzal közel rokon dipiridillel alkotott komplex vegyület. Kevésbé érzékeny a pH-ra és a szín igen állandó.



4. ábra.

o-fenantrolin és α - α' dipiridil-vas(II)-komplexek elnyelési görbéi.

I. o-fenantrolin, elnyelési maximum 508 m μ .
II. α - α' dipiridil, elnyelési maximum 524 m μ .

Fenantrolinnal 10–15 percig tart, míg a színerősség eléri maximumát, dipiridillel azonnal fotometrálnak. Mindkét komplex színe szigorúan követi a Beer-törvényt. Mivel csak a Fe^{2+} ion alkot színes vegyületet e két kémszerrel, a vasat előbb redukálni kell. Legelőnyösebb erre a célra a hidrokinnon, amelyből pár szemcsét szórunk az oldatba. Dipiridilnél a redukció minden redukálószer alkalmazása nélkül is végbemegy 1–2 óra várakozás után.

Felhasználható ez a módszer az Fe^{2+} és Fe^{3+} egymás melletti, illetőleg egymás utáni meghatározására is ugyanabban az oldatban. Először az Fe^{2+} mennyiségét mérjük redukálás nélkül, majd redukálva vagy megfelelően hosszabb idő után az összes vasat. Az Fe^{3+} mennyiségét a kettő különbségéből számíthatjuk ki. Az oldat optimális pH-ját puffer alkalmazásával biztosítjuk, amely 270 g nátriumacetátot és 120 g jégecet tartalmaz egy literben. 2,5 ml ilyen összetételű puffer oldat 25 ml-ben 1 ml 1 + 1 hígított sósav felesleget képes tompítani. A meghatározást úgy végezzük, hogy a 24 ml-es lombikban lévő semleges vagy gyengén savanyú oldathoz 2,5 ml puffer oldatot, 2,5 ml 0,5 százalékos o-fenantrolin vagy dipiridil oldatot adunk, néhány kristály hidrokinnont szórunk a lombikba, jelig töltjük, elegyítjük. Fenantrolin esetében 10–15 perc várakozás után, dipiridilnél azonnal fotometrálnak.

A vas(II)-dipiridil színét az alumínium egyáltalán nem befolyásolja, bármilyen nagy mennyiségben van az jelen. Így felhasználható a nagyon tiszta alumínium vastartalmának meghatározására is. Egyetlen hátránya, hogy a kémszer drága.

Mivel azonban egy meghatározáshoz csak igen kevés kémszer szükséges, valamint az összegyűjtött oldatokból a dipiridil igen jó hozammal regenerálható¹⁶ még sorozat-elemzéseknél is, sok jó tulajdonsága indokolta teszi alkalmazását.

Az alumíniumötvözetek vastartalmának fotométeres meghatározásánál leggyakrabban azok réz és nikkeltartalma zavarhat. Megvizsgálva ezeknek az ionoknak zavaró hatását a vasnak dipiridillel történő fotométeres meghatározására, az I. táblázatban összefoglalt eredményeket kaptuk.

I. táblázat

A Cu és Ni ionok változó mennyiségének hatása a vas (II) dipiridillel végzett meghatározásra

Bemért Fe μg	Idegen ionok mennyisége az oldatban	Talált Fe μg
20	—	19,5
20	—	20,0
20	1 mg Cu	20,0
20	2 mg Cu	21,0
20	1 mg Ni	20,5
20	2 mg Ni	15,0
20	1 mg Cu + 1 mg Ni	21,0
20	2 mg Cu + 1 mg Ni	13,0
20	1 mg Cu + 2 mg Ni	13,0
100	—	101,0
100	1 mg Cu	103,0
100	3 mg Cu	85,0
100	5 mg Cu	59,0
100	2 mg Ni	97,0
100	5 mg Ni	54,0

Az eredményekből látható, hogy 50–100-szoros mennyiségben a Cu vagy a Ni, vagy a kettő együtt, nem zavarja a meghatározást. Mivel a kohóalumíniumban a réz rendszerint csak tizedrésze a vasnak, a nálunk használatos alumíniumötvözetekben pedig a réz vagy a nikkeltartalma ritkán haladja meg a vas 20–25-szörösét (minimálisan 0,2% vas mellett 5–10% Cu vagy Ni), ezeknek az ionoknak a zavaró hatásától nem kell tartanunk. Ha a sósavval való oldás után az oldatot — amelyet természetesen ilyenkor nem oxidálunk — megsűrjük, a Cu, Ni és Si túlnyomó része a szűrőn marad vissza, így ezeket a zavaró ionokat eleve elválasztjuk.

Az eddig tárgyalt módszerekkel elvégeztük néhány alumíniumötvözet vastartalmának meghatározását, amelyeknek összehasonlító eredményét a 2. táblázatban foglaltuk össze.

A térfogatossághatározást káliumpermanganát mérőoldattal, valamint a fotométeres meghatározást α - α' -dipiridillel és káliumrodaniddal pontosan az MNOSZ 8661 előírása szerint végeztük, o-fenantrolinnal az eljárás hasonló volt, mint a dipiridillel végzett, csupán a várakozási idő a fotometrálnál volt szükségképpen 10–15 perccel hosszabb.

Lúgos szulfoszalicilsavval a meghatározást a következőképpen végeztük:

Az alumíniumforgácsot 25 százalékos nátriumhidroxidban oldottuk, majd az oldatot 1 + 1 híg-

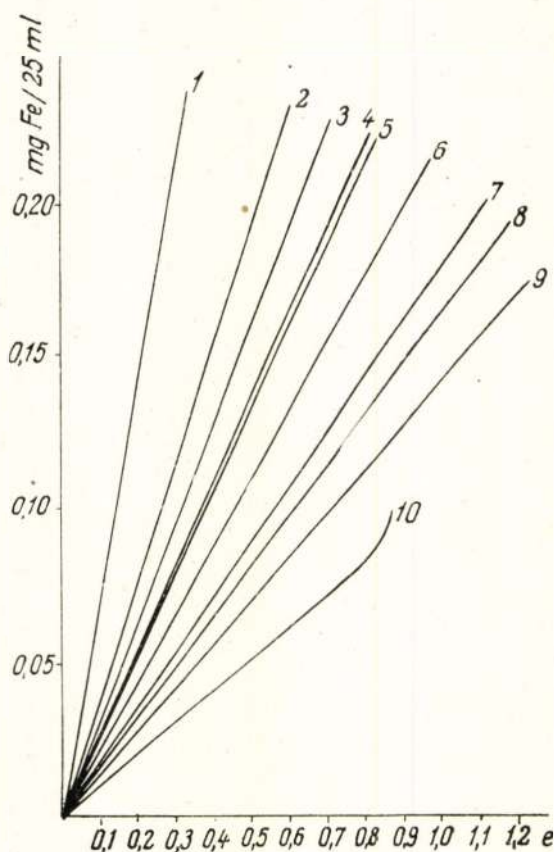
¹⁶ F. Smith—F. W. Cagle: Anal. Chem. 20 575 (1948).

Alumíniumötvözetek vastartalma különböző meghatározási módszerekkel

A minta jelzése	Összetétele %						Vastartalom %													
	Cu	Si	Mn	Ti	Mg	Ni	Térf.-an KMnO ₄ -al	Átlag %	Dipiridil dillel	Átlag %	Eltérés a térf.-től	Fenantro- linnal	Átlag %	Eltérés a térf.-től	Szulfoszali- cilsavval lúgosan	Átlag %	Eltérés a térf.-től	Káliumro- daniddal	Átlag %	Eltérés a térf.-től
K1	0,02	0,19	0,008	0,013			0,17 0,16 0,16	0,16	0,16 0,17 0,15 0,16	0,16	0,0	0,16 0,19 0,17	0,17	+ 6,2	0,21 0,20 0,19	0,20	+ 25,0	0,17 0,20 0,19	0,19	+ 18,9
K2	0,07	0,27	0,020	0,017			0,21 0,22 0,25	0,23	0,23 0,21 0,22 0,23	0,22	- 4,3	0,22 0,24 0,24	0,23	0,0	0,26 0,26 0,27	0,26	+ 13,0	0,24 0,25 0,24	0,24	+ 4,3
K6	0,67	1,30	0,14				1,48 1,48 1,46	1,47	1,45 1,44 1,43	1,44	- 2,0	1,55 1,60 1,45	1,53	+ 4,1	1,45 1,44 1,45	1,45	- 1,4	1,60 1,60 1,52	1,57	+ 6,8
G1,4	10,10	1,13					1,10 1,11 1,08	1,10	1,05 1,04 1,05	1,05	- 4,5	1,08 1,10 1,03	1,07	- 2,7	1,04 1,05 1,08	1,06	- 3,6	1,12 1,12 1,18	1,14	+ 3,6
FG4	5,36	1,62			2,20	2,95	1,67 1,68 1,65	1,67	1,66 1,68 1,69 1,70	1,68	+ 0,6	1,70 1,73 1,80	1,75	+ 4,9	1,68 1,69 1,73	1,70	+ 1,8	1,76 1,85 1,81	1,80	+ 7,8
FC11	0,065	0,38	0,20		0,52		0,19 0,19 0,20	0,19	0,16 0,17 0,15	0,16	- 15,9	0,16 0,15 0,16	0,16	- 15,8	0,19 0,17 0,20	0,19	0,0	0,18 0,18 0,20	0,19	0,0
FC12	0,20	0,67	0,34		0,78		0,28 0,27 0,27	0,27	0,16 0,29 0,30 0,28	0,29	+ 7,4	0,29 0,30 0,29	0,29	+ 7,4	0,28 0,29 0,28	0,28	+ 3,7	0,30 0,28 0,29	0,29	+ 7,4
FC13	0,30	1,02	0,68		1,10		0,67 0,64 0,65	0,65	0,64 0,66 0,67	0,65	0,0	0,66 0,66 0,69	0,67	+ 3,1	0,66 0,66 0,69	0,67	+ 3,1	0,62 0,72 0,68 0,66	0,67	+ 3,1
FC14	0,54	1,62	1,11		2,81		0,86 0,84	0,85	0,64 0,86 0,87 0,85	0,86	+ 1,2	0,92 0,91 0,92	0,92	+ 8,2	0,89 0,90 0,25	0,90	+ 5,8	0,86 0,92 0,90	0,89	+ 4,7
Si11		6,40					0,20 0,21 0,23	0,21	0,22 0,21 0,23 0,21	0,21	0,0	0,20 0,22 0,23	0,22	+ 4,8	0,26 0,26	0,26	+ 23,8	0,24 0,20 0,22	0,22	+ 4,8
Si14		17,80					0,95 9,97	0,96	0,94 0,99 0,94	0,96	0,0	0,95 1,05 0,95	0,98	+ 2,1	1,05 1,03 1,05	1,04	+ 8,3	0,99 1,01 1,03	1,01	+ 5,2
											Átlag -1,58%			átlag + 2,2%			átlag + 7,23%			átlag + 6,06%

tott sósavval megsavanyítottuk. Mérőlombikban feltöltés után annyit vettünk ki belőle, hogy az oldat-részletben ne legyen több 0,01 g alumíniumnál. Hozzáadtunk 2 ml 20 százalékos szulfoszalicilsav oldatot, majd kis részletekben, erélyes rázogatás közben 0,91 fs.-ű ammóniát, míg a keletkezett csapadék feloldódott. Az oldat lúgosításához kb. 3 ml ammónia szükséges. A vasat nem kell oxidálnunk, mert a szulfoszalicilsav a Fe^{2+} és Fe^{3+} ionokkal is azonos intenzitású színeződést ad. Vizzel feltöltés és elegyítés után fotometráltunk.

A táblázatban a fotométeres módszerekkel kapott átlageredmények hibaszámítás szempontjából a káliumpermanganát mérőoldattal történt térfogatos meghatározás eredményével vannak szembeállítva, amely módszert alapvetően pontosnak fogadtuk el.



5. ábra.

Vas-komplexek kiértékelő egyenesei. 1. Szulfoszalicilsavas oldatban, 505 $m\mu$ hullámhosszon. 2. Tioglikolsav, 530 $m\mu$ hullámhosszon. 3. Vas(III) rodanid, 5%-os KSCN-nal, 470 $m\mu$ hullámhosszon. 4. Szulfoszalicilsav lúgos oldatban, 424 $m\mu$ hullámhosszon. 5. 7-jód-8-oxikinolin-5-szulfosav (Ferron) 505 $m\mu$ hullámhosszon. 6. Dimetilglioxim, 525 $m\mu$ hullámhosszon. 7. *a-a*, dipiridil, 524 $m\mu$ hullámhosszon. 8. Vas(III)-rodanid, 30%-os KSCN-nal, 480 $m\mu$ hullámhosszon. 9. o-fenatrolin, 508 $m\mu$ hullámhosszon. 10. Vas(III)-rodanid, 50 tf. % aceronnal, 480 $m\mu$ hullámhosszon.

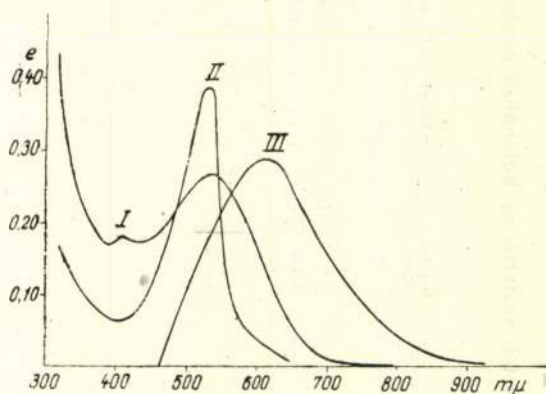
A nagyszámú eredményből kitűnik, hogy a dipiridillel és o-fenatrolinnal végzett fotométeres meghatározások eltérései a térfogatos eljárástól viszonylag kicsik (–1,58 és +2,2%), míg a szulfoszalicilsavas és rodanidos eljárások már

lényegesen nagyobb és egyértelműen pozitív (+7,23 és +6,06 százalékos) eltérést mutatnak. Ez eredmények alapján bizonyítottnak véljük, hogy átlag-szórás szempontjából bármilyen összetételű alumíniumötvözet vastartalmának meghatározására — a káliumpermanganátos térfogatos módszer mellett — a dipiridiles vagy o-fenatrolinos fotométeres eljárás a legalkalmasabb.

Az alumínium vastartalmának meghatározására felhasznált, valamint a bevezetésben említett egyéb fotométeres módszerek érzékenységét az 5. ábrán láthatjuk kiértékelő egyenesek formájában összehasonlítva.

Látható, hogy az o-fenatrolin, de különképpen a dipiridil érzékenysége kissé elmarad a rodanidos eljárás azon változata mögött, amelynél 50 tf. % acetonnal elegyített oldatban állítunk elő komplexet. Az érzékenység-különbség azonban a gyakorlat szempontjából nem számottevő. Látható az is, hogy a rodanid koncentráció növelése milyen jelentős mértékben növeli az érzékenységet.

Felvettük a bevezetésben említett dimetilglioxim, 7-jód-8-oxikinolin-5-szulfosav (Ferron), valamint a tioglikolsav-vas komplexek elnyelési görbéit is, amelyek a 6. ábrán láthatók.



6. ábra.

I. Tioglikolsav-vas komplex, elnyelési maximum 530 $m\mu$ -nál. II. Dimetilglioxim-vas komplex, elnyelési maximum 525 $m\mu$ -nál. III. 7-jód-8-oxikinolin-5-szulfosav (Ferron) vas-komplex, elnyelési maximum 615 $m\mu$ -nál

Megvizsgáltuk e három vas-komplex alkalmazhatóságát is az alumínium vastartalmának meghatározására.

A dimetilglioximot nem találtuk alkalmasnak, mert az komplex ammóniás oldatot kíván, ebben pedig zavar a kiváló alumíniumhidroxid csapadék. A szín igen gyorsan halványodik és erősen függ az ammónia töménységétől.

A 7-jód-8-oxikinolin-5-szulfosav (Ferron) bár érzékeny kémszere a vasnak és zöld színe igen állandó,¹⁷ nem volt alkalmazható, mert a szín csak igen gyengén savanyú oldatban fejlődik ki, ahol már alumíniumhidroxid válik ki. Savak és lúgok egyaránt bontják a komplexet. Erősen hidrolizáló sók nagyobb mennyisége is zavar. Réz a kémszerrel fehér csapadékot alkot.

¹⁷ W. H. Davenport: Anal. Chem. 21. 710., (1949).

Tioglikolsavval¹⁸ sem lehet a vasmeghatározást alumínium jelenlétében elvégezni, mert a kémszer csak ammóniás oldatban alkalmazható.

Összefoglalás

Megvizsgáltuk a vas fotométeres meghatározására ismert módszereket abból a szempontból, hogy melyik a legalkalmasabb a tiszta és ötvözött alumínium vastartalmának mérésére.

Vizsgálatainknál kitűnt, hogy az α - α' dipiridil, orto-fenantrolin és káliumrodanid — az

¹⁸ Lyors : J. Amer. Chem. Soc. 49. 1916., (1927).

utóbbi különösen 50 tf. % acetont tartalmazó oldatban — alkalmas a meghatározásra. A szulfoszalicilsav lúgos oldatban csak korlátozott alumínium tartalom mellett alkalmazható, míg a dimetilglioximot, 7-jód-8-oxikinolin-5-szulfosavat és a tioglikolsavat elsősorban az alumínium ion zavaró hatása miatt a fenti célra nem találtuk alkalmasnak.

Rézrel, nikkellel ötvözött alumínium vastartalmának meghatározására a legjobbnak a dipiridil és a fenantrolin-vas(II)-komplex bizonyult.

Készült a „Rákosi Mátyás“ vas- és fémművek laboratóriumában.

Csapágyötvözetek siklasi sajátságainak vizsgálata*

CZÉGI JÓZSEF

(Folytatás a Kohászati Lapok 1951. évf. 10. és 11., valamint az 1952. évf. 6. és 7. számában megjelent cikkhez)

Az alumíniumalapú csapágyötvözetek szövetszerkezete megfelel annak az általánosan ismert elvnek, hogy a jó csapágyfém lágy alanyagban kemény hordozókristályokat tartalmaz. Az ötvözés céljára felhasznált alkotók szerint az ötvözeteket két csoportra osztjuk. Az első csoportba tartozó elemek az alumíniummal igen nagy keménységű vegyületet alkotnak. A második csoportba tartozó fémek viszont lágy kristályokat eredményeznek.

Leggyakrabban alkalmazott, kemény kristályt eredményező elemek: réz, szilícium, magnézium, nikkellel, vas, mangán, króm, titán, kobalt és antimon.

A második csoporthoz tartozó fémek: ón, ezüst, ólom, cink, kadmium és bizmut.

Az első csoportba tartozó elemek a szilícium kivételével az alumíniummal kemény és rideg vegyületeket alkotnak. (Rézaluminid Al_2Cu , magnéziumaluminid Al_3Mg_2 , vasaluminid Al_3Fe , valamint a 3 alkotós vas-szilícium-alumínium vegyület Al_4Si_2Fe).

A jelzett alkotók használatakor további kemény kristályok keletkezhetnek az ötvöző elemek egymásközt képződő vegyületeiből. Ilyen pl. a magnéziumszilicid (Mg_2Si) és a cinkmagnezid ($MgZn_2$). A szilícium alumíniummal nem alkot vegyületet, így a szövetszerkezetben önálló kristályként fordul elő. Az alumíniummal alkotott

vegyületek mikrokeménységét az alábbi összeállítás tartalmazza:

Vegyület	Olvadáspont C°	Mikrokeménység
Al_4Ca		208
Al_4Co	943	735
Al_7Cr	725	510
$Al_{11}Cr_2$	930	710
Al_2Cu	590	560
Al_3Fe	1158	960
Al_3Mg_2	449	340
Al_3Mn	710	540
Al_4Mn		778
Al_3Ni	842	770
$AlSb$	1050	1480
Al_3Ti	1355	519

A közölt adatokat Hanemann és Schrader könyvéből (18) vettük át. A háromalkotós Al-Fe-Si vegyület keménysége is 1000 kg/mm^2 felett van. A jelzett ötvözőelemek mennyisége rendszerint az eutektikus összetételnek megfelelő mennyiség alatt van. A szövetszerkezetben az egyes kristályok szélén finom háló formájában helyezkednek el. Eutektikus összetétel esetén a szóbanforgó kemény kristályok egyenletesen és finoman oszlanak el. Példa erre az eutektikus szilíciumötvözet. A szilíciumkristályok keménysége 1320 kg/mm^2 . Így tehát a szilíciumötvözetek is az első csoporthoz tartoznak.

Ezeknek az ötvözeteknek hengerlésével, illetőleg sajtolásával a vegyeskristályok határan el-

* A KGM I. sz. Bronzbizottságának megbízásából végzett vizsgálatok beszámolója.

helyezkedő kemény kristályok hálóját összetörik és ezzel biztosítják a finomabb és egyenletesebb eloszlást. Ezzel magyarázható, hogy a sajtolással előállított, kemény kristályokat tartalmazó alumíniumötvözetek siklási szempontból kedvezőbbnek mutatkoznak az öntötteknél.

A gyakorlatban előforduló ötvözetek vasat, nikkelt, szilíciumot vagy antimont tartalmaznak. A kristályok nagy keménysége miatt a kenés kimaradása esetén a csapágyötvözet a tengelyt megtámadja és igen gyorsan berágódásra vezet. Általánosságban alkalmazott ötvözet az eutektikus szilíciumötvözet, melyről a továbbiak során még lesz szó. A kemény kristályokat eredményező vasat, magnéziumot, nikkelt, mangánt és antimont rendszerint csak igen kis százaléknyi mennyiségben használják. A gyakorlatban jól bevált a Gillemot-féle (19) Al-Mg-Sb-Zn ötvözet, amely alumínium-antimon-magnézium vegyeskristályokat, továbbá Mg_3Sb_3 összetételű kristályokat tartalmaz. Az utóbbi kristályok kiválása másodlagos és így azok az egyes vegyeskristályelemek határán helyezkednek el.

A felsorolt lágy alkotók közül az ón és az ólom önálló elemként szerepel a kristályszerkezetben. Az ezüst és a cink bizonyos határokon belül az alumíniummal szilárd oldatot képez.

A gyakorlatban jól bevált alumíniumötvözetek legnagyobbbrészt önt tartalmaznak. Az ón az alumíniummal jól ötvözhető. Az eutektikum olvadáspontja $229^\circ C$. Az eutektikumnak megfelelő összetétel $99,5\%$ ónnál van. Szilárd állapotban az alumínium kb. 10% önt tud oldani. Még nem tekinthető teljesen tisztázottnak az ónalumínium ötvözetek szilárd állapotban való oldásának határa. Egyes irodalmi adatok szerint 20% önt is oldatban lehet tartani. Mivel az eutektikus összetétel csupán $0,5\%$ alumíniumot tartalmaz, az eutektikum gyakorlatilag tiszta ónnak tekinthető. Az ón az egyes szemcsék határán hálószerűen helyezkedik el. Hatás szempontjából ez az ötvözet megfelel az ólombronznak. Ebben az esetben az ón az ólom szerepét tölti be. A szilárdság növelése céljából rendszerint 1% rezet és 1% nikkelt szoktak hozzáötvözni. Az öntartalom legfeljebb 10% -ig terjed. A szilárdsági és siklási sajátságok egybevetésével megállapítható, hogy kb. 7% öntartalom a legkedvezőbb.

Az ólom alumíniumban folyékony állapotban korlátolt mértékben oldható. Kb. 5% -nyi ólom még minden nehézség nélkül ötvözhető. Mivel ebben az esetben szilárd oldásról nem lehet szó, a szövetszerkezetben az ólom önálló elemként finoman elosztott szemcsék formájában helyezkedik el. A lágy ólomszemcsék a csapágyanyag beágyazóképességét növelik. Újabban majdnem minden alumínium csapágyötvözetbe adagolnak kis mennyiségű ólmot.

Az ezüst az alumíniummal $AlAg_2$ és $AlAg_3$ összetételű vegyületet képez. Az állapotábra $87,5\%$ Ag felett nem teljesen tisztázott. Az $AlAg_2$ -nek megfelelő vegyület $87,5\%$ ezüstöt tartalmaz. Az ezüsttartalmú alumíniumötvözet szövetszerkezete nagyon hasonlít az ólombronzéhoz. Az

elsődlegesen kiváló alumínium-ezüst vegyeskristályok határán $AlAg_2$ összetételű keményebb kristályok helyezkednek el. Ennek a kristálynak keménysége megfelel a csapágyanyagokkal szemben támasztott követelményeknek. Az ónbronzhhoz hasonlóan a keménykristályok mennyisége a lehülési viszonyoktól függ. Ha a szolidusznak megfelelő hőmérsékletre az ötvözetet hirtelen lehűtjük, majd utána 200° -ra felmelegítjük, a kemény kristályok igen finoman és egyenletesen fognak kiválni. $250^\circ C$ felett az $AlAg_2$ kristályok túalakban válnak ki és azoknak nagysága a hőmérséklettel növekszik. Az említett szövetszerkezet indokolja az ezüsttartalmú alumíniumötvözetek kedvező siklási sajátságát.

A csapágyvizsgálatokat kiterjesztettük mind a nagykeménységű szövetelemeket tartalmazó ötvözetekre, mind a lágy szövetelemekből épített ötvözetekre. A persely kialakítása és a kenés módja az előzőekben ismertetett volt. A tengely felületileg edzett, köszörült acél, melynek keménysége $BH\ 580-620\ kg/mm^2$.

Az olaj AFORT téli motorolaj, melynek viszkozitása

$50^\circ C$ -nál $75\ cSt\ (10\ E^\circ)$

$100^\circ C$ -nál $11\ cSt\ (1,9\ E^\circ)$

A viszkozitási index 70 .

A tengely felületi finomsága $5-10$ mikroinch RMS, ami $0,125-0,25$ mikronnak felel meg.

a) Kemény szövetelemeket tartalmazó ötvözetek KS 1275-H

Kokillába öntött és hőkezelt eutektikus szilíciumötvözet. Összetétele: Si 13, Cu 1, Ni 1, Fe 0,8, Mg 1, a többi alumínium.

Persely:

mérete $\varnothing\ 65 \times 30$

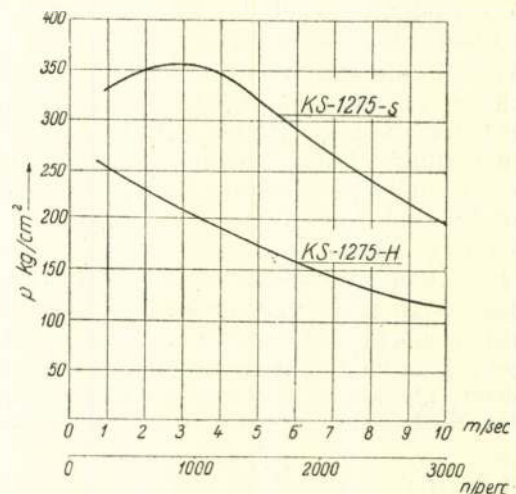
játék: $0,170-0,175\ mm$

keménység: $102-125\ kg/mm^2$, átlag $108\ kg/mm^2$

felületi finomság futtatás

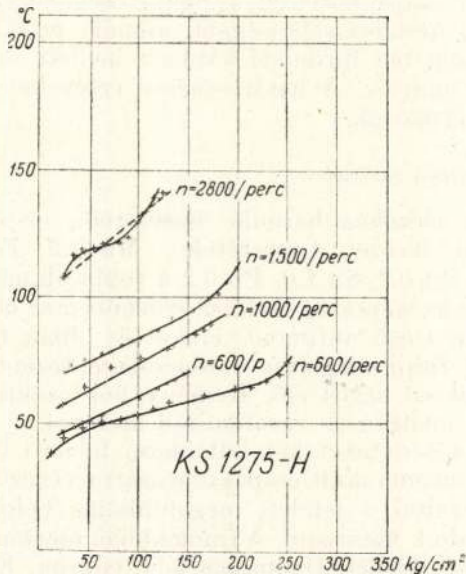
előtt	28-50 mikroinch RMS
átlagosan	42 „
futtatás után	13-44 „
átlagosan	30 „

Az elért határterhelési értékeket a 43. ábrán láthatjuk. A legnagyobb terhelhetőség $1\ m/sec$ -nél



43. ábra.

250 kg/cm² és 10 m/sec-nál 115 kg/cm². A perselyek felületi finomsága a kísérlet folyamán kis mértékben javult. A hőmérséklet lefolyása egyenletesnek mondható. A 44. ábrán a fajlagos terhelés függvényében megadtuk a különböző fordulatszámokhoz tartozó csapágyhőmérsékleteket. Szövetszerkezet szempontjából az ötvözet lágyabb alumínium kristályokba ágyazott kemény és egyenletesen elosztott szilíciumkristályokat tartalmaz. A finom szemcseszerkezet miatt folyamatos kenés esetén ez a csapágyötvözet kellő biztonsággal alkalmazható.



44. ábra.

A továbbiak során ugyanezt az ötvözetet sajtolt kivitelben vizsgáltuk.

KS 1275-s

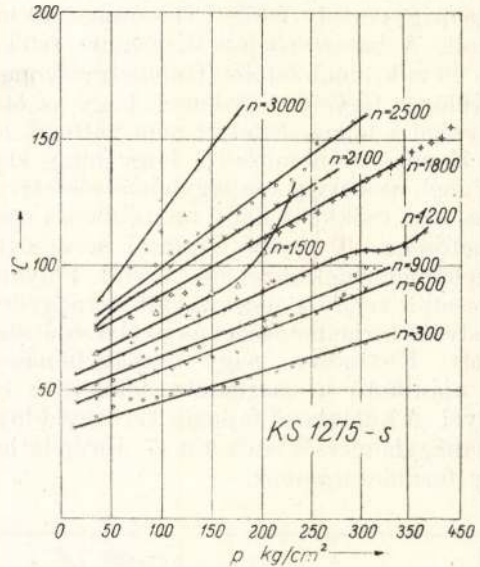
Sajtolt és hőkezelt eutektikus szilíciumötvözet. Összetétele ugyanaz, mint az előző ötvözeté.

Persely :

- mérete \varnothing 65×30
- játék : 0,185—0,200 mm
- keménység : 117—123 kg/mm², átlag 121 kg/mm²
- felületi finomság futtatás előtt 15—21 mikrominch
- átlag 18 ,,
- futtatás után 17—22 ,,
- átlag 18 ,,

A kapott határterhelési értékeket a 43. ábrán adtuk meg. A legnagyobb terhelhetőség 3 m/sec-nál 350 kg/cm², 10 m/sec-nál pedig 200 kg/cm². Ha figyelembe vesszük azt, hogy a felületi finomság a jobb megmunkálás következtében kedvezőbb volt, mint az előzőleg ismertetett öntött ötvözetnél, a nagyobb terhelhetőség nem a sajtolt anyag kedvezőbb szövetszerkezetének tulajdonítható, hanem kizárólag a felületi megmunkálásnak. Ezt mutatja az is, hogy a sajtolt ötvözet felületi finomsága a kísérlet során egyáltalán nem javult, hanem még kis mértékben romlott. Tehát az eutektikus szilíciumötvözetnél nem célszerű a költséges sajtolási eljárást használni, hanem a gyártás szempontjából egyszerűbb öntési technológiát kell

választani. A sajtolt ötvözetből készült csapágyak hőmérsékleti értékeit a fajlagos terhelés függvényében a 45. ábrán láthatjuk. A hőmérsékleti görbék elég egyenletesek, ami azt mutatja, hogy ez a csapágyötvözet üzemi felhasználás szempontjából megbízhatóan viselkedik.



45. ábra.

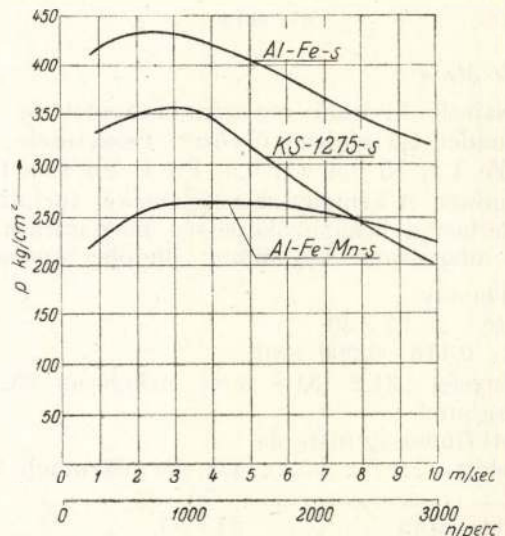
Al-Fe-s

Vasaluminid és magnéziumaluminid szövetelemeket tartalmazó ötvözet összetétele : Fe 0,6, Mg 0,5, Si 0,3, a többi alumínium. A csapágyötvözet sajtolt kivitelben készült.

Persely :

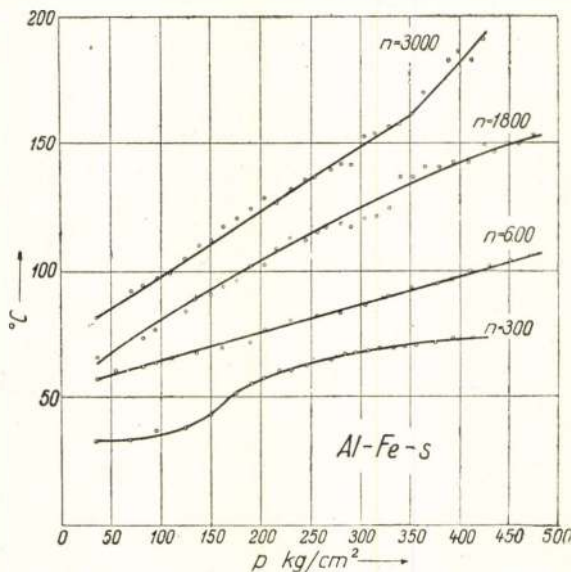
- mérete \varnothing 65×30
- játék : 0,170—0,200 mm
- keménység : 34,4—35,5 kg/mm², átlag 35 kg/mm²
- felületi finomság futtatás

előtt	18—40 mikrominch RMS	
átlagosan	20	„
futtatás útján	18—61	„
átlagosan	28	„



46. ábra.

A kapott határterhelési értékeket a 46. ábrán adjuk meg. A legnagyobb terhelhetőség 2,5 m/sec-nál 430 kg/mm², 10 m/sec-nál pedig 320 kg/cm². A felületi finomságnak különösen nagy szerepe van a kemény szövetelemeket tartalmazó csapágyötvözeteknél. Így pl. 5 m/sec kerületi sebességnél csak 271 kg/cm² terhelhetőség adódott, mivel az illető csapágypersely felületi finomsága 40 mikrométer volt. A határterhelési diagramm értékei az átlagos 20 mikrométer felületi finomságra vonatkoznak. Különös figyelmet érdemel, hogy az ötvözet keménysége a hőmérséklettel nem változik lényegesen. Ennek tulajdonítható, hogy nagy kerületi sebességnél, ami nagy csapágyhőmérsékletet eredményez, sem csökkent nagy mértékben a csapágy terhelhetősége. 10 m/sec kerületi sebességnél a csapágyhőmérséklet közel 200° C volt. Folyamatos kenés esetén tehát a megvizsgált csapágyötvözet igen kedvező terhelhetőséget és siklási sajátságokat mutatott. Különösen nagy csapágyhőmérséklet esetén ajánlható a használata, felületileg edzett tengellyel. A különböző fajlagos terhelésekhez tartozó csapágyhőmérsékleteket a 47. ábrán láthatjuk néhány fordulatszámhoz.



47. ábra.

Al-Fe-Mn-s

Sajtolt kivitelű mangánaluminid és vasaluminid tartalmazó ötvözet. Összetétele: Mn 1,2, Fe 1,2, Ni 0,5, Cu 0,5, Pb 1, Sb 1, a többi alumínium. A kemény szövetelemeket tartalmazó ötvözethez a beagyazóképesség megjavítása céljából adagoltunk 1% ólmot, illetőleg antimont.

Persely

mérete: \varnothing 65×30
játék: 0,176—0,200 mm
keménység: 31,2—34,8 mm², átlagosan 33,1 kg/mm²

felületi finomság futtatás
előtt 43—65 mikrométer RMS
átlag 55 „
futtatás után 24—55 „
átlag 43 „

A kísérleti perselyen kiválások nyomai láthatók. Így tehát a durva kísérlet nem tekinthető teljes értékűnek. Az egyes alkotók durva szemcséjű kiválásának tulajdonítható az is, hogy ugyanazon megmunkálási technológiát alkalmazva, mint az előző két ötvözetnél, sokkal durvább felületet nyertünk (KS 1275-nél 18 mikrométer szemben a szóbanforgó ötvözetnél kapott 55 mikrométer-el). A terhelhetőség 3 m/sec-nál 260 kg/cm², 10 m/sec-nál pedig 230 kg/cm². Helyes gyártási eljárás mellett ez az ötvözet is jóminőségűnek tekinthető. Különösen szembetűnő, hogy a csapágyötvözet terhelhetősége majdnem minden kerületi sebességnél, állandó értékű. Ez különösen tág fordulati határok mellett dolgozó gépnél előnyös. A határterhelési értékeket a 46. ábrán láthatjuk.

411. számú ötvözet

Az előzőhöz hasonló összetételű, de öntött kivitelű ötvözet. Összetétele: Mn 1,2, Fe 1,2, Ti 0,3, Zn 0,2, Sb 1,0, Pb 0,2 a többi alumínium. A beagyazóképesség javítása érdekében az ötvözet kismennyiségű antimont, cinket és ólmot tartalmaz. A titán adagolása a szemcseszerkezet finom kialakulását segíti elő. Kemény hordozókristályként a mangán és vasaluminid szerepel.

A kísérleteket két különböző felületi finomsággal megmunkált csapágy sorozatra végeztük el, hogy ezáltal a felületi megmunkálás befolyását meg tudjuk határozni. A finomabban megmunkált perselyek felületi finomsága 0,55 mikrométer. Ezek a perselyek finomfűrással készültek. Az esztergályozott perselyek felületi finomsága viszont 2,2 mikrométer. Az adatokat mindkét esetre közöljük.

I. Persely

mérete: \varnothing 65×30
játék: 0,200—0,250 mm
keménység: 28,4—30,3 kg/mm², átlagosan 29,5 kg/mm²

felületi finomság futtatás
előtt 15—30 mikrométer RMS
átlagosan 22 „
futtatás után 6—40 „
átlagosan 20 „

Ez a csapágyötvözet igen jól megmunkálható. Adatok az esztergályozott perselyekre:

II. Persely

mérete: \varnothing 65×30
játék: 0,160—0,190 mm
keménység: 28,4—30,3 kg/mm², átlagosan 29,5 kg/mm²

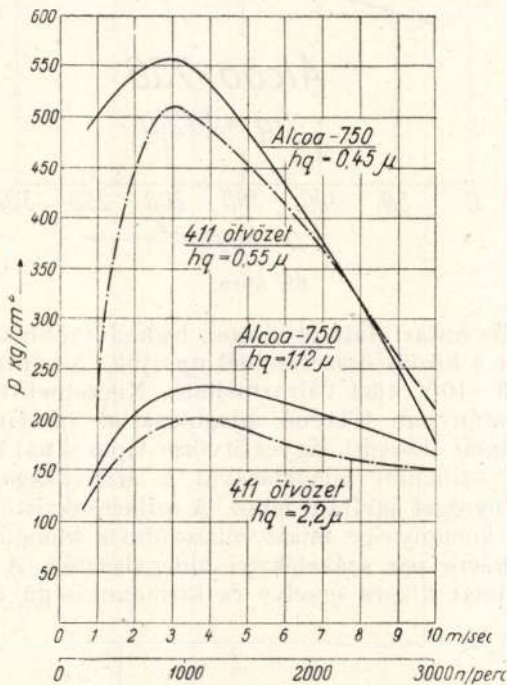
felületi finomság futtatás
előtt 50—130 mikrométer RMS
átlagosan 88 „
futtatás után 36—65 „
átlagosan 56 „

Megfigyelhetjük, hogy a finomabban megmunkált perselynél is javult valamit a felületi finomsága, viszont az esztergályozott perselynél ez a javulás szembetűnően nagymértékű. Ennek tulajdonítható a szóbanforgó ötvözet igen kedvező terhelhetősége. A kapott határterhelési értékeket

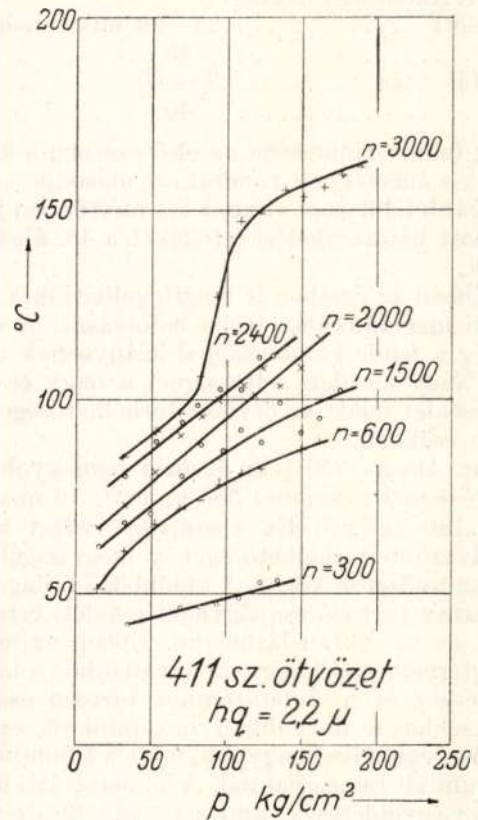
a 48. ábrán láthatjuk. A finom felületi megmunkálás óriási befolyása különösen szembetűnő. Láthatjuk hogy a terhelhetőség a felület finomságával közel arányosan növekszik. Nagy kerületi sebességeknél ez a megállapítás nem áll fenn teljes mértékben, mivel az ötvözet keménységének csökkenése folytán a nagy kerületi sebességeknél adódó csapágyhőmérsékletek esetében a terhelhetőség rohamosan csökken. A felületi finomságon kívül természetesen az ötvözet szövetszerkezetének is nagy befolyása van. Bejáratás alatt egy durva szemcszetű anyagnál a kopás következtében leváló nagyobb méretű anyagrészek durvabb siklási felületet eredményeznek mint egy finom szövetszerkezetű anyagnál.

A 411. számú ötvözet legnagyobb terhelhetősége 3 m/sec-nál 510 kg/cm² 10 m/sec kerületi

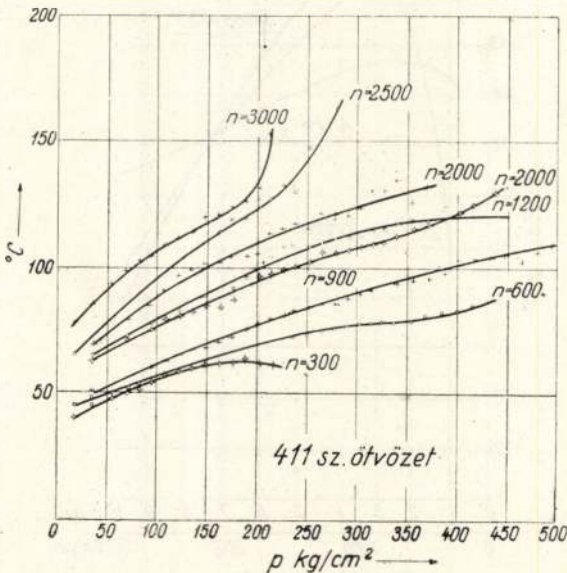
sebességnél pedig 210 kg/cm². Kedvezőtlen a terhelhetőség nagymértékű esése növekvő kerületi sebességeknél. A durvábban megmunkált felületű csapágyaknál a terhelhetőségnek ez az esése sokkal kisebb mértékű. A különböző fajlagos terhelésekhez tartozó csapágyhőmérsékleti értékeket a 49. ábrán láthatjuk a finomabb felületű csapágyak esetére, a 50. ábrán pedig az esztergályozással megmunkált csapágyakra. Az értékeket összehasonlítva megfigyelhető, hogy ugyanazon fajlagos terhelés és fordulatszám esetén a durvábban megmunkált csapágy üzemi hőmérséklete valamivel nagyobb, mint a finomfűrással megmunkált csapágyaké. A hőmérsékleti görbék lefolyása elég egyenletes. Mindent egybevetve a szóbanforgó csapágyanyag igen kedvező siklási sajátságokkal rendelkezik és terhelhetősége igen jó.



48. ábra.



50. ábra.



49. ábra.

b) Lágú szövetelemeket tartalmazó ötvözetek

Alcoa-750

Összetétel: Sn 6,5, Cu 1, Ni 1, a többi alumínium. Az óntartalom a beágyazóképesség és a siklási sajátságok javítását szolgálja. A réz és nikkeltartalom a kemény hordozókristályok kialakulását teszi lehetővé és így a szilárdságot és a keménységet növeli.

A kísérleteket ebben az esetben is két különböző felületi finomsággal megmunkált csapágy-sorozatra végeztük el, hogy így a felületi megmunkálás befolyását meg tudjuk határozni. A finomabban megmunkált perselyek felületi finomsága 0,45 mikron. A durvábban felületű perselyek esztergályozással készültek és azok felületi finomsága

1,12 mikron. Az adatokat a következőkben mindkét esetre közöljük.

I. Persely

mérete: $\varnothing 65 \times 30$
 játék: 0,200—0,250 mm
 keménység: 31,2—38,1 kg/mm², átlag 35 kg/mm²
 felületi finomság futtatás
 előtt 14—40 mikroinch RMS
 átlag 18 ,,
 futtatás után 17—45 ,,
 átlag 20 ,,

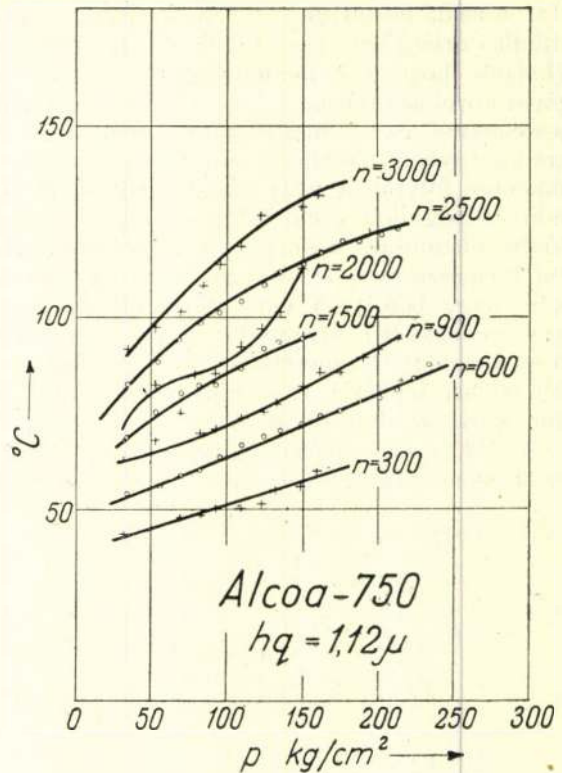
II. Persely

mérete: $\varnothing 65 \times 30$
 játék: 0,167—0,190 mm
 keménység: 31,2—38,1 kg/mm², átlag 35 kg/mm²
 felületi finomság futtatás
 előtt 23—96 mikroinch RMS
 átlag 45 ,,
 futtatás után 30—60 ,,
 átlag 40 ,,

A felület finomsága az első esetben a kísérlet alatt kis mértékben romlott, a második esetben a durvább felületnél viszont kis mértékben javult. A kapott határterhelési értékeket a 48. ábrán láthatjuk.

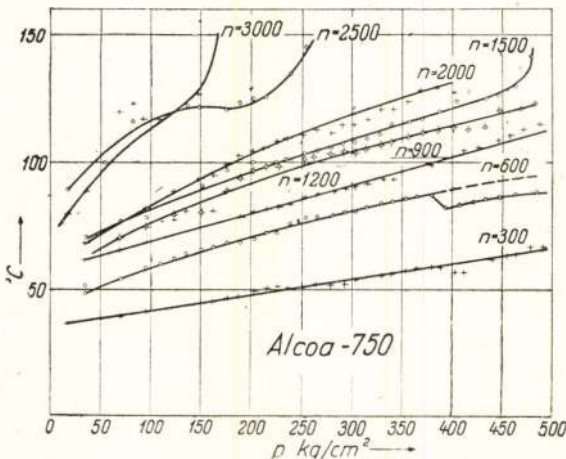
Ebben az esetben is megfigyelhetjük a finom felületi megmunkálás óriási befolyását. A terhelhetőség a felületi finomsággal arányosnak tekinthető. Nagy kerületi sebességnél a nagy csapágyhőmérséklet miatt az ötvözet terhelhetősége rohamosan csökken.

Az Alcoa-750 jelű ötvözet legnagyobb terhelhetősége 3 m/sec-nál 550 kg/cm², 10 m/sec-nál pedig 180 kg/cm². Ez a csapágyötvözet adta a legkedvezőbb terhelhetőséget a megvizsgált alumíniumötvözetek közül. A különböző fajlagos terhelésekhez tartozó csapágyhőmérsékleti értékeket az 51. és 52. ábrán láthatjuk. Ebben az esetben is megfigyelhetjük, hogy az ugyanahhoz a fajlagos terheléshez és fordulatszámhoz tartozó csapágyhőmérséklet a durvábban megmunkált csapágy esetében valamivel nagyobb, mint a finomfúrással megmunkált csapágyaknál. A hőmérsékleti görbék teljesen egyenletesek, ami a csapágyötvözet kedvező sajátságaira jellemző.

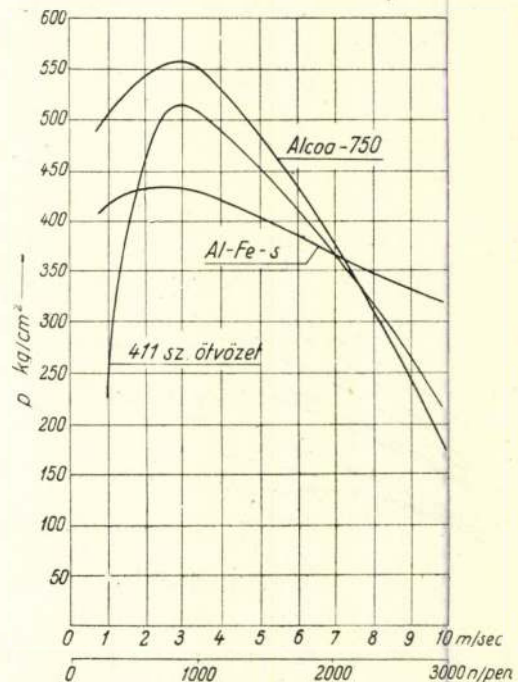


52. ábra.

Az óntartalmú ötvözetek legkedvezőbb sajátságait a közölt összetételnél nyerjük. Az óntartalom 3—10% közt változtatható. Nikkelnek 0,5—2% arányban történő adagolása az ón finomeloszlását elősegíti. Egyes ötvözet-típusoknál 1,5—2,5% szilícium adagolásával a szilárdságot és keménységet javítani lehet. A szilíciumkristályok nagy keménysége miatt célszerűbb a keménység növelésére pár százaléknyi hidegalakítás. A réztartalmat 2%-ra emelve és kismennyiségű mag-



51. ábra.



53. ábra.

néziumot adagolva, a keménységet 70 kg/mm²-re növelhetjük.

Az 53. ábrán összehasonlítás céljából felrajzoltuk az Al-Fe-s, a 441. sz. ötvözet és az Alcoa—750 határterhelési görbéit. Megfigyelhetjük, hogy az utóbbi két ötvözet terhelhetősége mérsékelt kerületi sebességeknél valamivel kedvezőbb, mint a vastartalmú alumíniumötvözeté. Nagy kerületi sebességeknél viszont az Al-Fe-s ötvözet látszik kedvezőbbnek. A kemény kristályokat tartalmazó ötvözet érzékenysége a hőmérséklet ingadozásával szemben kisebb.

Al-Ag5-Pb1

Összetétele: Ag 5, Pb 1, a többi alumínium.

Az ezüsttartalomtól és a lehülési sebességtől függően AlAg₂ összetételű β kristályok válnak ki, melyek a csapágyötvözetben hordozó kristályokként szolgálnak. Az ólom adagolása a beagyazóképességet, valamint a bejáratási és szükségfutási sajátságokat javítja. Az ötvözet keménysége az előbbiekből kifolyólag, tehát az ezüsttartalomtól és a lehülési viszonyoktól függ.

A kísérleti adatok:

Persely

mérete: ∅ 65 × 30

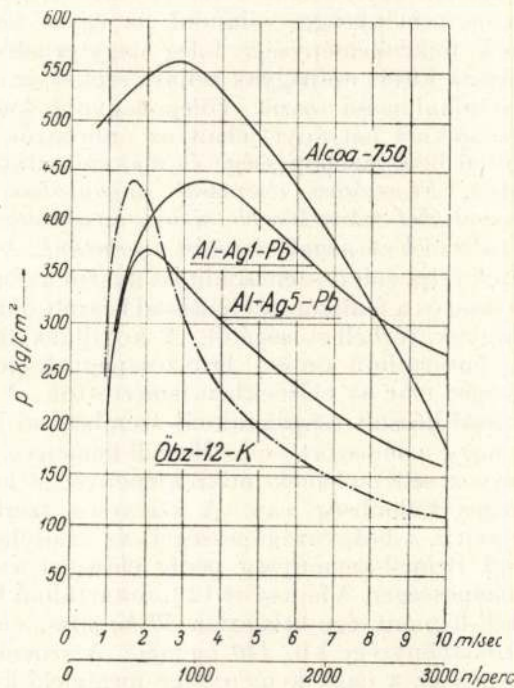
játék: 0,150—0,215 mm

keménység: 76—95 kg/mm², átlag 88 kg/mm²

felületi finomság futtatás

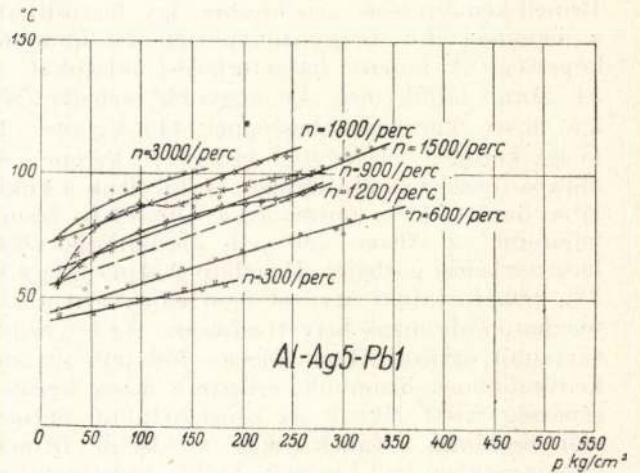
előtt	10—19 mikrominch RMS	
átlagosan	15	„
futtatás után	13—62	„
átlagosan	17	„

Az ötvözet megmunkálhatósága igen jó. Így sikerült a közölt mértékű felületi finomságot elérni. Üzemközben a siklófelület finomsága már nem javul. A kapott határterhelési értékeket az 54. ábrán adjuk meg. Legnagyobb terhelhetőség



54. ábra.

2 m/sec kerületi sebességnél 360 kg/cm², 10 m/sec kerületi sebességnél 170 kg/cm². A különböző fordulatszámokhoz és fajlagos terhelésekhez tartozó csapágyhőmérsékleteket az 55. ábrán adjuk meg. A hőmérsékleti görbék lefolyása elég egyenletes. Ez az ötvözet viszonylag nagy keménységénél fogva ónbronzzal helyettesítésére alkalmas. Gazdaságosság szempontjából hátrányos az ötvözőként szereplő ezüst magas ára.

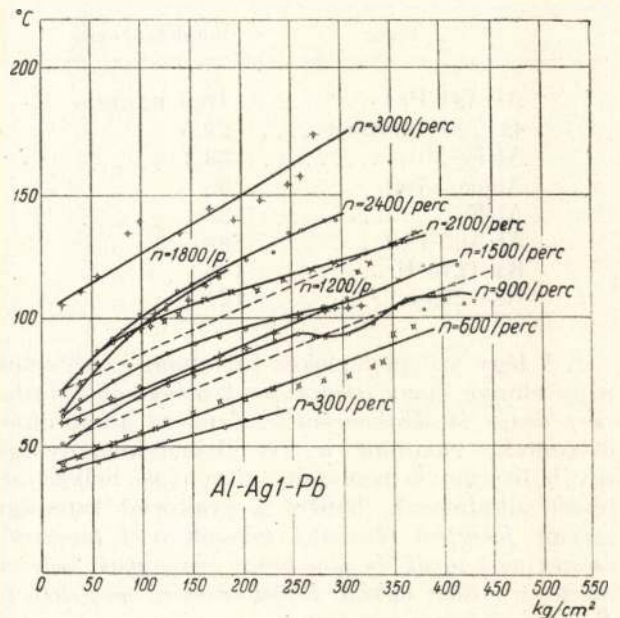


55. ábra.

Al-Ag1-Pb1

Összetétele: Ag 1, Pb 1, a többi alumínium.

A kis ezüsttartalom miatt az ötvözet keménysége igen kis mértékű. Ennek ellenére a kísérlet során nem jelentkezett berágódásra való hajlamoság. A hőmérsékleti görbék lefolyása, ahogy azt az 56. ábrán láthatjuk, elég egyenletes.



56. ábra.

A kísérletnél alapul szolgáló adatok:

Persely

mérete: ∅ 65 × 30

játék: 0,085—0,210 mm

keményység: 13—20,8 kg/mm², átlag 16,5 kg/mm² felületi finomság futtatás

előtt	19—40	mikroinch	RMS
átlag	26	„	„
futtatás után	14—35	„	„
átlag	24	„	„

Az ötvözet megmunkálhatósága kevésbé jó, mint az előző ötvözeté. A bejáratás következtében a felület finomsága valamit javult. Az anyag Brinell-keménysege igen kicsiny, így biztosítható a nagymértékű beagyazóképeség és idomulóképesség. A kapott határterhelési adatokat az 54. ábrán adjuk meg. Legnagyobb terhelhetőség 3,5 m/sec kerületi sebességnél 440 kg/cm², 10 m/sec kerületi sebességnél pedig 270 kg/cm². Az ábrába összehasonlítóképpen berajzoltuk a kokillába öntött 12% öntartalmú Öbz-12-K bronz, valamint az Alcoa—750 jelű alumíniumötvözet határterhelési görbéjét. Megállapíthatjuk, hogy az 5% ezüsttartalmú ötvözet igen előnyösen alkalmazható ónbronzzok helyettesítésére. Az 1% ezüsttartalmú ötvözetnél az Alcoa—750 jelű ötvözet kedvezőbbnek bizonyult, csupán 8 m/sec kerületi sebesség felett látszik az ezüsttartalmú ötvözet előnyösebbnek. Ennek okát a kisebb Brinell-keménységben kell keresni. Az 1% ezüsttartalmú ötvözetet kizárólag bélésfémként lehet felhasználni acél támasztócsészék kiöntésére.

Összefoglalva a kísérleti eredményeket, láthatjuk, hogy az alumínium alapú csapágyötvözetek igen kedvező siklasi sajátságokkal és terhelhetőséggel rendelkeznek. Az ötvözők megfelelő kiválasztásával keménységük igen tág határok között változtatható. Ebből a szempontból összehasonlítóként szolgáljon az alábbi összeállítás.

Anyag	Brinell-keménység
Al-Ag1-Pb1	16,5 kg/mm ²
411. sz. ötvözet	29,5 „
Al-Fe-Mn-s	33,1 „
Alcoa—750	35 „
Al-Fe	35 „
Al-Ag5-Pb1	88 „
Ks-1275-H	108 „
Ks-1275-s	121 „

A lágy szövetelemeket tartalmazó ötvözetek nagy előnye, hogy természetes keménységű tengely-csap esetén is alkalmazhatók. Ezek az alumínium-ötvözetek, valamint a kis Brinell-keményességű egyéb ötvözetek nemcsak ónbronzzok helyettesítésére alkalmasak, hanem a gyakorlat tanúsága szerint fehérjém ötvözzel kiöntött acél támasztócsészés csapágyak és ólombronz csapágyak kedvező feltételek mellett történő helyettesítésére megfelelnek. Ezek az alumíniumötvözetek nem pótanyagok, mivel terhelhetőség és siklasi sajátságok szempontjából az előbb említett csapágyanyagoknál kedvezőbbek. Különösen változó igénybevételnek kitett motor-csapágyaknál van nagy jelentősége az alumínium-ötvözetek nagy kifáradási szilárdságának. Így pl. az Alcoa—750 jelű ötvözet kifáradási határa a

35% Pb tartalmú ólombronzénak kétszerese, az ónbázisú fehérjémének pedig majdnem ötszöröse. Ez az oka annak, hogy motorcsapágyaknál egyre jobban terjednek az ismertetett alumínium bázisú ötvözetek. Felhasználás szempontjából figyelembe kell venni azt, hogy az alumíniumötvözetű csapágyakat majdnem kizárólag hazai eredetű nyersanyagból állíthatjuk elő.

Felhasználás szempontjából egyedüli hátrány az, hogy az alumíniumötvözetek hőtágulási együtthatója (18—22·10⁻⁶) valamivel nagyobb, mint az ónbronzzok hőtágulási együtthatója (17·10⁻⁶). Ezt a hátrányt úgy lehet kiküszöbölni, ha az alumínium csapágyötvözetet bélésfémként acél támasztócsészés kivitelű csapágyban alkalmazzuk. A bélésfém fémes kötésének megvalósítására már megfelelő eljárások állnak rendelkezésre. Tömör persely használata esetén a hőtágulás hatására a persely anyagának bizonyos mértékű tömörödése következik be. Ez különösen a kiszilárdságú és kis keménységű ötvözeteknél jelentkezik. Így a csapágy lehűlése alkalmával a persely meglazulhat a csapágyházban. Ez a tény nagy csapágyhőmérséklet esetén korlátozza az alumíniumötvözetből készült perselyek használhatóságát. A Ks-1275 jelű ötvözet hőkezelés nélküli 170° C csapágyhőmérsékletig használható. Nemesített kivitelben a felső hőmérsékleti határ 210—250° C. A kisebb keménységű ötvözetek, így pl. az Alcoa—750, már 100—150°-nál kilazulnak. A csapágyfurat végleges méretre munkálását besajtolt állapotban célszerű elvégezni. Ezt megelőzőleg a csapágyat 150—180° C-on néhány órán át olajban kell főzni. Így a persely utólagos méretváltozását elkerülhetjük.

7. Fémszórással készült csapágyak vizsgálata

Az öntött bronzok szövetszerkezete, szilárdsága és keménysége, valamint az egyes szövetelemek mikrokeménysége főleg nagyterhelésű és kopásnak kitett csapágyak céljára ezeket az anyagokat alkalmassá teszik. Főleg nagyobb kerületi sebességeknél hátrányt jelent az ónbronzzok kedvezőtlen beagyazóképesége és alakváltoztató képessége. Fémszórás eljárással anyagfelhasználás szempontjából takarékosabb, siklasi szempontból pedig kedvezőbb csapágykialakítást nyerhetünk. A vizsgálatok célja volt összehasonlítani a nyerni az öntési, eljárással és a fémszórás eljárással készült ónbronz csapágyak terhelhetőségéről. A kokillába öntött 12% öntartalmú öntött bronzcsapágyak terhelhetőségét már az előzőekben ismertettük. A fémszórással készült csapágyaknál szembevetendő jelenség, hogy a fémszórás bélés Brinell-keménysege és az egyes szövetelemek mikrokeménysége között lényeges különbség van. A szivacsos szerkezet megjavítja a beagyazóképeséget, az aránylag kis értékű Brinell-keménység pedig elősegíti az idomulóképességet. A fémszórás 12% öntartalmú bronz Brinell-keménysege átlagosan 50 kg/mm², viszont mikrokeménysége kb. 140 kg/mm². A szövetszerkezetnek ez a nagy keménysége megfelelő kopásellenállást tud biztosítani.

A kísérleti csapágy adatai:

Öbz 12 fémszórt

Persely

mérete: $\varnothing 65 \times 30$

játék: 0,085—0,090 mm

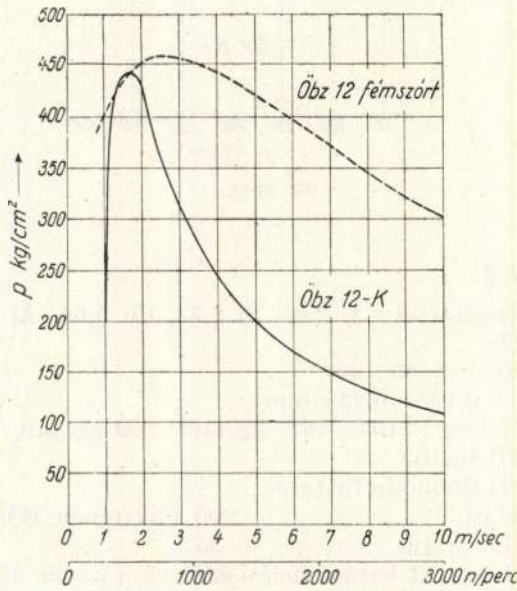
keményiség: 45—52 kg/mm², átlag 50 (Brinell)

felületi finomság futtatás előtt 14—55 mikrominch

átlag 20 „

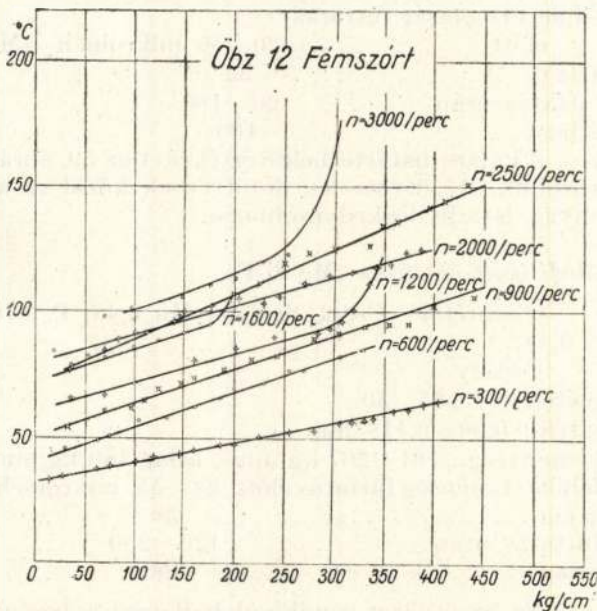
futtatás után 14—46 „

átlag 25 „



57. ábra.

A kapott határterhelési értékeket az 57. ábrán láthatjuk. Legnagyobb terhelhetőség 2,5 m/sec kerületi sebességnél 450 kg/cm², 10 m/sec kerületi sebességnél pedig 300 kg/cm². Összehasonlításképpen berajzoltuk a tömör Öbz 12—K anyag határterhelési görbéjét is. Láthatjuk, hogy na-



58. ábra.

gyobb kerületi sebességnél a fémszórással készült csapágy terhelhetősége többszöröse a tömör bronz-csapágyénak. A siklási sajátságok igen kedvezőek. A különböző fordulatszámokhoz és fajlagos terhelésekhez tartozó csapágyhőmérsékleteket az 58. ábrán adtuk meg. A hőmérsékleti értékek alakulása teljesen egyenletes.

A fémszórással készült csapágyak felhasználásánál kellő megfontolással kell élni. Figyelembe kell venni, hogy az egyes szemcsék között nincsen fémes kapcsolat, hanem csak tapadás. A fémszört bélésréteg is csak adhéziósan kapcsolódik az acél támasztócsészéhez. Az adhéziós erők olyan nagyságrendűek, hogy a gyakorlatban a legtöbb csapágyazási helynél a követelményeknek megfelelnek. Bizonyos nagyterhelésű csapágyaknál, főleg változó igénybevétel esetén viszont a fémszórással készült bélésréteg repedezésével és leválásával kell számolni. A szilárdsági és kötési szempontok megjavítását célozza a csapágyersely utólagos hőkezelése, melynek során az egyes fémrészecskék közti diffúzió hatásaképpen kohéziós kapcsolat áll elő. Ezt az eljárást a fémkerámiából ismerjük. Az utólagosan hőkezelt csapágyak esetében is a kedvezőtlen anyagszerkezet miatt csak csökkent értékű kifáradási szilárdsággal lehet számolni. Az alkalmazhatóság határát további kísérleteknek és a gyakorlatnak kell eldöntenie.

A csapágy terhelhetősége szempontjából fontos szempont, hogy a sérült csapágyfelületről viszonylag nagyméretű szemcsék válnak le és így a csapágyfelület eredeti 20 mikrominchnek megfelelő finomsága, ahogy azt méréseink során tapasztaltuk 150—220 mikrominchre durvul. A felületi finomságnak ez a nagymértékű csökkenése a terhelhetőség arányos csökkenését vonja maga után. Ez azt jelenti, hogy sérülés esetén e fémszórással készült csapágy nehezebben járódik be, mint az öntött csapágyanyagok és így teljes meghibásodással kell számolni.

8. Vasalapú csapágyanyagok vizsgálata

Öntöttvasnak csapágyanyagként való alkalmazása régi eredetű. Megfelelően finom felületi megmunkálás esetén kis terhelésű csapágyaknál a közönséges öntöttvas is megfelel a célnak. Az öntöttvas szabad grafittartalma a siklási sajátságokat javítja. Hátrányt jelent viszont az öntöttvas durva szemcseszerkezete és az egyes szemcsék közti csekély szilárdság. Ez az oka annak, hogy üzem közben az öntöttvas-csapágyak kopása nagymértékű. A nagyobb szilárdságú perlites szerkezetű öntöttvas megmunkálhatóság és siklási sajátságok szempontjából is sokkal kedvezőbb. A lehűlés sebességének csökkentésével csapágyazás céljára megfelelő szövetszerkezetű anyagot nyerhetünk. Újabban különféle ötvözött öntöttvasakat használnak csapágyanyagként. Az ötvözőanyagok célja elsősorban a szövetszerkezet finomítása, másrészt a szilárdság és kopási ellenállás javítása.

Kísérleteink során megvizsgáltuk a közönséges szürkeöntvény, néhány ötvözött öntöttvas, valamint modifikált öntöttvas siklási tulajdon-

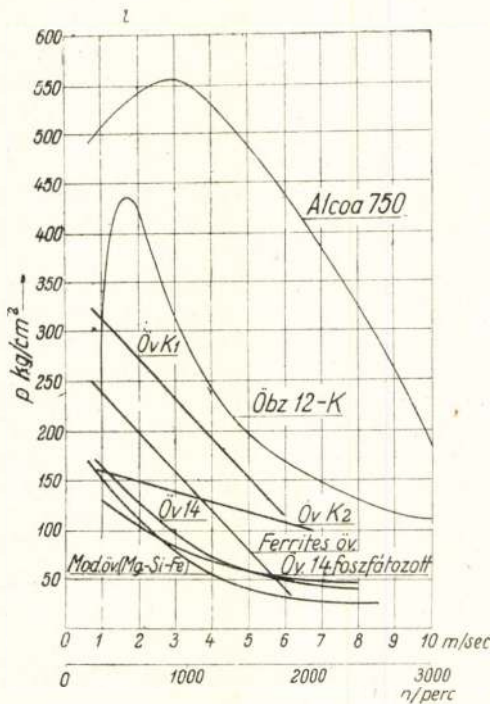
ságait. A kísérleteknél alapul szolgáló adatok a következők voltak :

Öv. 14,01

Persely

mérete : $\varnothing 65 \times 45$
 játék : 0,230—0,265 mm
 keménység : 103—143 kg/mm², átlag 130 kg/mm²
 felületi finomság futtatás előtt 80—200 mikroinch
 átlag 110 ,,
 futtatás után 50—300 ,,
 átlag 150 ,,

A kapott határterhelési értékeket az 59. ábrán adjuk meg. Kísérleteket végeztünk cinkfoszfáttal bevont öntöttvas csapágy-perselyekkel is. A határterhelési értékeket az előbb említett ábrán láthatjuk.



59. ábra.

Öv. K1

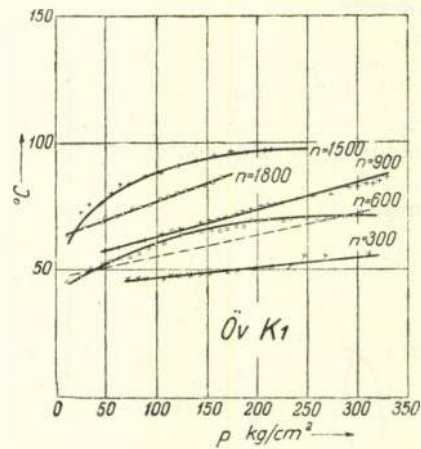
Összetétele : C 3,35, Si 1,36, Mn 0,52, S 0,23, Cu 0,26, Ni, 0,46, Cr 0,49.

Persely

mérete : $\varnothing 65 \times 30$
 játék : 0,080—0,110 mm
 keménység : 180—219 kg/mm², átlagosan 195 kg/mm²
 felületi finomság futtatás
 előtt 14—55 mikroinch RMS
 átlag 24 ,,
 futtatás után 75—205 ,,
 átlag 180 ,,

A kapott határterhelési értékeket az 59. ábrán, a hozzátartozó hőmérsékleti értékeket pedig a 60. ábrán láthatjuk. Ez az ötvözet a megvizsgált vasanyagok közül a legkedvezőbb. A mérési pontok a szokásosnál nagyobb szórást mutatnak, ami

főleg a felületi finomságok szórására vezethető vissza.



60. ábra.

Öv. K2

Összetétel : C 2,95, Si 2,33, Cu 5,64, Al 2,1.

Persely

mérete : $\varnothing 65 \times 45$
 játék : 0,125—0,235 mm
 keménység : 153—161 kg/mm², átlagosan 156 (Brinell)

felületi finomság futtatás

előtt 200 mikroinch RMS
 futtatás után 95 ,,

A kapott határterhelési értékeket az 59. ábrán láthatjuk.

Ferrites öntöttvas

Összetétel : C 3,51, Si 2,37, Mn 0,53, P 0,473, S 0,128.

Persely

mérete $\varnothing 65 \times 30$
 játék : 0,095—0,150 mm
 keménység : 140—187 kg/mm², átlag 150 kg/mm²
 felületi finomság futtatás

előtt 20—50 mikroinch RMS
 átlag 32 ,,
 futtatás után 20—180 ,,
 átlag 100 ,,

A kapott határterhelési értékeket az 59. ábrán közöljük. Az ötvözetlen öntöttvasak közül ez az anyag látszik legkedvezőbbnek.

Modifikált öntöttvas (Mg-Si-Fe)

Összetétel : C 3,2, Si 2,69, Mn 0,48, P 0,78, S 0,44.

Persely

mérete : $\varnothing 65 \times 30$
 játék : 0,90—0,118 mm
 keménység : 161—207 kg/mm², átlag 180 kg/mm²
 felületi finomság futtatás előtt 22—55 mikroinch
 átlag 30 ,,
 futtatás után 120—350 ,,
 átlag 200 ,,

Ez az ötvözet rendkívül hajlamos a berágódásra. Határterhelési értékei az 59. ábra szerint

a vasanyagok közül a legalacsonyabbak. Csapágyazás céljára nem alkalmas.

További kísérleteket folytattunk magnéziummal és ferroszilikiummal modifikált öntöttvasnak csapágyanyagként való felhasználására. Ezek a kísérletek bebizonyították, hogy a jelzett anyagok csapágyazási célra teljesen alkalmatlanok mert a legkedvezőbb kenési viszonyok mellett is már egészen kis terhelési értékeknél berágódnak. A berágódás mértéke olyan, hogy súlyosabb esetekben a tengely és a csapágypersely teljes összehegedésével kell számolni.

Összefoglalva, az öntöttvas csapágyanyagok kísérleti eredményeit, megállapíthatjuk, hogy az Öv K1 jelű ötvözött öntöttvas, valamint a ferrites szövetszerkezetű öntöttvas kisebb siklási sebességeknél jól használható bronz csapágyperselyek helyettesítésére. Meg kell azonban említenünk, hogy az öntöttvas szükségfutási sajátságai igen rosszak és a kenés bármilyen rövid idejű kimaradása esetén a csapágy berágódásával kell számolni. Ezért nagy terhelésű és nagy üzembiztonságot igénylő csapágyaknál továbbra is színesfémek felhasználása szükséges. Összehasonlításképpen az 59. ábrában megadtuk az Alcoa—750 és az Öbz 12-K anyagok határterhelési értékeit.

9. Kenés nélküli vizsgálat

A jó csapágyfémnek a kenés rövidebb idejű kimaradása esetén nem szabad berágódnia. A hőmérsékletnek csak mérsékeltén szabad ilyen esetekben emelkednie. Ezt a követelményt akkor lehet kielégíteni, ha az olaj jól tapad a felületekhez. De ez nem elegendő. A legtöbb esetben ugyanis a felületi finomságból származó érdesség mértéke nagyobb a felületekre tapadó vékony olajréteg vastagságánál. Ilyenkor a felületből kiálló kristályok közvetlenül kapcsolatba kerülnek egymással. Ha ezeknek a kristályoknak keménysége igen nagy, a kiálló felületek letöredezéséhez, vagyis a csapágyfelület bejáródásához nagyobb súrlódó erőre van szükség, ami igen erős melegeedésben jelentkezik. Ehhez járulhat még az is, hogy az egyes kristályok közötti szilárdság nem kielégítő. Ezt tapasztaljuk az eutektikus összetételű szilíciumötvözeteknél is. Az egyes kristályok könnyen kiszakadnak a felületből és a sikló felületek közé kerülve karcolják azokat. A csapágy úgy viselkedik, mintha szennyezés került volna bele.

A kenőolaj nélküli futtatásnál a tapadó olajréteg vastagsága kisebb, mint hidrodinamikai kenés esetén. Durva szerkezetű csapágyaknál a felületből leváló részecskék mérete nagyobb, az említett olajfilm vastagságánál. Az ilyen anyagnál tehát a kenés kimaradása esetén szükségszerűen hirtelen hőmérsékletemelkedés következik be.

Nagy szerepe van ilyen esetben a csapágyanyag beágyazóképességének. A lágyabb, kis keménységű csapágyfémeknél a kenés kimaradása rendszerint nem szokott bajt okozni. Viszont a nagy keménységű csapágypersely anyagoknál sem

szabad erősebb hőmérsékletemelkedésnek és berágódásnak előfordulni.

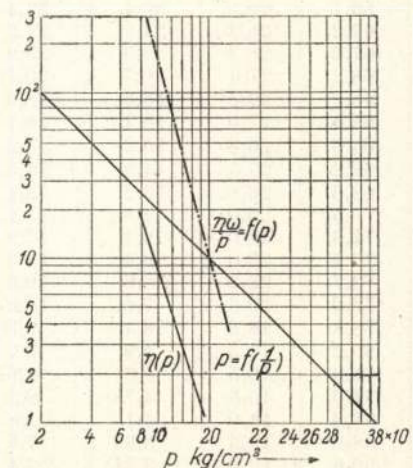
Az egyes csapágyötvözetek határterhelési vizsgálatának befejezése után megvizsgáltuk annak viselkedését a folyamatos kenés megszakitása esetén. A bronzból készült csapágyak és a vörösötvözetből készült csapágyak elég kedvezően viselkedtek. Kellő finomságú felületi megmunkálás esetén a csapágyakat napokon át üzemben lehet tartani folyamatos kenőanyag adagolása nélkül. Kísérleteinknél percenként 900 fordulat mellett 10 kg/cm² fajlagos terheléssel járattuk a csapágyvizsgálógépet és figyeltük a hőmérséklet értékeit. Kellő finomságú felületek esetében az említett bronz- és vörösötvözet anyagoknál az egyensúlyi csapágyhőmérséklet 56 és 82° C között volt. A kísérleti csapágyak hőmérséklete 50 órai kenés nélküli futtatás után sem emelkedett az említett érték fölé. A durvábban megmunkált felületeknél kb. 4–5 óra múlva fokozatos hőmérsékletemelkedés jelentkezett. Ilyenkor a csapágy hőmérséklete 247° C-ig is emelkedett, de berágódás általában nem következett be.

A 4% alumíniumtartalmú Zn-Al 4-Cu 1 cink-alapú csapágyötvözet a bronzhoz hasonlóan viselkedett. A másik két cinkötvözet ebből a szempontból valamivel kedvezőtlenebb. A KS 1275 jelű alumíniumötvözetnél viszonylag rövid idő alatt berágódás következett be.

A lágyabb szövetelemekből felépített alumíniumötvözeteknél a kenés kimaradása esetén igen kedvező sajátságokat tapasztaltunk. Kellő finomságú felületeknél a csapágy terhelhetősége folyamatos kenés nélkül is tekintélyes értékű.

10. A csapágyvizsgálatok kenésméleti értékelése

Az előzetesen ismertetett kísérleteink során meghatároztuk, illetőleg mértük mindazokat az adatokat, melyek a csapágyak hidrodinamikai számításához szükségesek. Így pl. különböző anyagok és fordulatszámok esetén ismerjük a fajlagos csapágyterhelést, a hozzá tartozó egyensúlyi hőmérsékletet, valamint a csapágy illesztését. A határterhelési értékek megállapításánál kisebb terheléseknél, feltétlenül teljes folyadéksúrlódási állapot



61. ábra.

áll fenn, de a terhelés növelésével beáll a vegyes-súrlódási állapot. A következő vizsgálataink célja annak megállapítása, hogy az üzemi adottságoknak megfelelő körülmények között, tehát vegyes súrlódás mellett járatott csapágy mennyiben követi a hidrodinamikai kenélmélet törvényeit. A 22. ábrán közöltük a használt kenőolaj viszkozitási görbéjét. Ha a viszkozitási értékeket a 61.

ábrának megfelelően logaritmikus beosztású papíron ábrázoljuk, közelítően egyenest kapunk. A vízszintes tengelyre ebben az esetben a p fajlagos csapágyterhelést raktuk fel kg/cm^2 egységben. Ha ennek függvényében ábrázoljuk az $\eta\omega/p$ szorzat értékét, erre szintén olyan összefüggést kapunk, amely balra dülő egyenessel ábrázolható. A következő táblázatokban megadjuk a Vöt 8 + 1,

1. táblázat

Vöt 8 + 1,5 Sb-H8		$n = 300$				$t_0 = 29\text{ C}^\circ$					
p	t	$10^8\eta$	$10^8\left(\frac{\eta\omega}{p}\right)_{\text{eff}}$	$10^8\frac{\eta\omega}{p}$	$10^3\Psi$	Φ_{eff}	Φ	μ_{eff}	μ	$\left(\frac{\mu}{\Psi}\right)_{\text{eff}}$	$\frac{\mu}{\Psi}$
24,0	46,8	95	124	124	2,38	4,6	4,6	3,33	3,33	1,43	1,43
35,8	46,8	95	84	84	2,38	6,75	6,75	2,75	2,75	1,18	1,18
48,0	48,0	88	57,5	57,5	2,35	9,62	9,62	2,88	2,88	0,98	0,98
56,2	49,5	78	43,6	43,6	2,34	12,55	12,55	1,98	1,98	0,87	0,87
65,3	50,4	74	35,6	35,6	2,33	15,25	15,25	1,79	1,79	0,79	0,79
74,4	50,6	73	30,8	30,8	2,32	17,4	17,4	1,68	1,67	0,74	0,74
100,4	51,5	69	21,25	21,3	2,31	25,1	25,1	1,39	1,39	0,62	0,62
109,0	51,7	68	19,6	19,6	2,34	27,2	27,2	1,33	1,33	0,59	0,59
118,0	51,9	67	17,8	17,8	2,30	29,8	29,8	1,26	1,26	0,57	0,57
125,8	53,2	63	15,7	16,2	2,29	32,9	31,8	1,19	1,20	0,54	0,54
134,6	53,6	61	14,2	15,0	2,29	37,0	35,0	1,13	1,16	0,51	0,52
143,0	54,0	59	12,9	14,0	2,28	40,3	37,0	1,08	1,12	0,49	0,51
151,9	54,8	56	11,6	13,2	2,27	44,5	39,0	1,02	1,09	0,47	0,50
158,8	55,1	55	10,9	12,5	2,26	46,8	40,8	0,99	1,08	0,46	0,50
166,7	55,1	55	10,4	11,7	2,26	49,1	43,6	0,97	1,08	0,45	0,50
175,7	56,1	52	9,3	11,0	2,26	54,9	46,5	0,92	1,00	0,43	0,47
184,2	57,1	48	8,2	10,3	2,25	61,7	49,0	0,86	0,96	0,40	0,47
193,0	57,1	47	7,7	9,8	2,25	65,6	51,6	0,83	0,94	0,39	0,44
200,9	58,5	44	6,9	9,4	2,24	72,5	53,3	0,79	0,92	0,37	0,43
217,0	61,4	38	5,7	8,5	2,20	85,4	57,0	0,71	0,88	0,35	0,43
225	62,0	36	5,0	8,1	2,19	96,0	59,2	0,67	0,86	0,33	0,42
233	62,7	35	4,7	7,7	2,18	101,0	61,7	0,65	0,83	0,32	0,41
241	63,3	34	4,2	7,5	2,18	112,0	63,0	0,61	0,82	0,30	0,41
251	64,4	31	3,9	7,1	2,16	119,5	65,7	0,59	0,80	0,30	0,40
262	65,5	30	3,6	6,8	2,15	128,0	67,6	0,57	0,78	0,29	0,39
272	68,0	26,5	3,1	6,5	2,12	145,0	68,3	0,53	0,76	0,28	0,40
284	68,6	26	2,9	6,2	2,11	153,5	71,8	0,51	0,75	0,27	0,39

2. táblázat

Vöt 8 + 1,5 Sb - H3		$n = 600$				$t_0 = 25\text{ C}^\circ$					
p	t	$10^8\eta$	$10^8\left(\frac{\eta\omega}{p}\right)_{\text{eff}}$	$10^8\frac{\eta\omega}{p}$	$10^3\Psi$	Φ_{eff}	Φ	μ_{eff}	μ	$\left(\frac{\mu}{\Psi}\right)_{\text{eff}}$	$\frac{\mu}{\Psi}$
24,0	41,1	47,0	120	120	2,77	6,4	6,4	3,29	3,29	1,19	1,19
35,8	65,5	30,0	52,6	52,6	2,67	13,5	13,5	2,17	2,17	0,81	0,81
48,0	66,1	29,5	38,6	38,6	2,66	18,3	18,3	1,87	1,87	0,70	0,70
56,2	66,7	29,0	32,4	32,4	2,65	21,6	21,6	1,71	1,71	0,64	0,64
65,3	67,2	28,3	27,2	27,2	2,65	25,7	25,7	1,57	1,57	0,59	0,59
74,4	67,2	28,3	23,9	23,9	2,65	29,3	29,3	1,47	1,47	0,55	0,55
83,7	68,2	27,5	20,7	20,7	2,63	33,4	33,4	1,37	1,37	0,52	0,52
92,7	68,2	27,5	18,6	18,6	2,62	36,8	36,8	1,29	1,29	0,49	0,49
101,8	68,4	27,0	16,7	16,7	2,61	40,9	40,9	1,23	1,23	0,47	0,47
110,8	68,6	26,8	15,2	15,2	2,60	44,7	44,7	1,17	1,17	0,43	0,43
119,6	68,2	27,5	14,5	14,5	2,62	47,4	47,4	1,14	1,14	0,44	0,44
128,2	68,6	26,8	13,2	13,4	2,61	51,7	50,8	1,10	1,10	0,42	0,42
133,6	70,5	25,0	11,8	13,2	2,60	57,5	51,1	1,03	1,09	0,40	0,42
145,5	71,5	24,0	10,4	12,9	2,59	64,8	52,0	0,97	1,08	0,37	0,42
154,0	72,5	23,0	9,4	11,3	2,58	70,9	58,9	0,92	1,01	0,36	0,39
162,4	73,7	22,2	8,6	10,5	2,56	76,5	62,5	0,88	0,95	0,34	0,37
170,8	76,0	20,5	7,6	10,0	2,54	85,5	64,4	0,83	0,95	0,33	0,37
179,7	78,8	18,2	6,4	9,3	2,05	98,3	67,2	0,76	0,92	0,30	0,37
187,6	80,2	17,5	5,9	8,9	2,49	106,0	69,2	0,73	0,90	0,29	0,36
195,9	81,8	16,5	5,3	8,6	0,45	113,0	69,7	0,69	0,88	0,28	0,36
203,7	84,0	15,5	4,78	8,2	2,43	123,5	72,0	0,66	0,86	0,27	0,35
211,9	86,3	14,0	4,15	7,8	2,40	138,5	73,6	0,61	0,84	0,26	0,35
219,5	88,0	13,5	3,87	7,5	2,38	146,0	74,8	0,59	0,83	0,24	0,35
227,0	90,6	12,0	3,21	7,4	2,36	173,0	75,0	0,54	0,82	0,23	0,35

5 Sb—H, illetőleg az *Öbz 12—K* csapágyanyagokra a hidrodinamikai számítás menetét. Azért választottuk ezt a két viszonylag nagy keménységű csapágyötvözetet, mivel a lágyabb csapágyötvözetknél a kedvezőbb idomulóképesség, beágyazóképesség és kisebb kopásellenállás következtében előbb bekövetkezik a csapágy bejáródása, tehát a hidrodinamikai feltételek teljesülése. Ha a jelzett bronzanyagok üzemében teljesülnek a hidrodinamikai kenésmélet feltételei, sokkal inkább fennáll ez az eset a lágyabb csapágyötvözetknél. Az I. és II. táblázatban az 1. oszlop a kísérlet során használt fajlagos csapágyterheléseket, a 2. oszlop a mért csapágyhőmérsékleteket tartalmazza. A 3. oszlopban a csapágyhőmérsékletekhez tartozó kenőolaj viszkozitás értékeit adtuk meg $kgsec/cm^2$ értékegységben. A 4. oszlop az előző adatok alapján az $\eta\omega/p$ szorzat kiszámított értékeit tartalmazza. Ezeket az értékeket az említett csapágy anyagokra különböző fordulatszámok esetén ábrázoltuk a 62. és 63. ábrán. Ha az egyes pontokat összekötjük, minden esetben balra dülő egyenest kapunk. Nagyobb fajlagos terhelési értékeknél a vonal lefele hajlik. Ez a fémes súrlódás kezdetét jelzi. Fémes súrlódás esetén u. i. a csapágy melegeése nagyobb, mint a tiszta folyadéksúrlódás esetében. Így tehát az illető hőfokhoz tartozó viszkozitási értékek is kisebbek lesznek. Ha az ábrán az egyes vonalat meghosszabbítjuk a nagyobb terhelési értékekhez is, erre az esetre meghatározhatjuk hidrodinamikai kenés feltételezésével az $\eta\omega/p$ értékeket. A táblázatok 4. oszlopában tehát a mért adatok alapján számított (effektív) a következő oszlopban pedig az ábra egyenes vonalának

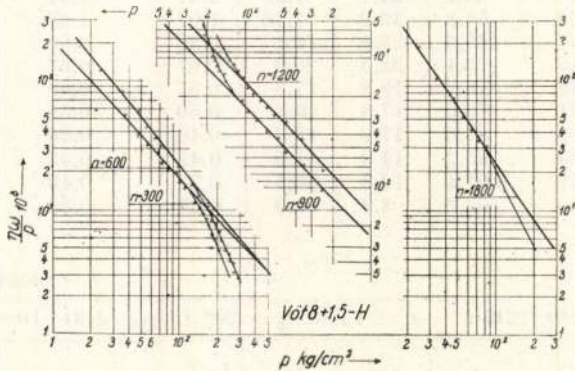
meghosszabbításával leolvasható elméleti értéket adtuk meg. A 6. oszlopban a csapágypersely relatív játékát közöljük, a csapágyhőmérséklet figyelembevételével. A 7. oszlopban a csapágyjellemző számnak a mért adatok alapján számítható értékét, a 8. oszlopban pedig az előbb említett diagram segítségével meghatározható elméleti értékét adtuk meg. A 9. és 10. oszlopban a súrlódási tényező tényleges értéke, illetőleg a 62. és 63. ábra adataival meghatározható értéke található. A súrlódási tényezőt a következő képlettel számítottuk:

$$\mu = K \sqrt{\frac{\eta\omega}{p}}$$

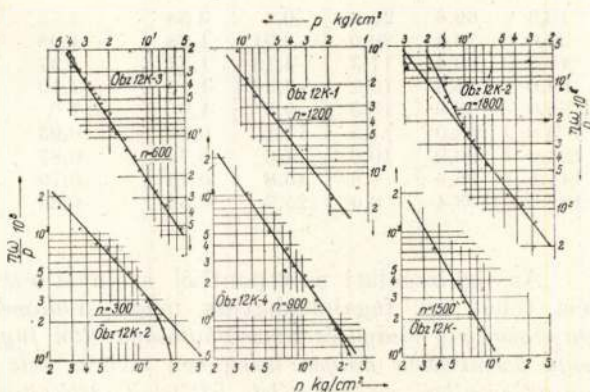
A K súrlódási szám értékét a hidrodinamikai tapasztalatok alapján egységesen 3-nak vettük fel. A táblázat 11. és 12. oszlopában a μ/ψ mért és a 62. és 63. ábra segítségével meghatározott értékeit adjuk meg.

Papírral és idővel való takarékoskodás céljából a III., IV., V., VI., VII., VIII. táblázatban csak a fajlagos csapágyterhelést, a hőmérsékletet, a viszkozitást, a csapágyjellemzőszám értékét és az általánosított súrlódási tényező effektív és diagramok alapján meghatározott értékét adjuk meg. Számításaink során természetesen meghatároztuk az I. és II. táblázatban megadott egyéb adatokat is. Az említett két anyagon kívül más anyagokra is elvégeztük az ismertetett számítási menetet.

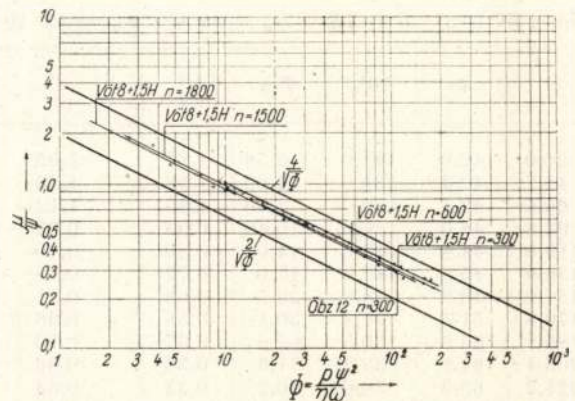
A hidrodinamikai feltételek vizsgálatát leg-egyszerűbben és legbiztosabban a súrlódási viszonyok segítségével végezhetjük. Ha a csapágyjellemzőszám függvényében ábrázoljuk a μ/ψ általánosított súrlódási tényező értékeit, logaritmikusan használata esetén balfelé dülő egyenest kapunk. Azt is megállapítottuk, hogy hidrodinamikai kenés esetén az általánosított súrlódási tényező értékei a $2/\sqrt{\Phi}$ és a $4/\sqrt{\Phi}$ egyenesek által határolt mezőbe esnek. A 64. ábrán az I—VIII. táblázatok adatai alapján a csapágyjellemző szám függvényében ábrázoltuk az általánosított súrlódási tényező értékeit. Ezek az értékek különböző terheléseknél és különböző anyagoknál mind pontosan egy egyenesen fekszenek. Ez a tény azt mutatja, hogy a gyakorlatban még vegyes súrlódás esetén is teljesülnek a hidrodinamikai kenésmélet törvényszerűségei.



62. ábra.



63. ábra.



64. ábra.

Ha a táblázatok két utolsó oszlopát összehasonlítjuk, azok arányából következtetni tudunk a csapágyterhelésnek arra a részére, amely a berágódás határáig fémes súrlódás útján adódik át. Látniuk, hogy a súrlódási tényező mért értéke szélső esetben úgy viszonylik az elméleti értékhez, mint 1 : 2. Figyelembe véve, hogy fémes súrlódás esetén a súrlódási tényező kb. 100-szorosa a folyadéksúrlódással adódó súrlódási tényezőnek, könnyen beláthatjuk, hogy a jelzett kísérleteknél *határhelyzetben a csapágy terhelésnek legfeljebb 1%-a volt fémes súrlódás útján átvihető.*

A kísérletek hidrodinamikai kiértékelése tehát azt mutatja, hogy a hidrodinamikai kenélmélet

3. táblázat

Vöt 8+1,5 Sb—H7 $n = 900$ $t_0 = 25^\circ\text{C}$ $\psi_{10} = 2,43 \cdot 10^{-3}$

p	t	$10^8 \eta$	Φ_{eff}	$\left(\frac{\mu}{\psi}\right)_{\text{eff}}$	$\frac{\mu}{\psi}$
24,0	68,4	26,5	5,67	1,23	1,23
46,7	69,1	26,0	8,98	0,90	0,90
65,3	69,1	26,0	15,6	0,77	0,77
80,2	69,4	25,6	19,4	0,68	0,68
101,9	70,0	25,2	24,8	0,61	0,61
119,9	71,3	24,0	27,7	0,56	0,56
140,7	73,0	22,6	36,4	0,50	0,52
164,6	75,8	20,5	40,8	0,47	0,52
171,5	77,5	19,0	48,1	0,38	0,50
188,7	83,0	16,0	55,6	0,40	0,50
205,0	86,5	14,2	64,0	0,38	0,50
220,8	94,0	10,9	71,0	0,47	0,54
236,0	97,2	10,0	81,0	0,33	0,53
247,0	98,2	9,2	90,2	0,31	0,52

4. táblázat

Vöt 8+1,5 Sb — H5. $n = 1,800$ $t_0 = 26^\circ\text{C}$ $\psi_{10} = 1,7 \cdot 10^{-3}$

p	t	$10^8 \eta$	Φ_{eff}	$\left(\frac{\mu}{\psi}\right)_{\text{eff}}$	$\frac{\mu}{\psi}$
24,0	71,5	24,0	1,54	2,42	2,42
46,6	79,4	18,0	3,47	1,58	1,53
65,3	85,6	14,5	5,74	1,25	1,25
83,7	89,3	13,0	7,68	1,09	1,09
101,8	95,2	10,5	10,7	0,92	0,98
119,6	100,3	9,0	13,35	0,82	0,91

5. táblázat

Öbz 12K—2 $n = 300$ $t_0 = 25^\circ\text{C}$ $\psi_{20} = 2,13 \cdot 10^{-3}$

p	t	$10^8 \eta$	Φ_{eff}	$\left(\frac{\mu}{\psi}\right)_{\text{eff}}$	$\frac{\mu}{\psi}$
24,0	42,0	141,0	2,58	1,87	1,95
46,7	42,4	138,0	4,89	1,36	1,36
65,5	43,4	129,0	7,26	1,12	1,12
92,8	44,0	126,0	10,40	0,93	0,93
119,6	44,8	119,0	14,07	0,80	0,80
136,9	45,8	112,0	17,0	0,73	0,75
154,0	48,9	88,0	23,5	0,62	0,71
170,8	51,5	74,2	30,1	0,55	0,66
185,2	65,5	30,5	67,0	0,37	0,70
205,4	64,1	32,2	71,3	0,36	0,66
221,2	65,9	30,0	80,2	0,33	0,63
237,0	74,1	21,9	106,8	0,29	0,65

feltételei nemcsak tiszta folyadéksúrlódás esetén, hanem vegyes súrlódással dolgozó csapágyaknál is teljes mértékben teljesülnek. Ez újabb bizonyíték arra vonatkozólag, hogy a siklócsapágyak számítását kizárólag a hidrodinamikai kenélmélet alapján lehet végezni.

6. táblázat

Öbz 12K—3 $n = 600$ $t_0 = 20^\circ\text{C}$ $\psi_{20} = 2,15 \cdot 10^{-3}$

p	t	$10^8 \eta$	Φ_{eff}	$\left(\frac{\mu}{\psi}\right)_{\text{eff}}$	$\frac{\mu}{\psi}$
18,6	52,3	67,0	2,06	2,1	2,45
55,0	57,1	46,0	8,22	1,03	1,05
86,0	61,2	37,2	15,5	0,76	0,76
114,0	63,5	33,1	22,6	0,63	0,61
143,0	67,5	28,0	32,4	0,53	0,53
170,0	70,5	24,6	41,9	0,46	0,46
197,0	75,5	20,4	54,8	0,41	0,43
225,0	77,3	19,2	64,8	0,37	0,39
250	79,6	18,0	75,2	0,34	0,36
276	81,2	16,5	88,9	0,31	0,35
302	81,4	16,5	96,7	0,30	0,31
338	82,1	16,7	110,5	0,28	0,30
366	83,4	15,6	121,2	0,27	0,27
397	87,3	13,4	144,6	0,25	0,27
422	92,9	11,2	171,0	0,23	0,26

7. táblázat

Öbz 12 K-4 $n = 900$ $t_0 = 22^\circ\text{C}$ $\psi_{10} = 2,14 \cdot 10^{-3}$

p	t	$10^8 \eta$	Φ_{eff}	$\left(\frac{\mu}{\psi}\right)_{\text{eff}}$	$\frac{\mu}{\psi}$
18,8	55,1	54,2	1,68	2,31	2,31
55	64,8	30,9	7,76	1,07	1,07
86	69,6	25,4	14,1	0,80	0,80
115	73,4	22,3	20,3	0,67	0,67
143	76,7	19,8	27,8	0,57	0,60
171	80,2	17,3	36,3	0,50	0,50
198	81,0	17,0	42,3	0,46	0,46
223	85,2	14,9	51,5	0,42	0,43
251	91,4	12,3	66,5	0,37	0,40
275	102,2	8,3	90,0	0,31	0,42

8. táblázat

Öbz 12K-2 $n = 1,800$ $t_0 = 20^\circ\text{C}$ $\psi_{20} = 1,81 \cdot 10^{-3}$

p	t	$10^8 \eta$	Φ_{eff}	$\left(\frac{\mu}{\psi}\right)_{\text{eff}}$	$\frac{\mu}{\psi}$
10,3	69,6	25,6	0,7	3,58	3,73
29,0	76,4	20,0	2,31	1,98	1,98
47,3	80,4	17,3	4,15	1,47	1,37
68,0	84,3	15,2	3,36	1,19	1,19
89,0	88,0	13,5	9,0	1,0	1,0
103,0	92,0	11,5	11,4	0,88	0,93
123,0	96,0	10,2	14,6	0,79	0,87
141,5	98,8	9,8	16,8	0,73	0,79
187,0	103,4	8,0	25,7	0,59	0,68

Anyagvizsgálati szempontból a következtetést tehát így fogalmazhatjuk meg: *Valamely csapágyanyag jósága és használhatósága attól függ, hogy üzem közben milyen mértékben sikerül vele a hidrodinamikai kenélmélet feltételeit teljesíteni. A jó csapágyanyagoknál kellő finomságú felületi*

megmunkálás esetében, rövid idő alatt bekövetkezik a csapágy bejáródása és a tiszta folyadék-súrlódás.

IRODALOM

1. H. O. Heyer : Lagermetallprüfmaschine mit dynamischer Belastung. Luftfahrt Forschung, 1937.
2. Buske-Rolli : Messung des Ölfilmsdruckes im ruhend und wechselnd belasteten Gleitlagern. Jahrbuch der deutschen Luftfahrtforschung, 1937.
3. A. Thum—R. Strothauer : Prüfung von Lagermetallen und Lagern bei dynamischer Beanspruchung. VDI Zeitschrift, 1937.
4. O. Lasche : Die Reibungsverhältnisse in Lagern mit hoher Umfangsgeschwindigkeit, 9. sz. VDI Forschungsheft, 1903.
Stribeck : Die wesentlichen Eigenschaften der Gleit- und Rollenlager, VDI Zeitschrift, 1902.
Stanton : Cylindrical Journal Lubrication. Roy. Soc. London, 1922.
Nücker : Über die Schmiervorgang im Gleitlager. VDI Forschungsheft 352., 1932.
Rumpf : Reibung und Temperaturverlauf im Gleitlagern. VDI Forschungsheft.
5. A. Buske : Versuche mit Leichtmetallagern in Prüfmaschinen und Flugmotoren. Autotechnische Zeitschrift, 1939.
R. Kühnel : Bewertung der Gleitlagerwerkstoffe nach ihren Eigenschaften. Metallwirtschaft, 1940.
H. Weichell : Entwicklung und Betrieb von Leichtmetallagern VDI Zeitschrift, 1937.
E. Lehr : Versuche mit Pressstofflagern. Kunststoffe, 1938.
6. Czégi : Irányelvek a siklócsapágyak korszerű tervezésére. Nehézipari kiadó, 1951.
7. E. v. Rajakovics : Über die Prüfung der Laufeigenschaften von Lagermetallen. Metallwirtschaft, 1943.
8. Meboldt : Gusseisen als Gleitlagerwerkstoff: VDI Zeitschrift, 1935.
9. A. Buske : Versuche mit Leichtmetallagern in Prüfmaschinen und Flugmotoren. Autotechnische Zeitschrift, 1939.
10. Ranow : Über die Wechselwirkung zwischen Schmierstoffen und Gleitlager. Dissertation Technische Hochschule, Berlin.
11. O. Hummel : Beitrag zur Beurteilung von Lagerwerkstoffen auf Grund der Prüfungsergebnisse und deren konstruktive Auswertung. Metallwirtschaft, 1941.
12. R. Weber : Die Prüfung von Lagerwerkstoffen. Metallwirtschaft, 1942.
13. Carobronze Mitteilungen, 1933. H. 1. und 2.
14. Czégi : Bronz helyett javított vörösvözet. Magyar Technika, 1952.
15. Czégi : Csapágyötvozetek siklasi sajtóságainak vizsgálata. Kohászati Lapok, 1951., 10. és 11. szám. Kohászati Lapok 1952., 6. és 7. szám.
16. Siebel : Handbuch der Werkstoffprüfung. Springer Verlag. 1940., Berlin.
17. Kühnel : Werkstoffe für Gleitlager. Springer Verlag, Berlin, 1939.
18. Hanemann—Schrader : Atlas Metallographicus, Berlin, 1941.
19. Gillemot : Öntöttbronzok helyettesítése aluminium-ötvözetekkel. Technika, 1942.

Ritkafémek kinyerési lehetőségei a timföldgyártás alapanyagaiból és melléktermékeiből

DR. PAPP ELEMÉR

I. RÉSZ

Папп Элемер:

О ВОЗМОЖНОСТЯХ ИЗВЛЕЧЕНИЯ РЕДКИХ МЕТАЛЛОВ ИЗ ИСХОДНОГО СЫРЬЯ И ПОБОЧНЫХ ПРОДУКТОВ ПРОИЗВОДСТВА ГЛИНОЗЕМА.

Ha ritkafémekről, vagy azok vegyületeiről beszélünk, általában tágabb- és szűkebbkörű csoportosításokat szoktunk felállítani.

A tágabbkörű csoportosításba bele tartozik számos olyan fém és annak vegyülete is, mint pl. a „Metall und Erz Bergbau“ című folyóirat rova-taiban is ezt a meghatározási módot használják, amelyet ma már nem tekintünk ritkafémeknek.— Ott még a titán, a vanádium, a kobalt is a ritkák között szerepel.

A szűkebbkörű meghatározások azonban a ritkafémek körét is erősen csökkentik. Általában itt a cérium, cirkónium, itrium és itterbium csoportokat szokták felsorolni, azután a gallium és germánium csoportot, valamint az uránium, tórium és sugárzó részeket — ezenkívül a platina csoport ritkafémait, ruténium, ródium stb. Különleges csoportosításoknak általában mindig csak gyakorlati kinyerés, vagy felhasználás szempont-jából van értelmük.

Ha mi különleges feladatokkal óhajtunk fog-lalkozni — tehát éppen a bauxitkincsünkől szár-mazó és esetleg kitermelhető ritkafémek kérdései-

vel — akkor célszerű olyan csoportosítást vég-re-hajtani, amelyik a bauxit- és timföldgyártási ter-mékekben található és esetleg kinyerhető ritka-fém csoportokra vonatkozik. Ez a felosztás pedig célszerűen lenne :

a cérium csoport ritkafémiei és a cirkónium, a gallium és germánium csoport ritkafémiei, a berillium, azután a sugárzó tórium csoport.

Mikor a mostani kis összefoglaló, iránykövet-keztetésekre alkalmas összeállítást elkészítettem, tudatában voltam annak, hogy a magyarországi kísérleti adatok, valamint vizsgálati módszerek eléggé hiányos volta miatt nem lehet az, amit a téma fontossága megérdemelne. Mégis, kötelességemnek tartom ezen kérdéssel kapcsolatban össze-gyűjtött adataimat és alapvető észrevételeimet közzétenni, hogy néhány irányban a hazai kutá-tásoknak segítséget vagy alapot nyújthassanak.

Hazai bauxitjaink vizsgálata ritkafémek szempontjából

Ezek a vizsgálatok — különös tekintettel arra, hogy bauxitjaink ritkafém alkotói általában a század- és ezredsázalékos nagyságrendben mo-zognak — hiányosak és nem megbízhatóak.

Az „Alumínium Kézikönyv“ 45. oldalán egy gánti bauxit nyomelemzését találhatjuk, amely a bauxitban található berilliumoxid mennyiséget 0,005—0,012%-ban, a ZrO_2 mennyiséget 0,05—0,09%-ban adja meg, a többi ritkafémekről azonban nem emlékezik meg.

Máriássy Mihály legutóbbi cikkében (Bányászati és Kohászati Lapok 1952. 10.) megemlékezik néhány bauxitnak ritkafémekre vonatkozó %-os összetételéről és ezt az alábbiakban adja meg:

	Gánti :	Iszkaszent- györgy :	Halimbai :
ZrO_2	0,09	0,04	?
BeO	0,10	0,012	0,020

Egyéb ritkafémekre vonatkozó számszerű értékek hiányzanak.

Bauxitjaink tórium csoportba tartozó sugárzó ritkafém anyagvizsgálataira vonatkozólag értékes közlemények jelentek meg a Kohászati Lapok 1952. VIII. 20-i, 8. számában; Csókás—Méhes tollából. Ők Geiger—Müller-számolócső segítségével vizsgálták a bauxit rádióaktivitását, amely tóriumos rádióaktivitást mutat.

Vadász Elemér: „Bauxitföldtan“ (1951. 20. old.) című munkájában megemlékezik a gánti bauxit rádióaktív anyag tartalmáról is, amelyet Dittler $10^{-4} - n U_3 - O_8$ egységnek talált és ezen értékében kétszeresen nagyobb a kőzetek átlagos rádióaktív tartalmánál. Dittler szerint ez a titán tórium dúsulását jelzi és Méhes szerint a gánti bauxitok nagyobb sugárzási értéket mutatnak, mint a velencei hegység gránitjai.

Csókás és Méhes tovább mentek a bauxit tóriumos rádióaktivitásának vizsgálata terén és kimutatták, hogy a sugárzó anyag erősen feldúsul a vörösiszapban. Ez érthető is, mivel a tóriumos alkatrészek lúgos feltárással nem kerülhetnek és ugyanígy érthető, hogy a timföldgyári egyéb melléktermékekben: vanádiumsóban, de még a timföldhidrátban sem sikerült a rádióaktivitásnak nyomait felfedezni.

Érdekes azonban, hogy a vanádiumsók egyes frakciói — Veres Imre vizsgálatai szerint — a ritkafémekre jellemző, bizonyos mágneses szuszceptibilitást mutatnak.

Ami a cérium csoport tartalom mennyiségére vonatkozik, még Kutató Intézetünkben másfél évvel ezelőtt végrehajtott nagytömegű dúsítási kísérletekből kiindulva, azt a megállapítást tehetjük a cérium csoport oxidjainak mennyiségére vonatkozólag, hogy ajkai vörösiszapok feldolgozása alkalmából 1 kg-os vörösiszap tömeg feldolgozása esetén az kb. egy 0,15 g-nyi cérium csoport oxidot szolgáltatott, tehát az eljárás veszteségeitől eltekintve, a cérium csoport oxidjainak mennyisége a vörösiszapban 0,015% körül mozog, ami ennek megfelelően — bauxitra számolva — kb. fele nagyságrendet jelent.

A bauxitok gallium tartalmára vonatkozólag szintén hiányzanak a pontos vizsgálatok, de a Metallurgia 1952. évfolyamának 314. oldalán található adatok arra engednek következtetni (Beja közlése), hogy bauxitokban általában a galliumtrioxidok mennyisége eléri a 0,0035%-nyi mennyi-

séget, illetve 100 rész Al_2O_3 -ra 0,007 Ga_2O_3 található.

Máriássy Mihály az ajkai laboratóriumban 3,4 mg galliumkloridot tudott szeparálni 1 liternyi kikevert aluminátlugból. A vizsgálati adatok hiányosságát főképpen az okozza, hogy azok a nyomelemzések, amelyek rendelkezésre állnak, általában csak két módon vihetők végbe; és itt kell kitérnünk a ritkafémek vagy fémcsoportok vizsgálati módszereire is.

1. Az egyik módszert, a vizes oldatokból történő vegyvizsgálatok végrehajtását az adott alacsony koncentrációk és főleg pedig a bauxitban és timföldgyári melléktermékben lévő egyéb zavaró elemek jelenléte miatt, csak úgy lehet véghezvinni, ha tekintélyes dúsítást hajtunk végre és 100 g-os, 1 kg-os, vagy 5 kg-os anyagmennyiségekből dolgozunk. A dúsítás végrehajtása — amely már jóformán gyártási technológia kell, hogy legyen — mindig hiányos és a szükséges 10—12 kg-os vegyfolyamatban résztvevő anyagmennyiség miatt, tekintélyes veszteséggel összekötött. Az illető anyagra, tehát ritkafémre vagy ritkafémoxidra történő különleges dúsítási adatok ilymódon a pl. spektroszkópiailag kapott értékek alá esnek, mert már az esetleges technológiai dúsításnak hibái miatti veszteségeket is feltüntetnek és így valóban a ténylegesen számolható értéket adják.

2. Természetesen a legmegbízhatóbb a spektrofotometria, amelyet nyomelemzések szempontjából mindig kellő biztonsággal elvégezhetünk annál is inkább, mert a kérdéses ritkafémeknek jellemző, legintenzívebb vonalai akár neutrális atom szempontjából, akár az egyszerűen ionizált atom szempontjából már kikísérletezettek.

Ismeretes a cérium, a gallium, a germánium, a tórium, a cirkon és a berillium jellemző és legintenzívebb vonalainak angström hosszúsága, mind a neutrális atom, mind az egyszerűen ionizált atomra vonatkozólag. Természetesen a színkép fotografálásánál és kiértékelésénél csakis a megfelelő, szikráztatásra előkészített anyag jöhet számításba és a számítást is csak akkor és úgy tudjuk megoldani, ha egyidejűleg az illető nyomelemeknek spektráltiszta etalon mintái is rendelkezésre állanak.

Mindkét alapvető feladat terén még sok tenni-való van hátra és a Fémipari Kutató Intézet tervében — éppen az ajkai timföldüzem kérésére — a jövő évi kutatásunk programjába fel van véve a különböző bauxitok és timföldgyári termékek ritkafém spektrál nyomelemzésének feladata is.

Hogy az elemzési feladatok — a ritkafémek területén — milyen komoly terhet jelentenek még egy jól felszerelt kutató intézetre is, meg kell említenem, hogy a Nehézvegyipari Kutató Intézetben komoly és előrehaladott kísérletek folynak a ritka földfém dúsítványok előállítására és vizsgálatára, de szintén a kezdet-kezdeténél tartanak. A Nehézvegyipari Kutató Intézet salétromsavas foszfát feltárásoknál kapott ritka földfém dúsítványt, valamint szénhamuk ritkafém tartalmát vizsgálja. A vizsgálatok terén különösen Erdei László és

Almási Andor végeztek komoly és beható kutatásokat, különös tekintettel a foszfát zavaró hatásának kiküszöbölésére.

Az ő helyzetük azonban valamivel könnyebb volt, mert — mint ismeretes — a salétromsavas feltárás után NH_3 -as lecsapással nyert ritka földfém dúsítvány komoly súlymennyiségeket, több kg-os tömegeket jelentett és ez az anyag 30–40%-ban tartalmazott ritka földfémoxidokat.

Az ú. n. cérium csoport elemeinek szétválasztása és vizsgálata hazai viszonylatban még nincs megoldva; ezidőszerinti kutatás ioncsere alapján próbálkozik, főleg a Dovex 51-es karbon műgyanta segítségével, külföldi példák alapján.

A cérium spektroszkópikus és dúsítási kísérletein kívül ismeretes ennek savas közegben való erős, oxidatív tulajdonsága, amelyet azonban króm, vanádium, mangán, foszfor, és fluór jelenléte zavar — ismeretes a gallus savval való alkalikus közegben adott kékes-ibolya színe, továbbá karbonát ion jelenlétében hidrogénperoxiddal adott jellegzetes narancs színe.

A Kalkuttai Egyetem (C. A. 1952.—4945.) thioszulfát-urotropin komplexekkel kísérletezik.

A berillium — francia irodalomban glucinium néven ismert — ritkafém vizsgálatánál a vizes reakciók terén feltétlenül a legfontosabb az alumíniumtól való elválasztás, amelyet oly módon érnek el, hogy ecetsavas közegben oxinát formájában lecsapják az alumíniumot, a szüredékbe átment berilliumot pedig — ammonalkalikus téve — szintén oxinát formájában csapják le. A többször tisztított berilliumoxidot azután kolorimetrikusan, alkalikus közegben kinalizarinnal tudják — kék színeződés alapján — meghatározni.

A gallium kémiai vizsgálatát Charlot szerint legcélszerűbben oxinátos csapadékból lehet megejteni olyképpen, hogy azt meglehetősen savanyú, kb. 2 pH-s reakciónál kloroformmal extrahálják. Ilyen körülmények között az alumínium oxinát nem extrahálható kloroformmal, csupán a gallium oxinát. Ebből izzítás, újbóli oldás és hidroxidos lecsapás, valamint 800° C-os izzítás alapján ismételt eljárásokkal tudják a galliumtrioxidot mennyiségileg is kivonni és meghatározni. Általában fontos ezeknél az eljárásoknál a 3 értékű vasnak 2 értékű vasra történő redukciója a zavarás kiküszöbölése céljából, valamint sokszor felhasználják a dúsítás folyamán előállított klorid keverékből az éteres kirázást is.

Ferroklorid és GaCl_3 tartalmú oldatokból éterrel a gallium triklorid kirázható. Kolorimetrikus reakciókat itt nem alkalmaznak, ellenben a gallium trioxid fluoreszkáló hatását — egyes kutatók — kvantitatív mérésekre is felhasználják.

Germánium. Az ónnal rokon germánium legbiztosabb analitikai módszere neutrális atomjának 3,269–3,039 angströmös jellemző spektroszkópi vonala. Jellemző tulajdonsága — amellyel a nyomok dúsítását általában végezni szokták — a GeCl_4 vegyületnek 86° C-os forráspontja. Arzén és fluór szokta szennyezni a germániumot, ennek eltávolítására és az arzén oxidációja céljából a

desztillációs tisztítást klór áramban végzik. Gravi-metrikus meghatározását GeO_2 formában végzik, a germánium szulfid oldása és hidrogénperoxidos ammonalkalikus lecsapása után. Kalcinálása 900° C-on történik. Kolorimetralását is kidolgozták. A 4 értékű germánium-molibdáttal sárga színeződést ad. Ennél a meghatározásnál a Si erősen zavar.

Nair és Gupka kinalizarinos kolorimetriát dolgoztak ki, 5–7 pH, borvörös szín, 1–100 gamma érzékenység.

Tórium. A tórium kupferonnal erős savak híg oldatából lecsapható. A tórium gyengén sósavas közegben pirofoszfáttal is lecsapódik, a cériummal és cirkonnal együtt.

A titántól és a 3 értékű cériumtól elválasztható. 6-os pH-nál hidroxidja kvantitatíve lecsapódik, oxalátos csapadékában 0,2 norm. erős savas közegben szintén elkülöníthető a többi ritka földfém-től. Hidrogénperoxiddal nehezen oldható csapadékot képez. Ezt használják fel ammonitrát jelenlétében, savas közegben, a tóriumdioxid lecsapására. Kolorimetrikus eljárások nem ismeretesek, viszont az ismert Geiger—Müller-féle sugárzásmérőt tóriumegységekre számítva használják.

M. Venkataraminach (C. A. 1952. 6032.) m. krezoxiecsav 2%-os oldatával kísérletezik, mint specifikus vegyszerrel.

Cirkónium. A cirkónium a ritkafémek n/10 ásványi savas oldatából, oxaláttal lecsapva azokat, oldatban marad. A nyomok elkülönítésére foszfátos lecsapást használnak sósavas oldatban, hidrogénperoxid jelenlétében, utána szódás olvasztást és foszfát elválasztást.

C. A. 1952. 60.35. benzilsavas lecsapásról tudósít.

Kolorimetria céljaira paradimetilaminoazofenil-arzénsavat használnak. Nyomelemzése az egyéb ritka földfémek között meglehetősen nehéz.

Ritkafém dúsítási és kinyerési kísérletek irodalmi és hazai kísérleti adatai

Már megemlékeztünk — bár ez nem a timföldipar keretébe tartozik — a Nehézvegyipari Kutató Intézet külföldi származású nyers foszfátok salétromsavas feltárási eljárásáról, az ott nyert cerit-földek előállításáról és vizsgálatáról, valamint Máriaassy Mihály alumínátoldatokból — francia irodalmi adatok alapján — végzett gallium kinyerési kísérleteiről.

Meg kell emlékeznünk még 1952. I. 4-én a Metall Industrieban közölt, Lever tollából származó gallium és germánium dúsítási eljárásokról is.

Ők 15 éve folytatják kísérleteiket (1937-től) germánium- és galliumnak szén- és gáztüzelések szállóporából történő elkülönítésére, a Johnson-féle kutatóintézetben. Céljuk: a germániumnak — amely a mikrohullám detektor készítésénél, mint kiváló félvezető, pótolhatatlan és a galliumnak, amelynek összes értékeire később még kitérünk — szeparált előállítása.

Vizsgálataik szerint a gáztüzelések szállóporában lévő gallium és germánium mennyiség elég tekintélyes és az eredeti anyagban 0,5—2%-ig terjed.

Ők a szállóport rézoxid és ömlesztő só keverék segítségével megömlesztik és így fémregulust állítanak elő. A képződő salakot, amely értékes fémeket nem tartalmaz, kidobják, a regulust pedig kénsav, ferriklorid és klóráram segítségével oldatba viszik. Az oldatot ledesztillálva — különleges folyamatos desztilláló berendezésekben — abból a germániumtetraklorid átdesztillál és azt 8 lépcsőben tisztítják arzén és réz tartalomtól, míg tiszta germániumtetrakloridot nyernek, amelyet vízzel hidrolizáltatva, germániumoxidot tudnak szeparálni, ezt azután hidrogén árammal fémmé redukálják.

Vaskloridos, klorátos és kénsavoldás, valamint a germánium tetraklorid ledesztillálása után visszamaradó oldatból izopropiléterrel történő kirázással kivonják a galliumkloridot és azt 10 lépcsős finomítás és raffinálás után — lúgos közegben feloldva — elektrolizálják fémgalliummá. A nyert termékek tisztasága teljesen megfelelő és laboratóriumi méretű üzem folyamatosan dolgozza fel a gáztüzelések szállóporát germánium- és gallium fémmé.

Meg kell emlékeznünk még arról a bennünket közelebről érdeklő eljárásról is, amely ritka földfém vegyületeket állít elő tömföldgyártásnál nyert vörösizapokból. Ez a szabadalom, amely a „Vereinigte Aluminium Werke“ tulajdonát képezi, 702 397-es számú és 1941-ben jelentették be, azon alapul, hogy pl. egy 100 kg-nyi mennyiségű, 100 C°-nál előszárított vörösizapnak megfelelő nedves iszapot 500 l-nyi, 10%-os ammóniumszulfát oldattal kevernek ½ órán át. Kis hőfokemelkedés mutatkozik; az oldatlan részek gyors leszűrése után a szüredékből — azt azt 0 C°-ra lehűtve — kiválasztják az ammóniumtimsót. Az anyalúgot 95 C°-ra hevítve, mindjárt zavarodás áll be és rövid állás után finom, rózsaszínű kristályos, csapadék válik ki, amely kalcium és stroncium amely a „Vereinigte Aluminium Werke“ tulajdonát képezi, 702.397-es számú és 1941-ben jelentették be, azon alapul, hogy pl. egy 100 kg-nyi mennyiségű, 100 C°-nál előszárított vörösizapnak megfelelő nedves iszapot 500 l-nyi, 10%-os ammóniumszulfát oldattal kevernek ½ órán át. Kis hőfokemelkedés mutatkozik; az oldatlan részek gyors leszűrése után a szüredékből — azt 0 C°-ra lehűtve — kiválasztják az ammóniumtimsót. Az anyalúgot 95 C°-ra hevítve, mindjárt zavarodás áll be és rövid állás után finom, rózsaszínű, kristályos csapadék válik ki, amely kalcium és stroncium vegyületeken kívül, ritka földfémoxidokat tartalmaz. Ha nem 95 C°-ig hevítjük ezt az anyalúgot,

hanem forraljuk, akkor a ritka földfém oxidokkal együtt a kovasav is kiválik. Ezt a kovasav kiválasztást különben forralás és az anyalúg $\frac{3}{4}$ -ára történt bepárlás útján, még elő is segítjük az első lecsapás szüredékének feldolgozása alkalmából. Kovasav szűrés, majd hűtés és újabb timsókristályok leszűrése után a maradék oldatot ismét felére bepárolva, újra jelentékeny mennyiségű ritka földfém tartalmú fehér csapadékot kaphatunk. Ez az eljárás tehát a kíméletes biszulfátos vörösizap oldással emeli ki a ritka földfémeket és választja le.

Nagyon érdekes Hunyady István vegyész-mérnök 665 236 sz. DRP, 1938-ban bejelentett szabadalma is, amely hosszú oldás és kristályosítási folyamatok beiktatásával, vörösizapból elkülönítetten tudja a tórium, cirkónium, ittrium, alumínium, berillium, valamint cérium-sókat előállítani. Ennek a szabadalomnak lényege, hogy az alumíniumércet, vagy helyesebben vörösizapot, ammóniumszulfáttal keverve és hevítve tárja fel, majd feltárás után, kénsavval megsavanyított vízben oldva és szűrést végezve, a fémszulfátok oldatából a következő frakcionált kristályosításokat hajtja végre.

A vízbe jutott szulfatizált anyagot forró levegő átfújtatásával oxidálják, majd annyi kénsavat adnak hozzá, hogy 0,1% szabad sav legyen jelen, Ekkor az oldatot leszűrik, hozzá ammóniumszulfátot adnak, mint kristályosító adalékot és engedik az ammóniumtimsót kiválni. A nyert, ammóniumszulfát tartalmú anyalúgot befűzéssel töményítik, majd kéndioxid gázzal redukálják. A redukció befejezése után ismét ammóniumszulfátot adnak az oldathoz és a kapott ferroammóniumszulfátot kristályosítják ki. Az anyalúgban visszamaradnak mindazok a fémszulfátok, amelyek az ammóniumszulfáttal nem képeznek timsót, továbbá a ki nem kristályosodott ferroszulfát, valamint a szabad kénsav.

A második anyalúgot zárt edényben, oxigén- és szénsavmentes hígított szalmiákszesszel kezelik hidegen, amikor kiválnak a titán, a ritka földfémek, a berillium, a réz, a króm, a vanádium hidroxidjai. A csapadékot leszűrik. Ezt a leszűrt csapadékot hidegen a következőképpen mossák egymás után:

1. Először szénsavtartalmú vízzel az esetleg még jelenlévő ammóniumszulfátot és esetleg levált ferrohioxidot — mint savanyú ferrokarbonátot — kioldják. A visszamaradt csapadékot szalmiákszesszel mossák, amely belőle a réz, nikkel, króm, vanádium és kobalt hidroxidot — komplex vegyület formájában — kimossa. A visszamaradó csapadékot tömény ammóniumkarbonáttal mossák ki.

(Folytatjuk)

ALUMÍNIUM

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója
Megjelenik: 1500 péld-ban. — Szerkesztőség: V, Szalay-utca 4. — Telefon: 129-699.

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉMKOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

55—56. szám

Műkorund karbid-tartalmára vonatkozó vizsgálatok

FERENCZY MIKLÓS

Ференци Миклош

ИССЛЕДОВАНИЯ НА СОДЕРЖАНИЕ КАРБИДА
ИСККУСТВЕННОГО КОРУНДА

Von. M. Z. Ferenczy Dipl. Ing. Chem.

Untersuchungen zur Bestimmung von Karbidgehalt des
Kunstkorundes.

by M. Z. Ferenczy Dipl. Eng. Chem.

Experiments for the determination of the carbidecontent
in elektrokorund.

A karbidtartalom meghatározása leggyakrabban gázelemzéssel történik, azonban a gázelemzéssel történő karbidmeghatározási módszerek nem megbízhatók, mert a karbidokban lévő szénnek csak egy része alakul át gázalakú szénhidrogénné. Mattignon¹ szerint a következő eredmények adódnak alumíniumkarbid elemzése alkalmából.

Bemért Al_4C_3 g	Kapott CH_4 gáz cm^3	Elméletileg számított CH_4 cm^3
0,070	31,5	32,6
0,145	69,1	70,9

Az első esetben, mikor 0,070 g-ot mérünk be, ez a körülmény a fejlődött gázra vonatkoztatott 3,5% relatív hibát okoz, a második esetben csak 2,5%-ot. Tehát nyilvánvalóan a nagyobb mennyiségek meghatározásánál lehetne ezt a hibát csökkenteni.

Al_4C_3 meghatározásnál egy módosított Dennstedt égetést alkalmaznak. Először klóráramban izzítják az anyagot és utána határozzák meg a széntartalmat. Az eljárás hibája, hogy a klórgáz csekély oxigén tartalma miatt a szén egy kis része már az előizzítás alatt elég.

A CaO_2 meghatározása szintén gázelemzéssel történik. P. Wignial és L. Andrieux² szerint etilén-glikolban oldott 5%-os cukoroldattal való kezeléssel elkülöníthető a kohósalakokban lévő CaO és CaC_2 , végül káliumpermanganátos titrálással kapjuk meg külön-külön a kalciumoxid és a kalcium karbid értékeit.

A vaskarbid meghatározása történhetik oxigénáramban való elégetéssel, a maradékot dolgozzuk fel tovább, és vasat határozunk meg benne. Arnold és Rieb³ anódikus oldással ólomkatód és HCl elektrolittal dolgoztak. A visszamaradt fekete port mossák és vákuumban szárítják. Természetesen ez a módszer csak acélelemzésnél használható.

Meg kell vizsgálnunk, hogy mindezeknek a karbidoknak a műkorundban való jelenléte valószínű-e. Alumíniumkarbid képződésére Pazulin⁴ szerint termodinamikailag lehetőség nincs, azonban egy katalitikus hatás következtében Na_2^+ ionok hatására Al_4C_3 is előállhat a műkorundgyártás folyamán. Tucker és Moody⁵ szerint ezenkívül a jelenlévő alumíniumoxid az esetleg képződő kalciumkarbiddal reagál és fémalumínium mellett alumíniumkarbid keletkezik. Ez az egyensúlyra vezető folyamat csak az elektromos kemence hőfokán megy végbe. A kalciumkarbid képződése — a műkorund gyártási technológiáját figyelembevéve — elképzelhető.

Fe_3C alakban lévő vaskarbid jelenléte nem valószínű, mert nagy hőmérsékleten O. Hönnig-schmid⁶ szerint bomlik szénre és széntartalmú vasra, melynek széntartalma 4,6%, szemben az általunk vaskarbidnak nevezett vegyülettel, melynek széntartalma 7% körül mozog.

A műkorundgyártás technológiáját végig-gondolva, a fenti elméletek alapján esetleg képződött karbidok mennyisége igen csekély lehet. A jelenlévő karbidok a tárolástól és a mintavétel körülményeitől függően elbomolhatnak. Nedves levegőn gázfejlődés közben — vagy ha a kész műkorundot, vastalanítás céljából, savas mosásnak vetik alá — bomlanak a karbidok. Az alumíniumkarbidból metán, a kalciumkarbidból acetilén fejlődik, a vaskarbid savban nem oldódik teljesen, hanem visszamarad egy FeC_8 összetételű vegyület, amely mindig hidratvizet tartalmaz.

Mind e megfontolások után olyan módszer kidolgozására kell gondolni, amellyel igen kis mennyiségű karbid is meghatározható. Mivel

³ Journ. Soc. Chem. Ind. 65., 788. (1894).

⁴ Uszpehi Himii, 21., 313.

⁵ Journ. Soc. Chem. Ind. 20., 970. (1901).

⁶ Carbide und Silicide (1914).

¹ Compt. Rend. 145., 675. (1907).

² Bull. Soc. Chim. France. 18., 124. (1951).

azok a karbidok, amelyek a műkorundban egyáltalán előfordulhatnak, mind erős redukálóanyagok, és nagy hőmérsékleten káliumpermanganáttal, bikromáttal, krómsavval, ólomperoxidral hevesen reagálnak, ezért ilyen adalékanyagokkal való égetést kíséreltem meg. Érdekes, hogy az alumíniumkarbidra a káliumklorát és a káliumnitrát hatástalanok. Oxigénáramban hevítés közben oxidáló adalékanyag nélkül nem tudjuk a karbidok széntartalmát elégetni, mert pl. az alumíniumkarbid csak felületileg oxidálódik.

Az égetéseket Marsh kemencében végeztük, 900 és 1000 C°-on ólomkromát, ill. ólomperoxid adalékanyaggal. Az oxigénáramban keletkezett széndioxidot Winkler-féle edénykében 20%-os káliumhidroxiddal fogtam fel. A Winkler edénykét mérés előtt desztillált vízzel nedvesített ruhával, majd száraz flannellel letöröltük, és 20 percen át mérlegszekrényben pihentettük. Eleinte az átáramoltatást különböző időtartamokig tartottuk, azonban ez nagy szórást okozott, amint azt az I. sz. táblázat mutatja.

I. táblázat

Minta jele	Porítás	Égetés hőfoka	Áramlás időtart.	Bemérés g	CO ₂ g	C%
1951. rakt.	10 000	900	24 perc	0,4503	0,0024	0,163
1951. rakt.	10 000	900	17 perc	0,4913	0,0018	0,099
1951. rakt.	10 000	900	22 perc	0,5009	0,0021	0,115

Arra gondolva, hogy az oxigéngáz szennyezései is nagy hibákat okoznak ilyen kis súlygyarapodás mellett, vakpróbákat is égettünk, amelyeknek értékei a II. sz. táblázatban láthatók.

II. táblázat

	Áramlási idő : perc	Égetés hőfoka C°	Winkler edény súlygyarapodása (g.)
Üres égetőcsónak	20	900	0,0006
Kiizzított üres csónak ..	20	900	0,0008
Kiizzított csónak + + ólomkromát	20	900	0,0009

Ezeket az értékeket figyelembe kell venni, illetve a hibahatárba be kell számítani.

A következő égetéseket azonos időtartamokkal végeztük, a hőfok 900, ill. 1000 C° volt. Azonban a legtöbb esetben már 600—700 C°-on elégett a műkorund karbidtartalma. Ilyenkor rendszerint csökken a gázáramlás sebessége, de ez nem minden esetben áll elő. Így nem is mutatnak nagy különbséget a 900, ill. 1000 C°-on végzett égetések eredményei.

Feltételezhető, hogy a porítás alatt a levegő nedvessége a karbidok egy részét elbontja és így az égetéssel meghatározott mennyiség nem lesz teljes. Ezért nagyobb szemcsenagyságban történt bemérést is vizsgáltunk, amelyeknek az eredménye — a hibahatáron belül — megegyezett a finomabban porított minta elemzése útján kapott eredményekkel. Ezeket az eredményeket tartalmazza összefoglalva a következő III. sz. táblázat.

III. táblázat

Minta jele	Porítás	Égetés hőfoka	Időtart.	Bemérés g	CO ₂ g	C%
1951. rakt.	10 000	900 C°	20 perc	0,5004	0,0023	0,124
1951. rak.	10 000	900 C°	20 „	0,5008	0,0021	0,114
1951. rakt.	10 000	900 C°	20 „	0,5027	0,0023	0,124
1951. rakt.	10 000	900 C°	20 „	0,5019	0,0020	0,109
1952. mállott	34	900 C°	20 „	0,5015	0,0050	0,273
1952. mállott	34	900 C°	20 „	0,5013	0,0050	0,272
1952. mállott	34	1000 C°	20 „	0,5006	0,0034	0,185
1952. mállott	34	1000 C°	20 „	0,5001	0,0045	0,246
1952. mállott	34	1000 C°	20 „	0,5001	0,0038	0,208
1952. mállott	12 000	900 C°	20 „	0,5012	0,0042	0,229
1952. mállott	12 000	900 C°	20 „	0,5020	0,0040	0,218
1952. mállott	12 000	900 C°	20 „	0,5020	0,0050	0,272

Az égetéssel kapott adatok ellenőrzésére kísérleteket végeztünk a bauxit szervesanyag tartalmának meghatározására szolgáló készülékkel. A meghatározás elve az, hogy króm-kén-savval feloxidáljuk a szerves anyagot széndioxiddá, és utóbbi nitrogénárammal n/10 báriumhidroxid oldaton buborékolatjuk át. A báriumhidroxid-oldat egy üvegszűrős tégelyben van, és belőle a

széndioxid hatására báriumkarbonát keletkezik. Az összes széndioxid átáramoltatása után kikapcsoljuk a nitrogénáramot, és a keletkezett báriumkarbonát csapadékról a folyadékot vákuumszivattyúval leszivattyuk. Desztillált vízzel mosuk és 25 ml faktoros n/10 sósavban feloldjuk. Ezt az oldatot n/10 nátriumhidroxiddal visszaitráljuk. 1 ml n/10 sósav megfelel 0,0006 g

szénnek.⁷ A felhasznált 50 ml krómkénsav szervesanyag tartalma 0,0008 g szénnek felelt meg; ezt az eredményt vakpróbák vizsgálatával nyertem.

Ezen ellenőrző módszerrel végzett vizsgálatokat a IV. sz. táblázat tartalmazza.

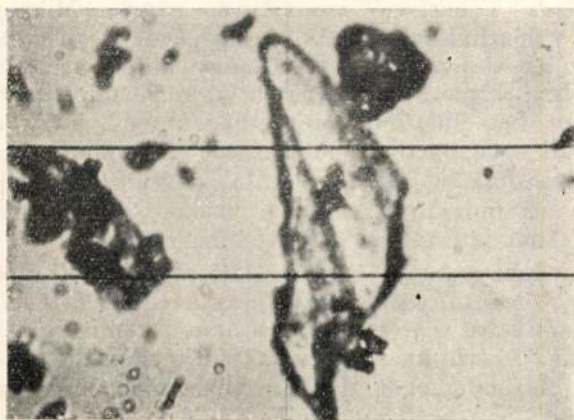
0,5 g porított mükorundot mérünk be, égetőcsónakban p. a. ólomkromáttal keverjük össze és a keverék tetejére is ólomkromát réteget helyezünk el. Az égetést Marsh kemencében végezzük. Az oxigénáramlást úgy szabályozzuk, hogy a felszálló buborékokat nyugodtan számolni

IV. táblázat

Minta jele	Bemért mükorund	Fogyott n/10 HCl	C g	Korrektálóval Cg	Korrektó nélkül C%	Korrektálóval C%
1951. rakt.	2,0016	5,37	0,0032	0,0024	0,160	0,119
1951. rakt.	2,0004	4,85	0,0029	0,0021	0,145	0,105
1952. mállott	1,9994	5,80	0,0035	0,0027	0,175	0,136
1952. mállott	2,0008	6,85	0,0041	0,0033	0,205	0,165

Ha a két módszer szerint kapott adatokat összehasonlítjuk, azt tapasztaljuk, hogy kb. 0,3% abszolút hibahatáron belül egyeznek az (korr. nélküli) eredmények. Az „1952 mállott“ minta esetében nagyobb szórást is tapasztaltunk a párhuzamosak között, ez azonban a mállott karbidos helyek eloszlási egyenetlenségének tudható be.

Felmerül az a lehetőség, hogy nagyobb mennyiségből gázelemzéssel dolgozzunk és a szemcséket eredeti nagyságukban használjuk elemzésre, nehogy porítás közben karbidvesztésünk legyen. Itt azonban igen nagy nehézségek adódnak, mert a karbidok legnagyobb része zárványok alakjában foglal helyet a korund szemcsében, így ezek savval meg nem bonthatók. (Lásd az 1. sz. felvételt.)



1. ábra.

A fentiek alapján megállapíthatjuk, hogy ez az elemzési módszer nem ad részletes felvilágosítást az egyes karbidfajtákra vonatkozólag, mert a jelenlévő kis tömegük miatt ez nem is lehetséges, de ez az elemzési módszer alapján bevezethető egy ú. n. „C-szám“. Ez a szám jellemző a mükorund karbid tartalmára.

Ismételten hangsúlyozni kell, hogy a minta vétele és gondos előkészítése, valamint a nedveségtől való óvása igen fontos, mert már az elemzés előtt elbomolhatnak a karbidok, ami az eredményt meghamisítja.

A mükorund karbidtartalmára jellemző „C-szám“ meghatározására a következő módszer alkalmas:

lehesen. (1 buborék/mp.) A karbidok elégeséből származó széndioxidot 20%-os káliumhidroxidot tartalmazó Winkler-edénykében fogjuk fel. Égetés időtartama: 20 perc. Az égetés hőfoka: 900 C°. 600—700 C° körül, mikor a tulajdonképpeni eléges megtörténik, a gázáram lassulni szokott, ilyenkor kissé több oxigént adagolunk. Az égetés befejezése után a Winkler edénykét lekapcsoljuk a készülékről és desztillált vízzel megnedvesített ruhával, majd száraz flannellel gondosan megtöröljük. A csapokat egy pillanatra kinyitjuk, a nyomáskülönbségek kiegyenlítése végett, majd 20 perces mérlegszekrényben való pihentetés után mérünk.

Eredmény kiszámítása:

$$„C szám“ = \frac{\text{súlygyarapodás}}{3,66 \text{ bemérés}} \cdot 100$$

Az elemzések alapján látható, hogy a mükorund „C-száma“ 0,1 körül mozog. Ez azt jelenti, hogy 1 g mükorundban cca 4 mg alumíniumkarbidra számított összes karbid jelen van. Elméletileg ez a mennyiség kb. 1,86 cm³ gázt fejlesztene, ha gázelemzési módszerrel dolgoznánk. Azonban Mattignon szerint a valóságban mindig 2—3 relatív százalékkal kevesebb a fejlődött gáz, mint az elméletileg számított. Ezt a gáz mennyiséget kellene még megvizsgáljunk acetilén és metán összetevőkre. Ez esetben el kellene robbantani a keveréket, de a robbantás után az átalakulás szintén nem kvantitatív, ami újabb hibalehetőségeket ad. Még növeli a nehézséget az a lehetőség is,



2. ábra.

⁷ Dr. Lányi Béla, Kohászati Lapok LXXXII. évf. 9. sz.

hogy a mükorundban vaskarbid és szabad szén is lehet jelen. Ez a körülmény szintén csökkentheti az egyáltalán fejlődhetett gázmennyiséget.

Azon az alapon, hogy 1 cm³ körüli gázmennyiséget körülményes két alkotóra megbízhatóan elemezni, le kell mondanunk a karbidok üzemi részletes elemzéséről.

Felmerülhet az a gondolat is, hogy nagyobb bemérésből inuljunk ki, és nagyobb szemcse-nagysággal dolgozzunk. Ebben az esetben az a veszély áll fenn, hogy a zárványokban lévő kar-

bidszemecskéket nem támadja meg a sav. Mikroszkópiai vizsgálataink azt mutatták, hogy a sárga színű *alumíniumkarbid* kristályhalmazokban, mint zárvány mutatkozik a mükorundszemecskében. A *vas*, mint fekete színű opakanyag, szintén sokszor zárvány alakjában is látható. (Lásd a 2. sz. felvitelt.) Az égetés alkalmával kisebb a lehetőség ilyen hibára, mert az oxidáló adalékanyaggal a porított mükorund teljesen összeolvad és a csónak fenekén összezsugorodik. Itt a bensőséges érintkezés lehetősége eléggé biztosított.

Korszerű nemesfémvizsgálatok

BÁRTFAI FERENC—HARSÁNYI ISTVÁN

Бартфай Ференц и Харшаньи Иштван
СОВРЕМЕННЫЕ ИСЛЕДОВАНИЯ БЛАГОРОДНЫХ
МЕТАЛЛОВ

Bártfai Ferenc—Harsányi István,
Moderne Untersuchungsverfahren der Edelmetalle.

Bártfai Ferenc — Harsányi István,
Modern Analytical Methods for Noble-Metals.

Erős ütemben fejlődő iparunknak növekvő nemesfém-igényei aktuálisá teszik azok vizsgálati eljárásainak kritikus áttekintését. Azonban e sorok elsősorban nem az említett célt szolgálják, hanem azon kartársaink számára készültek, akik munkájuk maradéktalan elvégzése miatt a jelenlegi nemesfém-vizsgálatokról tájékozódni kívánnak. E cél elérésére az egyes eljárások genetikus ismertetésénél rámutatunk a jelenlegi vagy várható fejlődési irányra is. Targyalásunkat azonban csak a nem készülékes jellegű vizsgálatokra korlátozzuk. Ennek az oka kettős, az egyik, hogy a fizikai-kémiai jellegű vizsgálatokat (pl. a platina polarográfiai meghatározását) nemesfémekre még vagy nem, vagy alig dolgozták ki, azok irodalmi kritikája nem nagy, a másik ok azok hazai szerény kereteiben találja magyarázatát. Mindenesetre megítélésünk szerint — bizonyos esetekben — ez a jövő útja. (Elsősorban a spektrografia gondolunk.)

Mint köztudomású, a nemesfémekben az aranyon és az ezüstön kívül a hat platinafémeket értjük (platina, palladium, ozmium, ruténium, iridium, rodium). Érdekes ezzel kapcsolatban megjegyeznünk, hogy a mi nyelvünk nem tesz különbséget ezek között, de például az angolban „noble metals” elsősorban ezüst, aranyat, míg „precious metals” főként a platina-fémeket is magában foglaló kifejezés. Valamikor e fémeknek csaknem kizárólagos fogyasztója az ékszerész-
ipar volt, ma viszont a vegyi és villamossági ipar kifejlődésével ez utóbbiak lettek a főfogyasztók. Ezért a korszerű vizsgálatnak ma már ki kell terjednie, adott körülmények között, azoknak a speciális igények figyelembevételére is, amiket ez iparágak megkívánnak.

Minden vizsgálatot megelőző művelet a *mintázás*. Helyes, azaz a vizsgálandó anyag összetételé-

vel lehető pontosan egyező tartalmú minta nélkül az egész vizsgálat értéktelen, semmit sem ér. Teljesen érthetetlen, hogy általában milyen kis figyelmet szentelnek a mintázásnak. A mintázás helyes elvégzése olykor alapos és sokoldalú elméleti és gyakorlati ismeretet kíván, illetve feltételez. Az ipar egyre növekvő igényei és gyakran a bonyolult körülmények a tisztán gyakorlati jellegű (műszaki becslés!) mintázást lehetetlenné teszi. Ezt a körülményt már régen felismerték, és éppen a nemesfém-vizsgálatok területéről származik az első elméleti vizsgálat, nevezetesen Bruntontól (1). A minimális vizsgálati minta súlyra vonatkozó eredményét azután Mika (2) a valószínűségszámítás segítségével verifikálta. Ez az alapvető két tanulmány alapos ismerete nélkül végzett szakszerű és korszerű mintázásról nem beszélhetünk. Megemlítjük még, hogy az urali platinaércsek mintázását Adolphi (3) közölte. Jóllehet efféle vizsgálat kevés fordul elő, de áttanulmányozása igen hasznos és más feladatnál is értelem szerint felhasználható.

Ami a használt vizsgálati eljárásokat illeti, ezek eredete részben a fejlődéstörténet előtti idők homályába vész el, részben a mai kémia kellék-tárából kerül ki. Az alábbiakban a tárgyalás kissé a platinafémeket jobban részletezi. Nemesak azért, mert ezek ipari felhasználása és fontossága ma nagyobb, hanem mert kevésbé ismertek is.

A *karcpróba* talán a legrégebb és a leggyakorlatibb vizsgálati eljárás. Nemesfém-tárgyak gyors minőségi és bizonyos körülmények között — főként gyakorlati kézből — elég pontos mennyiségi vizsgálatára alkalmas. Az eljárás elve a következő: egy „próbakőre” a vizsgálandó tárggyal karcot dörzsölünk. A karc mellé egy ismert — és a vizsgálandó tárggyal közel azonos — összetételű „tűvel” párhuzamos vonást karcunk. Ezután savval nedvesített üvegpálcával keresztirányban vonást húzunk a két karcra és a sav hatását megfigyeljük. Amennyiben a két karc anyaga (közel) ugyanaz, úgy a két karcon a sav hatása is (közel) megegyezik.

Egyébként a kő széntartalmú pala, lydiai kőnek is hívják. A karc jobb tapadása céljából

olivaolajjal gyengén bekenjük. A „karc“ kb. 5 mm szélességben és 30 mm hosszban párhuzamosan egymás mellé sűrűn húzott vonásokból áll. A kőre dörszót fém súlya kb. 0,5 mg. Platina-tárgy vizsgálatánál célszerű pala helyett mázolatlan porceláncsészéket használni. (Eltört laboratóriumi porcelántál fenekéből házilag készíthetjük.) A sav felkenése után a porcelántálnak a karctól távolabbi végét mikroégő lángjával óvatosan melegítjük. A „tű“ főként az ékszeriparban használt összetételű ötvözetekből (pl. 585 Au, 135 Ag, 280 CuO/00) készül és a különböző összetételű tüket egymás mellé fűzve hozzák forgalomba. Ezekből néhány próbálás után kiválasztható a kívánt, azaz a vizsgálandó tárgyhoz leginkább hasonló összetételű tű. A használt sav aranyötvözetekre főként különböző összetételű királyvíz, ezüstre $K_2Cr_2O_7$ tartalmú kénsav. Platínára pl. KJ tartalmú királyvíz alkalmas, a platinasó színe adja az összehasonlítási alapot. Az eljárást legjobban arany és ezüst-ötvözetekre dolgozták ki. Megbízható eredményhez csak nagy gyakorlat esetén jutunk, de ekkor 3—5%-os pontossággal néhány percen belül elvégezhető. Kis mennyiségű és kisértékű tárgyaknál vagy egy gyártás fázisaiban való alkalmazása előnyei miatt nélkülözhetetlen. Fejlődés itt elsősorban az eljárásnak a platinaötvözetekre való részletesebb kidolgozásában várható, megemlíthetjük Krétai (4) tanulmányát. Az utolsó e tárgyról megjelent könyvet Hradetzky írta (5).

Egyedülálló a maga nemében az ezüst mennyiségi megállapítására használt Gay-Lussac próba. 1832-ben jelent meg (Instruction sur l'essai des matiéres d'argent par la voie humide). Ma is a titrálásos módszerek közül ezzel érhető el a legnagyobb pontosság 0,05%. Az eljárás tulajdonképpen az ezüstnek ismert mennyiségű és szín-ezüsttel beállított NaCl-os titrálása, amíg zavarosodást már a konyhasóoldat további adagolása nem ad. Az eljárás előnye nagy pontossága, hátránya, hogy hosszadalmas és így a gyakorlatban a Volhard-féle titrálás és az elektro-gravimetriás meghatározás nagyrészt kiszorította. Ezt az egész kémiai elemzés történetében is fontos eljárást is módosították. Így a konyhasó helyett KBr-dal titrálva, a pontosság növelhető, a fásasztó és időrabló rázás és ülepítést pedig adszorpciós indikátorok használatával kísérelték meg kiküszöbölni. (Ezen dolgoznak jelenleg dr. Zombory Lászlóval e sorok írói is.)

A nemesfém-tartalomra a legkülönbözőbb anyagokat kell vizsgálni, pl. ércet, kohóterméket, ötvözeteket, oldatokat stb., ezért érhetőnek tűnik fel az a gondolat, hogy a vizsgálat kidolgozásánál az ipari eljárást vették mintának és azt kis méretben utánozták. Az ezen alapuló eljárást tüzipróba vagy dokimasztikus vizsgálatnak hívják. (*δοκιμαζειν* = vizsgálni). Az eljárás ősrégi, eredetét megtalálni szinte lehetetlen. A legrégebb utalást talán Agatharchides (—130) adja. Alapelve igen egyszerű. Megolvadt ólom a nemesfémeket feloldja. Tehát a vizsgálandó anyagot ólommal és az anyag „meddő“ részeinek elkülönítésére szolgáló salakosító, folyósító (flux) ada-

lékkal jól összekeverjük és lapos tálkában megömlesztjük. Az olvadás közben a tálka alja felé csurgó ólom, az anyag nemesfém-tartalmának — legalább is részben — nagyobbik részét felveszi, illetve összegyűjti. Az olvadt ólom felületén a „meddő“ salak formájában úszik, így e két fázist aránylag könnyen szétválaszthatjuk. Az ólomot ezután oxidáljuk és az ólomoxidot a porózus edény — üzőke — falába felszivattyúzzuk. Végül is apró fémszemecskét (gyöngy, regulus) kapunk az üzőkében, amit tovább vizsgálhatunk összetevőire. Az eljárás két csoportra osztható aszerint, hogy az anyaghoz közvetlenül nemesfém nem tartalmazó színólmot (próbaólmot) adunk, ez a cseréppróba, vagy az ólomot az olvasztás folyamán (ezt a szakaszt ólmosításnak nevezzük) egy ólomvegyületből redukcióval állítjuk elő, tégelypróba.

A cserépprobánál a folyamat első része az olvasztás. Kb. 20 percet igényel. Ezt lehetőleg oxigénfelesleg nélkül végezzük, majd a kemence ajtaját kissé kinyitva, több levegőt juttatunk az olvadátkhoz. Itt az ólom részbeni oxidálása a cél. A képződő ólomoxid a különböző fénoxidokkal a „flux“-ban lévő bóraxban oldódik. A képződő salak lassanként befedi az ólom felületét. Azért, hogy ez a folyamat ne legyen túl gyors, tehát az ólom oxidációjának a sebességét szabályozni tudjuk, a bórax egy részét a kb. 30 perces fázis vége felé adjuk az anyaghoz. Ezután ismét növeljük a hőmérsékletet (az ajtót becsukjuk) kb. 10 percig. Cél a két fázis lehető jó elkülönítése.

A folyamat és szakaszával kapcsolatban megjegyezzük, hogy a tégelyprobánál nagy haladást jelent az érc redukáló képességének (közelítő) számbavétele, mert ezáltal az elegy összeállítása egyre kevésbé tapasztalati és remélhető, hogy segítségével a folyamat mechanizmusának részleteit is idővel jobban megismerhetjük. Az elegy ólomoxid-tartalmának egy részét redukálni kell, ezért egy külön kísérlettel állapítjuk meg az érc jellemzőjét (6). Pl.: Vegyünk 2 g SiO_2 -ot, 5 g Na_2CO_3 -at, 5 g ércet és 80 g ólomoxidot. Jól összekeverve és a tégelyben a keveréket vékony NaCl-dal befedve, 1000 C°-on megolvasszunk (kb. 50 perc). Utána a képződött ólomregulust megmérjük. Tegyük fel, hogy a (redukált) ólom 24,31 g volt, tehát egy g érc ennek egyötödét, azaz $24,31/5 = 4,86$ g-ot tud a keverékből redukálni.

Figyelembe kell venni természetesen a vizsgálandó anyagban lévő egyes fénoxidok, pl. Fe_2O_3 , MnO_2 oxidáló tulajdonságát is, vagy pl. piritnél túlnagy ólom és kéneskőképződés megakadályozására a keverékhez KNO_3 -at adunk a következő számítás szerint. A tiszta pirit redukálóképessége 12, 15 g-os ércbemerésből kiindulva, $15 \times 12 = 180$ g ólom redukálnának. Az ólomregulust célszerű kb. 28 g-ra előállítani, ezért $180 - 28 = 152$ g ólom oxidálásához $152/4.6 = 36$ g KNO_3 kell az elegyhez adni. Világos továbbá, hogyha a meddő savas, úgy a flux bázikus legyen és megfordítva.

A tüzipróba zárórésze az üzés. Az üzés tulajdonképpen az ólomregulusz ólomtalanítása. Az

üzőke maga egy porózus (puha) vagy magnézium-(kemény)-ből készült vastagfenekű edényke. Ez körülbelül a saját súlyával egyenlő mennyiségű ólomot oxidformában tud felszívni. A folyamat első fázisa itt is az olvasztás. Az izzó kemencében kb. 15 percig üresen hevített téglébe (a cél itt az esetleges nedvesség és organikus anyagok eltávolítása, valamint az üzőke szilárdságának kipróbálása) az ólomregulust besztesszük. Az olvadás néhány másodpercen belül teljes. Ezután bővebben engedünk levegőt a kemencetérbe és az ólom oxidálását elkezdjük. A képződött ólomoxid ekkor részben még a közönségesebb fémeket oxidálja és azokkal együtt a cupella falába húzódik (hasonló tulajdonságú egyébként a bizmutoxid is). Végül a fémgöngyöt egy szivárványszínű hártya vonja be, mikor ez eltűnik, a nemesfémregulusz „felvillan”. Ezzel az üzésnek vége.

Amennyiben a reguluszban sok az ezüst és gyorsan hűtjük, az olvadt állapotban elnyelt oxigén a szemből hirtelen kiválik és esetleg a szemcsét is szétvágja. Ez a *freccsenés* jelensége. A nemesfémek egyébként valószínű, hogy nagy felületi feszültségek miatt nem szívódnak a téglé falába. Az üzés hőmérsékletére vonatkozóan megemlítjük a régi szabályt: „Hidegen üzni, forrón csillantani.” A kapott regulust üllőn, majd kézi hengerlőn vékony szalaggá alakítjuk és apró Kjeldahl lombikban salétromsavval kifőzzük. Amennyiben az arany-ezüst aránya 1 : 2,5 vagy ennél nagyobb, az ezüst gyakorlatilag kioldódik és a visszamaradó arany így meghatározható.

A tüzipróba vázolt kiviteléhez az utolsó évtizedekben sok kutatás fűződik. Részben a fizikai kémia, részben a műszertechnika fejlődése ezt az ősrégi eljárást is részleteiben korszerűsítette. Mind az ólmosításnál, mind az üzésnél és oldásnál elkerülhetetlenek bizonyos veszteségek, ezért már régen nagy súlyt fektettek a vizsgálatok lehető azzal a körülmények közötti reprodukálására. Ezáltal a veszteségek körülbelül azonosak és kellő tapasztalatú elemzők közel azonos eredményeket érhetnek el. Nagy haladást jelentett a termoelektromos hőmérővel és villamosfűtésű kemencével folytatott vizsgálat. Az említett 28 g-os ólomregulusz egy optimális súly, amit ily módon nyertek. Ugyanis az ólom befolyásolja az ezüst illanási veszteségét, az ezüst az aranyét, végül a hőmérséklet mindkettőét növeli. Végül az egyes fémek abszolút mennyisége sem közömbös. Bugbee (7) kitűnő munkájában grafikonok és táblázatok mutatják különböző kutatóknak az optimális körülmények vizsgálatára végzett kísérleteit, eredményeit. Mindaddig, amíg az egyes részfolyamatok reakciókinetikáját nem ismerjük, jó eredményt csak azzal érhetünk el, hogy az egész vizsgálatot a kutatások jelenlegi eredményeinek alapján szabványosítjuk. Ennek ki kell terjednie a használt anyagok minőségére, a keverékek összetételére, a kemencék méretére, alakjára, hőmérsékletére, az egyes folyamatok idejére, a használt edényzet anyagára, alakjára és nagyságára. Végül a folyamat részleteire is. Itt megemlítjük, hogy pl. az üzés, ha az idő nem túl sürgető — teljesen kapcsolható, mert a nemesfém-tartalmú ólomregu-

lusz már a szokásos kémiai (nedves) úton is elemezhető, mindenesetre ez hosszabb ideig tart, de nem kell számolni a nemesfémek illékonyaságából és az üzőkébe való (mindenesetre igen csekély) felszívódásából eredő veszteséggel sem. Az ólomregulusz kémiai feldolgozása különösen akkor előnyös, ha arany és ezüstön kívül más, pl. platinafémekkel (vagy tellur, szelén, kobalt, nikkel stb.) is számolnunk kell. A platinafémek befolyását a reguluszra többen is vizsgálták. Így Trudhe (8) és a Beamish iskola is. Beamish nevéhez fűződik különben a legkorszerűbbnek nevezhető — és az egész metallurgia területén is oly sokat ígérő — eljárás a tüzipróba részleteinek tanulmányozására, nevezetesen a rádióaktív izotópok felhasználása (10). Az elkövetkező években effajta vizsgálatok eredményeiből előreláthatóan sok részleteredményt várhatunk a tüzipróba egész területére vonatkozóan. Mindenesetre megállapítható már most, hogy a platinafémeknek gyöngybevitelle általában nem kívánatos. Itt inkább arról lehet szó, hogy a leendő ólomregulusz ólom mennyiségének egy bizonyos részét előzzük, hogy mennyit lehet a visszamaradó más fémek vesztesége, vagy feldolgozási nehézségek nélkül, azt esetenként kell eldönteni. A további vizsálat általában a szokásos kémiai módon, tehát vizes elektrolitben történik. Általánosságban tekintve, a nemesfémek analitikai kémiája voltaképpen ugyanazon két csoportra osztható, mint bármely más fémé. Az egyik csoport azon eljárásokat tartalmazza, melyek százaléknagyságrendű alkotók kimutatására és meghatározására alkalmasak. A másik csoport a közel színefémekben lévő kis százaléku ötvözők megállapítását tárgyalja. *Ez az utóbbi aránylag a nehezebbik feladat.* Az elemzést némileg megkönnyíti az anyag eredetének ismerete, mint azt már említettük, ez igen sokféle lehet. A vizsgálat első feladata a minta bemért mennyiségének oldása. Általánosan és minden esetben használt eljárás jelenleg van kialakulóban. Lényegében a szerves kémiában szokásos „bomba” feltárás. Itt a finomra tört és szitált ércet, ötvözetet stb. nehezen olvadó üvegsőben sósav és kevés oxidálószerrel leforrasztva hevítünk (11). Ez az eljárás sokat ígérőnek mutatkozik, mert egyszerű és tökéletes oldást ad. Nagytömegű idegen anyagot nem viszünk oldatba. Speciális esetekben könnyen boldogulhatunk egyszerűbb savkeverékkel is. Általában királyvízzel történő ismételt főzés után a maradékot, súlyának többszörösét tévő, ólommal olvasztják össze, majd savakkal tovább kezelik.

A platinafémek elemzését (ez rendszeren velük együtt előforduló közönségesebb fémek jelenlétét is tekintetbe veszi) a múlt század klasszikusnak tekinthető (Berzelius, Claus, St. Clair-Deville, Debray, Stas, Leidié) eljárásait figyelembe véve, Holtz foglalta össze és táblázatait a Dupare-Tikonowitsch híres könyve (12) tartalmazza. Lényegileg ugyanezen az úton halad Mylius-Mazzucchelli eljárása (13). Ezek lényegileg a platinafémeknek ammoniumkloriddal való különböző elválaszthatóságát, ill. meghatározhatóságát tartalmazzák. Mindenesetre a század első két év-

tizedére esik az orosz Csugajev két kiváló felfedezése, nevezetesen a palládiummal citromsárga csapadékot képző dimetilglioxim-é és az ozmiummal vörös csapadékot adó tiokarbamid-é. Mylius-Mazzucchelli azonban lényegileg először használták a hidrolízisen alapuló elválasztást ($\text{NaOH} + \text{Br}_2\text{Aqua}$). A hidrolízis körülményeinek gondos kivizsgálását Wichers (14) kezdte és Gilchrist részleteiben és nemcsak a platina, illetve azokat kísérő fémekre dolgozta ki. Ennek a korszerű és igen kiterjedt munkának az eredménye volt az 1935-ben megjelent (15) és azóta is páratlan munka, mely a hat platinafém elválasztását és gravimetriai meghatározásukat tárgyalja. Az eljárás vázolata a következő: HNO_3 -as közegből desztillációval eltávolítjuk az Os-t, utána H_2SO_4 -assá téve az oldatot ($+\text{NaBrO}_3$) ismét lepároljuk a Ru-t. A párlatból bromkrezol kék ($\text{pH} = 4$), ill. brom-krezol bíbor ($\text{pH} = 6,3$) indikátort használva a fémek hidroxidjai leválnak, ezeket aztán H_2 áramban kihevítjük, hűtjük és mint színeket mérjük. A többi bázis fémtől a Pt-t általt választjuk el, hogy növekvő pH -nál (krezol vörös $\text{pH} = 8$) a Pd, Ir, Rh hidroxidjai leválnak. A Pt-t szulfidokban lehet meghatározni. A fémeket a hidroxidjaik oldása után tovább választjuk, és pedig a palládiumot dimetilglioximmal, ez egyúttal kimérési forma is lehet. A rhodiumot oldatából TiCl_3 -mal redukáljuk (a dimetilglioxim felesleget természetesen előbb eltávolítottuk), a fémet feloldjuk és ismét pl. H_2S -nal választjuk le. A csapadékot kiizzítjuk, majd H_2 áramban redukáljuk és mint fémet mérjük. A szüredékből (a Ti eltávolítása után) az Ir-t bromkrezol bíbor indikátort használva, hidroxidokban leszűrjük. Az eljárás, mint lájtuk, a kontrollált pH beállításon alapszik. Természetesen sok egyszerűsítéssel is elvégezhető, ha egyes fémek nincsenek jelen.

A módszer kritikájául felemlítem Schoeller-Powell véleményét, szerintük soha nincs együtt ily tiszta oldatban a hat platinafém. Ez igaz is, viszont éppen a gyakorlatban és főként ott lehet jól alkalmazni az eljárást, amikor nem kell mind a hat alkotóval számolni.

A vizsgálatok második és nehezebb csoportjába a közel tisztának mondható fémek elemzése tartozik. Itt tulajdonképpen a néha csak tized vagy század százalék nagyságrendű — legtöbbször kémiailag is hasonló vagy rokonfémek — szennyezők megállapítása a feladat. Általánosságban annyit lehet mondani, hogy mindig célszerűbb a szennyezők közvetlen megállapítása, mint az alapfémé. Az arany és ezüst tisztasági vizsgálatával az irodalom nem foglalkozik. Ennek valószínűleg az az oka, hogy az említett két fém nagy tisztaságban állítható elő és ezért sem tudományos, sem ipari szükség nem merült fel a szennyezők megállapításának kidolgozására.

Ami a platinafémeket illeti, az első használatos elemzési eljárás, mint azt már említettük, Mylius—Mazzucchellitól ered. Az „Analyse der Metalle“ (17) a gyakorlat igényeit erősen elhanyagoltan kívánja kielégíteni, és mert nem is túl részletesek, nem tárgyaljuk. Tekintve, hogy

a platinát és a palládiumot ma már négy-kilencesre (99,99%), a többit is három-kilences tisztaságúra tudják finomítani, így a forgalomba újonnan kerülő fém rendesen igen tiszta. Tulajdonképpen és ha csak lehetséges, mint már említettük, mindig a kis százalékban előforduló szennyezőket határozzuk meg.

Sok vizsgálatot végeztek e tárgykörrel kapcsolatban főként a Szovjetunióban. Az ozmium elemzését Karpov—Kranikov—Fedorova (18), a rodiumét Karpov (19), a platinaét pedig Karpov és Fedorova írják le. Az alábbiakban röviden ismertetjük az egyes fémek vizsgálatát.

A platina elemzéséhez 20—25 g-ot mérünk be. Konyhasótartalmú királyvízben oldjuk és vízfürdőn többször töményre pároljuk. Ezután nátriumbromát és nátriumhidrogénkarbonát-oldattal (brom-krezol bíbor átcsapásánál) a platinafémek hidroxidjait leválasztjuk. Ezek elemzését már Gilchrist módszerének tárgyalásánál ismertettük. Kívánatos a vas és réz mennyiségi meghatározása. Az anyagot úgy oldjuk, mint előbb, ebből a szűrésénél kevesebb ammoniumkloriddal a platinát leválasztjuk és a forró, közel semleges, szüredékhez nátriumnitritoldatot adunk. Félóra múlva a vízfürdőről levesszük és néhány csepp nátriumhidroxiddal leválasztjuk.

A palládium elemzésénél csak platinára szokás vizsgálni, mivel a fémet nagyon tisztán elő lehet állítani. 5—10 g anyagot királyvízben oldunk és a szükségesnél kevesebb káliumjodiddal lecsapjuk a palládium fő tömegét, szűrjük, a maradékot a szüredékből dimetilglioximmal távolítjuk el. A szüredéket cinkporral redukáljuk és a kivált platinaport az ismert módon feldolgozzuk.

A ruténium elemzéséhez a fémet nátriumszuperoxiddal feltárjuk, majd ammoniumkloriddal a fő tömeget lecsapjuk. A szüredékből a maradékot desztilláljuk és a maradékban lévő Pt, Ir, Rh feldolgozását már ismertettük. Esetleges oszmium a desztillálásnál jelentkezik és ott megfogható. Oxigéntartalmát H_2 áramban izzítással, szilíciumtartalmát pedig úgy állapítjuk meg, hogy a H_2 áramban izzított fémet aranytégelyben HF és H_2SO_4 -val lefüstöljük, H_2 áramban izzítjuk és visszamerjük.

Az ozmium vizsgálatához legcélszerűbb a fémet O_2 áramban elégetni és a képződött OsO_4 -ot elnyeletni. A porceláncsónakban maradt részeket nátriumszuperoxiddal tárjuk fel, a további vizsgálat mint ruténiumnál.

Az iridium, Os és Ru tartalmát nátriumszuperoxidos olvasztást követő desztillációval állapítjuk meg. Az O_2 és Si szennyezés megállapítását már a ruténiumnál láttuk. Az Rh és Pt megállapítására a fémet ólommal ömlesztjük és utána a salétromsavas, illetve a királyvízes extrakciót dolgozzuk fel. A vastartalmát aranytégelyben végzett nátriumnitrát és nátriumhidroxidos fel-tárásból, lényegileg az előbbieken leírtakhoz hasonló módon állapítjuk meg.

A rodiumot platinafémekre és vasra vizsgáljuk, mint amely szennyezők leginkább fordulnak elő a fémekben. A vizsgálandó fémet fölös mennyi-

ségű ólommal ömlesztjük meg. A kapott ólomreguluszt HNO_3 -val, majd H_2SO_4 -vel főzzük. Így egy Os-Ir-Ru maradékot kapunk, amit ismert módon tovább kezelünk. Az extraktum Au, Pt és Pd tartalmú, ennek feldolgozása sem nehéz. A rodium vastartalmának a meghatározására az anyagot 10—15-szörös mennyiségű tiszta cinkkel megömlesztjük, majd a reguluszt sósavban oldjuk, a rodiumot leszűrjük és a szüredékből a vasat meghatározzuk.

A fentebb vázolt eljárások — iparunk jelenlegi követelményeit általánosságban kielégítik. Különlegesebb vizsgálatokra természetesen továbbra is az illető analitikus szakértelme lesz az irányadó.

1. Trans. Am. Inst. of Min. Met. Eng. 1896. vol. XXV. p. 826—844. és vol. XL. p. 567—596.
2. Z. für anal. Chemie. 1928. Bd. 73. p. 257—264.
3. Chemiker-Zeitung 1926., p. 232—233.
4. Bány. és Koh. Lapok, 1938. jan. 15. sz.

5. Die Strichprobe der Edelmetalle. Wien, 1930., Springer.
6. Bugbee: Textbook of fire assaying. N. Y. I. Wiley 1948., p. 158.
7. op. cit. p. 103—118.
8. Z. f. allg. anorg. Chem. 1926. Bd. 154., 413—427.
9. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 1937., p. 397—400., 460—463., 475—477. 1938., p. 639—641.
10. Anal. Chem. 20. 831—837 (1948) és 1952. okt. szám.
11. I. of. Research. Nat. Bureau of Standard Reprint. Nr. 1614., 1621—22.
12. Le Platine et les gites platiniferes de l'Oural et du monde. Genere, 1920.
13. Z. f. anorg. Chem. Bd. 89., 1914., p. 1—38.
14. I. Am. Chem. Soc. Vol. 46., p. 1818 (1924).
15. I. Am. Chem. Soc. Vol. 57., p. 2565 (1935).
16. The Analysis of Minerals and Ores of the rarer Elements. London. Griffin. 1940., p. 247.
17. Springer 1947.
18. Annales de l'Institute du Platine de U. S. S. R. 12., 159. (1935).
19. Annales de l'Institute du Platine de U. S. S. R. 108 (1931).
20. Annales de l'Institute du Platine de U. S. S. R. 12., 163. (1935).

Az áramhatásfok javítása az alumínium-elektrolízisben*

SZENTIVÁNYI GYULA

Сентиваньи Дюла:

О ПОВЫШЕНИИ ВЫХОДА ПО ТОКУ ПРИ ЭЛЕКТРОЛИЗЕ АЛЮМИНИЯ.

Szentiványi Gyula:

Verbesserung des Stromwirkungsgrades in der Aluminium-elektrolyse.

1. Az elektrolit hőfoka

Az elektrolit hőfokának emelkedésével az áramhatásfok erősen csökken, mivel egyrészt a hőfok emelkedésével növekszik a kiváló fém oldékonysága az elektrolitban, másrészt a hőfok növekedése csökkenti az elektrolit viszkozitását, ami az elektrolitban a fém jobb eloszlását és az anódtérbe átvitelét előidéző diffúziót és konvekciót segíti elő. Szovjet üzemekben végzett mérések a következő összefüggést mutatják az elektrolit hőfoka, valamint áramhatásfok között:

Elektrolit hőmérséklet :	Áramhatásfok :
959,1°	79,15
954,9°	80,44
953,6°	80,50
952,9°	81,67
951,2°	84,63
948°	85,88

Az alumínium-elektrolízis áramhatásfokának javításával foglalkozva, a probléma tárgyalását két részre kell osztani.

Az első részben az áramhatásfok javításának elméletével, a második részben az áramhatásfok javításának gyakorlati kérdésével kell foglalkozni.

Mint minden elektrolízisre, a timföld-kriolit olvadék elektrolízisére is érvényes Faraday törvénye, melynek értelmében egy Aó árammennyiségnek 0,3354 g alumíniumleválasztás felel meg. Gyakorlatban azonban a tényleges alumíniumkihozatal ennek csak kb. 80—90%-a.

A tényleges termelés, valamint elméleti termelés hányadát nevezzük áramhatásfoknak.

Az elektrolízis folyamán az elméleti alumíniummennyiség kiválik, azonban a már termelt fém egy része visszaoxidálódik.

A legújabb elméletek szerint a visszaoxidálás a következőképpen folyik le:

A katódon kiváló fém egy része oldódik az elektrolitban, a fém az elektroliton keresztül az anódhoz jut, itt egyesül az anódtermékkel, azaz az anódon kiváló oxigénnel és visszaalakul alumíniumoxiddá.

Az áramhatásfokra a következő tényezők hatnak:

Fenti adatokból megfigyelhető, hogy az összefüggés a hőmérséklet és áramhatásfok között nem lineáris, mivel 953,6° és 959,1° között 5,5 C° hőmérséklet változásra az áramhatásfok csak 1,35%-kal javul, míg 948°—953,6 C° között 5,6 C° hatására 5,38%-kal javul.

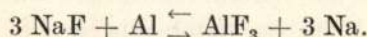
Fenti táblázat tapasztalatai szerint, ahhoz, hogy az elektrolízis áramhatásfoka jó legyen, az alsóbb hőfokrégiókban kell dolgozni, mivel ott kis hőmérsékletcsökkenések hatására már lényeges áramhatásfokjavulások lépnek fel.

* 1952. XI. 5-én Tatabányán és 27-én Inotán tartott előadás.

2. Az elektrolit összetétele

Irodalmi adatok szerint a fürdő összetétele, savassága, illetve lúgossága befolyásolja az áramhatásfokot.

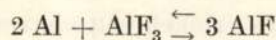
Lúgos fürdő esetén az elektrolitban többletben lévő NaF hatására a következő vegyi reakció lép fel:



Fenti képletből kitűnik, hogy lúgos fürdők esetében alumíniumvesztések nemcsak az anódon visszaoxidálással, hanem az elektrolitban is fellépnek.

A felszabaduló Na egy része oldódik az elektrolitban, másik része elpárologva, az elektrolit felszínén oxidálódva, sárgára festi a kád lángját. (Lúgos fürdők jellemzője.)

Savanyú elektrolitban az alumínium az AlF_3 -mal az alábbi szubvegyületet alkotja:



alumíniumvesztéseket idézve elő magában az elektrolitban.

A 2,7—2,8 kriolitviszonynál (PH 6,8—6,9) valószínűleg a legminimálisabb az Al kiszorítása Na által, még kevésbé valószínű a szubvegyület keletkezése.

3. Az áramsűrűség

Itt külön kell választani az anódáramsűrűséget, valamint a katódáramsűrűséget.

Anódáramsűrűség alatt értjük az anódfelület 1 cm²-én keresztül menő ampermennyiséget.

Az anód áramsűrűsége csak közvetlen, indirekt hat az áramhatásfokra. Nagyobb áramsűrűségnél nagyobb a fémtermelés, a fém visszaoxidálása változatlan, tehát relatív javul az áramhatásfok.

Katódáramsűrűség alatt értjük az 1 cm² fémfelületen áthaladó amperszámot.

A katódáramsűrűségnél, a helyzet ellenkező. Változatlan áramsűrűség, de nagyobb katódáramsűrűségnél ugyanazon termelés mellett kisebb az elektrolit-fém érintkezési felülete, kisebb lesz az oldódási felület, — kisebb lesz a visszaoxidálódás, a fémvesztés. Kisebbség, de ugyanazon termelés mellett az áramhatásfok javul.

4. Az anód-katód távolság

Az elektródák közti távolság növelésével (anód-fémkör távolság) az oldott fém diffúziója az anódtól a katód felé megnehezedik, a fémvesztések csökkennek, az áramhatásfok javul.

A fent említett négy ponton kívül még számtalan oly tényező van, mely az áramhatásfokra kisebb-nagyobb mértékben hat. Tárgyalásukra később térek át.

Mielőtt az áramhatásfok gyakorlati javításával, illetve a javítások lehetőségével foglalkozom, az ajkai alumíniumkohó áramhatásfok alakulását mutatom be:

Év:	Áramhatásfok:
1948	78,16%
1949	79,40%
1950	82,90%
1951	84,04%
1952. I—II. n. év	86,02%
1952. III. n. év	87,81%
1952. október	86,99%

A táblázatból kitűnik, hogy az ajkai alumíniumkohó áramhatásfoka fokozatosan javult. Ahhoz, hogy gyakorlatilag az áramhatásfokjavulás okát megállapíthassuk, elegendő az üzem 1948—49. évi technológiáját az 1952. évvel összehasonlítani.

Az alábbiakban az elméleti részben megállapított tényezők gyakorlati alakulását ismertetem az ajkai alumíniumkohóban.

1. Az elektrolit hőfoka

Az elektrolit hőfokáról az üzemnek megbízható adatok csak 1952. évről állnak rendelkezésre, mikoris I—II. negyedévben 943,7 C°, 86,02% áramhatásfok mellett, a III. negyedévben 936,7 C° és 87,81% áramhatásfok volt.

Hiányos adatok szerint az 1948—49. években a hőfok 955—965 C° között ingadozott.

Az áramhatásfok javításának kétségtelen fontos tényezője az, hogy az átlagos elektrolithőfokot ily mértékben sikerült lecsökkenteni a kádakban a fémnívó növelésével.

A mellékelt táblázaton megfigyelhető az átlagos fémmagasság és áramhatásfok alakulása.

A magasabb fémnívónak kétszeres hatása van az elektrolit hőfokára:

Egyrészt: Mivel az olvadt fém fajhője nagyobb, a hőfoka pedig lényegesen kisebb az elektrolitnál, a kádban nagymennyiségű fém, illetve magas fémnívó tartása az egész rendszer és ezen keresztül az elektrolit hőfokát is csökkenti. Az ilyen kádak kell hogy jobb áramhatásfokkal dolgozzanak.

Másrészt: Az anód alatt elhelyezkedő elektrolit hőfoka nem egyenletes. Fenti elektrolitréteg teljes egészében átveszi a keletkező joule-meleget és azt keveredés, konvekció által átadja az anódon kívüli, még olvadt állapotban lévő elektrolitnak. Mivel az anód alatt, de az anód külső részén lévő elektrolit könnyebben át tudja adni melegét a külső részeknek, erősebben fog lehűlni, kisebb hőfokon lesz, mint az anód közepén lévő elektrolit. Az anód alatt ennek következtében az áramhatásfok egyenlőtlen, az anódszáron jobb, az anód közepén rosszabb.

Az áramhatásfok javítása érdekében szükséges az anóda közepén elhelyezkedő elektrolitot hűteni, hogy minél jobban megközelítse a külső hatásfokot. Magasabb fémnívó esetén a fém nemcsak a rendszer hőfokát csökkenti, hanem az anód alatti hőfokkülönbségeket is kiegyenlíti, egyenletes jó áramhatásfokot biztosítva az egész anóda alatt.

Nem állítható az, hogy magasabb fémnívó mellett az ajkai üzemben az áramkihasználás tovább ne javulna, sajnos azonban a kádak 35 cm

mély medencéje miatt a további fémnövelés korlátozott, mivel normális üzem tartásához 20—25 cm elektrolitnívó tartása is szükséges.

Az elektrolízis áramhatásfokának javítása érdekében minél kisebb hőfokot kell tartani. Mivel az olvadáspont az elektrolit alsó fokának határt szab, az olvadáspontot is csökkenteni kell, illetve lehet.

Míg tiszta kriolittal 940—950 °C-on, 5—10%-os CaF_2 adagolás esetén már 920—930 °C-on, 75%-os MgF_2 adagolás esetén már 910—920 °C-on is lehet dolgozni.

Az ajkai kohó elektrolitjának vizsgálata közben kiderült, hogy az elektrolit CaF_2 tartalma a Ca-t tartalmazó timföldadagolás következtében 2,5—3%-ra dúsult, ennek köszönhető, hogy sikerült üzemi átlagban 930—940°-os elektrolithőfokot tartani.

Az átlagos elektrolithőfok csökkentése, illetve az áramhatásfok javítása érdekében a CaF_2 adagolása hasznosnak tekinthető.

A hőfok, valamint áramhatásfokról a következőket kell még megjegyezni:

Ahhoz, hogy egy kád jó áramhatásfokkal dolgozzék, szükséges még, hogy az anódában áramelosztás egyenletes legyen (sínek, kontaktusok, tüskék jó karban legyenek és egyenletesen vezessék az áramot), hogy az anód-katód között az elektrolit tiszta legyen (anódszén darab vagy salak zárványmentes). Ellenkező esetben az elektroliton az áramelosztás egyenletlenné válik, lesznek részek, ahol az elektrolit túlhevül, valamint ahol viszkózussá válik, mindkét helyen csökkentve az áramhatásfokot.

Az egyenletes áramelosztás biztosítása, valamint ellenőrzése szempontjából feltétlenül előnyö-

sebb az elektrolíziskádak effektus alkalmával való körbetörése, mikoris teljes kerülete rendelkezésre áll átvizsgálásra és nehezebben történhetik meg, hogy különböző zárványok effektus után is az anód és katód között maradjanak.

2. Az ajkai üzem elektrolitösszetételét vizsgálva megállapítható, hogy 1948. év óta a kádak elektrolitösszetétele három fokozatban változott.

1948-tól 1950. szeptemberéig a P_H átlagértéke 7 volt,

1950. szeptember—1951. októberéig a P_H átlagértéke 6,9 volt,

1951. október 1-től a mai napig a P_H 80%-a 6,8, 20%-a 6,9 értéken van.

Fenti P_H értékek változásával az áramhatásfok is lényegesen javult.

1950. szeptemberében az áramhatásfok 82%-ról 83—84-re,

1951. októberében az áramhatásfok 84%-ról 85—86%-ra javult.

Mivel azonban a P_H értékek változásával egyidejűleg a fémnívót is emeltük, az áramhatásfok javulása mindkét tényező javára írható.

Az elméleti részben ismertettük, miért optimális az áramsűrűség 6,8—6,9-es P_H -nál.

Az elektrolit összetételének fenti értéken való tartása még a következők miatt indokolt:

Enyhén savanyú fürdőnél a kádakon az anód alá nyúló kéregkeletkeznek. Fenti oldalkéregke a fémet összeszorítják az anód alá, ami a katód áramsűrűség növeléséhez, azaz az áramhatásfok javulásához vezet.

Az AlF_3 adagolása a P_H biztosítása, a kémiai veszteségek csökkentése, valamint a jó kéregképződés elérése érdekében szükséges.

3. Az anód áramsűrűség és áramhatásfok alakulását a mellékelt táblázat tartalmazza.

Év	Áramhatásfok %	Fémagasság cm	Elektrolit hőfok °C	Áramerősség kA	Anód áramsűrűség A/cm	Katód áramsűrűség A/cm	Anódszén fogyasztás t/t Al	P_H
1948.	78,16	< 7	955	30,094	0,875	0,595	0,651	7
1949.	79,40	< 7,5	965	31,24	0,91	—	0,6319	7
1950.	82,90	8,57	—	32,13	0,935	—	0,6094	7—6,9
1951.	84,04	9,75	—	32,30	0,94	—	0,5914	6,9—6,8
1952. I. félév	86,02	12,14	943,7	32,31	0,94	—	0,5824	6,8
1952. III. negyedév	87,81	12,23	936,7	32,12	0,935	0,85	0,5820	6,8

A táblázatból kitűnik, hogy az áramhatásfok javulása és az áramsűrűség emelkedése párhuzamosan halad.

Ajkán az áramerősség növelése 30 KA-ról 32,5 KA-ra, a mennyiségi termelés növelése mellett az áramhatásfok lényeges javulásához is hozzájárult.

Ha a katódáramerősségváltozását figyeljük, megállapítható, hogy az 1948. óta 43%-kal növekedett. Ez a már említettek szerint az áramhatásfok javításához vezethet.

A katódáramsűrűség növelése a kádak jelenlegi erős oldallefagyásainak következménye.

A lefagyások egyrészt az enyhén savanyú elektrolitnak, másrészt az elektrolitban jelenlévő 2,5—3% CaF_2 -nak köszönhetőek.

Gyakorlatban a nagy katódáram-sűrűségű üzemmenetnek hátrányai is vannak.

Nagy katódáram-sűrűségnél a fémet benyomjuk az anóda alá, még kétnaponkénti csapolásnál is a kádból 4—6 cm fémagasságot kell kivenni, ami az anódutáneresztésnél nehézségeket okoz.

Sokszor ily nagymértékű anódutáneresztésnél az anód vagy a fémbe jelenlévő iszapra vagy fagyásra ereszkedik. Erősen lefagyott vagy iszapos kádaknál csapolás után az említettek miatt a feszültséget csak 2—3 óra múlva lehet az eredetire beállítani, miután a fagyás vagy fém feletti iszap oldódott.

Savanyú és lúgos kádkéreg összehasonlításából megállapítható, hogy a savanyú kádak esetén a fémtükör lényegesen kisebb felületű, a katódikus áramsűrűség nagyobb.

4. Az áramhatásfokra hat az anódkatód távolság is. Fenti tényező azonban az ajkai alumíniumkohóban gyakorlatilag nem változott. Az áramsűrűség növelése ugyan ideiglenesen maga után vonja az anód-katód távolság csökkenését, azonban az elektrolit áramvezető képességének javulása a CaF_2 sűrűsödés következtében az anódkatód távolságot ellenkező irányban befolyásolta.

Az eddig feltárt tényezők az üzemmenet következményei, az üzemmenettel javítani vagy rontani lehet.

Fentieken kívül az áramhatásfokot befolyásoló oly tényezők is vannak, melyek függetlenek az üzem menetétől, s melyek javítása üzemen belül nem lehetséges.

Az említett tényezők közül a legfontosabbak a következők:

a) Anódszén minősége

Rossz minőségű anódszén adagolása esetén a kádakban a salakképződés megnövekszik, az áramelosztás egyenletessége megszűnik, az elektrolit ellenállása nő, az anód-katód távolság csökken, a fürdő hőmérséklete növekszik, a kádak kifőnek, illetve csökken a katódáram-sűrűség stb. Gyengébb minőségű anódszén adagolása esetén olyan változások lépnek fel, melyek az áramhatásfokot lényegesen rontják.

Az anódszén salakképződésével kapcsolatban azonban nemcsak az anódszén minőségét kell vizsgálni, illetve okolni. Ugyanazon anódszén nagyobb áramsűrűség mellett kiegészve, összehasonlítva jobb anódát eredményezhet, mint kisebb áramsűrűségeen való kiegészésnél. Jó példa erre az ajkai üzem, ahol ugyanazon szovjet massa 30 KA-es üzem mellett 3—5%-os komoly salakképződést idézett elő, míg 32,5 KA-nél kiegészve, salakképződése 1% alá csökkent.

b) Timföld minősége

A 0,06% feletti foszfortartalmú timföld az áramhatásfokot az alábbiak miatt károsan befolyásolja:

A foszfortartalmú elektrolitok salakkiválasztó-képessége csökken, az elektrolitok salakosabbak, aminek következtében túlhevülnek, lerontva ezáltal az áramhatásfokot.

A foszfortartalmú elektrolitok timföldoldó-képessége kisebb, aminek következtében a kádakban sűrűbben történik timföldleiszaposodás, ami a kádak üzemét megzavarja, lerontva az áramhatásfokot.

A timföldben 0,06% feletti P_2O_5 tartalom esetén az elektrolit elszennyeződik, az elektrolit megszűnik normálisan kiválasztani a salakot, az elektrolit túlmelegszik, az áramhatásfok romlik.

c) Az áramellátás egyenlőtlensége

Az áramellátás zavarai az áramhatásfokot rontják.

Áramcsökkenés esetén a kádak lehülnek, a katódon lefagyások keletkeznek. Ahhoz, hogy a kádat újból normális állapotba lehessen hozni, hosszabb időn keresztül a kádat nagyobb feszültséggel, melegebben kell járattani, ami már áramhatásfokcsökkenést eredményez.

Az áramcsökkenés esetén nemcsak a hőegyensúly bomlik meg, hanem az elektrolit összetétele is megváltozik. Savanyúfürdő esetén a neutrális közeg lefagyása által az elektrolit AlF_3 -ban dúsul, az elektrolit túlsavanyodik.

Komolyabb áramcsökkenés esetén a kádak P_H -ja teljesen elcsúszik savanyú és lúgos irányban. Az üzem teljesen abnormálissá válik, s napok, illetve hetek szükségesek az eredeti egyensúly visszaállítására.

Az eddigiekben ismertettük az áramhatásfokot befolyásoló tényezőket. Megállapítható megbízhatóan, hogy különböző tényezők az áramhatásfokot javítják vagy rontják, sajnos azonban gyakorlatban nem állapítható meg a tényezők befolyásának nagysága.

Ahhoz, hogy az ajkai alumíniumkohóban az áramhatásfok 79—80%-ról 86—87%-ra javult, a következő tényezők változtak:

Növekedett az anódáramsűrűség 0,87 A/cm^2 -ről 0,95 A/cm^2 -re.

Növekedett a katód áramsűrűsége 0,595 A/cm^2 -ről 0,85 A/cm^2 -re.

Csökkent az elektrolithőmérséklet 960 $^\circ\text{C}$ -ről 930—940 $^\circ\text{C}$ -ra.

Csökkent a salakképződés 4—5%-ról 1% alá.

Csökkent a P_H 7-ről 6,8%-ra stb.

Áramhatásfokot hatásosan csak egy-két tényező változtatásával javítani nem lehet, szükséges az összes tényezők egyszerre való javítása.

Összefoglalás

A cikk első része ismerteti a különböző tényezők (hőfok, áramsűrűség, anód-katód távolság, elektrolitösszetétel) elméleti befolyását az áramhatásfokra.

A cikk második része fenti tényezők gyakorlati alakulását, valamint az ajkai üzemen elért eredmények közötti összefüggést tartalmazza.

Hozzászólások

Tatabányán

Emőd Gyula: Az előadásban elhangzott, hogy különböző tényezők nagyságrendi befolyása az áramhatásfokra gyakorlatilag nem értékelhető ki. Mik a lehetőségek oly kísérletek beállítására, ahol egy tényező változtatása mellett az áramhatásfok változása gyakorlatilag megfigyelhető lenne?

Válasz: Laboratóriumi kísérletek alkalmával sikerült a különböző tényezők és az áramhatásfok változásának összefüggéseit kimutatni. Nagy üzemben azonban, ahhoz, hogy elfogadható eredményeket kapjunk, átlagosan 10—20 kádon kellene kísérleteket végezni, ami túl költséges és nehézkes.

Emőd Gyula: CaF_2 jelenléte az elektrolitban a fémminőségre nem gyakorol-e káros befolyást?

Válasz: Megállapítottuk, hogy az ajkai fém-ben Ca szennyezés csak nyomokban fordul elő.

Emőd Gyula: Mi a CaF_2 adagolás optimális százaléka?

Válasz: A CaF_2 az elektrolitot sűrűbbé teszi, azaz az elektrolit fajsúlyát növeli. Túl nagy CaF_2 adagolás esetén a folyékony fém és elektrolit fajsúlykülönbsége megszűnik és a kádban az elektrolit-fém egyensúly megbomlik. Ezért CaF_2 adagolása 10%-nál nagyobb mértékben veszélyes a kád üzemére.

Mázi Benjámín: Az előadásban elhangzottak szerint szükséges az anódszén gyors kiegészítése. Egy túsorosos árambevezetésű anódnál az anódkiegészítés gyorsabb, mint két túsorosos árambevezetésű anódnál. Üzemi szempontból melyik előnyösebb?

Válasz: Két túsorosos árambevezetésnél az anódkiegészítés nem oly gyors és tökéletes, azonban olyan feszültségesés-csökkenést idéz elő, hogy energiamegtakarítás szempontjából feltétlenül előnyösebb.

Mázi Benjámín: Tudomásom szerint az ajkai alumíniumkohóban egy időben egyáltalán nem történt salakozás, jelenleg pedig a salakozás újból megindult. Mi evvel kapcsolatban a valóság?

Válasz: Az ajkai alumíniumkohóban előfordult, hogy a kádokról hónapokon keresztül nem történt salaklevétel. Jelenleg a jobb áramhatásfok biztosítása érdekében a salakozást újból megkezdtük. A multhavi salaklevétel 0,6% volt.

Mázi Benjámín: Az erősen lefagyott kádak csapolása Tatabányán nehézségekbe ütközik. Mi a helyzet Ajkán?

Válasz: Ajkán vákuum-csapolással csapoljuk a kádakat. Bármily mértékben fagyott le a kád, a vákuumcsapoló csőrével az anód alól a fémet ki tudjuk szívni.

Czeke Arisztid: Az anódszén kiegészítésének minőségét mily mértékben befolyásolja az anód összmagassága, a túsorosok száma és a túsorosok közötti távolság?

Válasz: Fenti kérdésre pontos választ adni nem lehet. Ajkán az anódszénmagasság 120 cm, a túsorosok közötti távolság 18 cm, a híg anód-massza magassága 25 cm.

Zsajnovits János: Az ajkai üzem milyen kriolittal dolgozik, mi az elektrolit helyes összetétele?

Válasz: Az ajkai üzem szovjet eredetű kriolittal dolgozik, melynek NaF-AlF_3 molaránya az elméleti 3-mal szemben 2,3, így szovjet kriolit

használata mellett az AlF_3 fajlagos felhasználása lényegesen kisebb.

A szovjet kriolit nagy AlF_3 tartalma következtében kádindításnál NaF -al adagolva használható.

Vegyi összetétel szempontjából az elektrolitok optimális P_H -ja 7. Mivel azonban a fürdő összetétele befolyásolja a kéregképződést, amely a katód-áramsűrűséget növeli, ajkai tapasztalati adatok szerint a legjobb áramhatásfokot 6,8 P_H mellett lehet elérni (mólviszony 2,7—2,8).

Kandó János: Az előadásban elhangzottak szerint az ajkai kádakon oldallefagyás van. Ez az oldallefagyás az összes kádaknál fennáll-e, vagy egyenlőtlen?

Válasz: Az előadásban elhangzottak szerinti oldallefagyás az ajkai kádak 90—95%-án fennáll. Az áramelosztás egyenlőtlenége, az elektrolit szennyezése stb. a kádakon kisebb kifővéseket létesít, ami a kádak 5—10%-ának kéregképződését a normálistól eltérően csökkenti.

Inotán

Parrag Viktor: A savanyúfürdőkben mennyiben tér el a salak elnyelése a normál fürdőkétől?

Válasz: Ajkai megfigyelések azt mutatják, hogy az erősen savanyúfürdők (P_H 6,5 alatt) salakkiválasztóképessége lényegesen rosszabb és így savanyúfürdőjű kádak elektrolitje szennyezettebb. A savanyúfürdőjű kádak elektrolitjének felületéről a salak rendszerint eltűnik, mivel az elektrolitban oldódik.

Szell Sándor: Ajkán mennyiben változott az áramerősség növelésével a cellafeszültség értéke?

Válasz: Az áramsűrűség növelésével a külső ellenállásokban a feszültségesés megnövekedett, az elektrolitra eső feszültségesés azonban az áramerősségnövelése mértékében csökkent. („ $I_{\text{elektrolit}} = \text{állandó}$ “ elv alapján). A két feszültségváltozás egymást kiegyensúlyozta és így gyakorlatilag a kádfeszültség nem változott.

Fercsák Lajos: Az áramsűrűség növelésével az anód-katód távolság csökken. A csökkenő anód-katód távolság az áramhatásfokot rontja. Érdekes-e ilyen körülmények között az áramsűrűséget növelni?

Válasz: Nagyobb anód-katód távolság kis mértékben való csökkenése az áramhatásfokot lényegesen nem rontja. Ilyen esetekben az áramsűrűség növelése áramhatásfok javítása céljából hasznos. Amennyiben azonban az anód-katód távolság bizonyos minimális értéket (3—3,5 cm) elért, a további anód-katód távolság csökkentése az áramhatásfokot lényegesen rontja. Fenti határon túl az áramsűrűség növelése az áramhatásfokra káros.

Szakál Pál: Gyakorlatban hogy szervezték meg Ajkán a fürdő vegyi összetételének, valamint hőmérsékletének ellenőrzését és beállítását?

Válasz: Az elektrolithőmérséklet beállítása Ajkán nem a hőmérsékletmérés alapján történik, hanem az elv az, hogy a kádakon minél nagyobb

oldalkéreg legyen. A hőmérsékletmérés az így beállított kádak hőmérsékletét regisztrálja.

■ Az AlF_3 adagolás szintén a kádak kéregképződése, valamint a kádak elektrolitösszetételének szemmel való vizsgálata alapján történik. Itt a laboratóriumi elemzéseket oly értelemben veszik figyelembe, hogy a kiugróan lúgos és savas

fürdők korrigálása az elemzésnek megfelelően történik.

Jelenleg az Ajkán használt pontos potenciométrikus titrálással megállapított P_H értékek alapján kísérletek folynak az üzem fluorid adagolásának átállítására laboratóriumi eredmények alapján.

Ritkafémek kinyerési lehetőségei a timföldgyártás alapanyagaiból és melléktermékeiből

DR. PAPP ELEMÉR

II. RÉSZ

Ez a mosás eltávolítja a cirkon, tórium és itriumhidroxidokat. A megmaradt csapadékot tömény alumíniumszulfát oldattal mossák, amely az alumíniumhidroxid és berilliumhidroxid frissen lecsapott anyagát — Hunyady szerint — kioldani képes. A csapadékot végül vízzel való kimosás után kéndioxid tartalmú vízzel mossák, amely a cérium csoport hidroxidjait oldja ki.

2. Az egyes mosóvizekből azután — további kémiai folyamatokkal — különítik el, külön a nehéz fémoxidokat, külön a cirkon, tórium és itriumoxidokat, külön a berilliumoxidokat és külön a cérium csoport oxidjait.

Az eljárás 12 szabadalmi igénypontot tartalmaz, rendkívül érdekes és szellemes, de — a későbbiekben előadottak alapján — látni fogjuk, hogy gazdaságossági szempontból igen sok kívánnivalót hagy maga után.

Másik eljárás — amelyet laboratóriumban módosítva, Intézetünkben is kipróbáltunk — a V. A. W. A. G. DRP. 702.397. 1941. már említett szabadalma. Ez a szabadalom nátrium — vagy ammónium biszulfáttal extrahál hidegen — 1 kg-nyi vörösiszap mintát, 5 liternyi nátriumbiszulfáttal. Tisztáját leszivornyáztuk és $95^\circ C$ -on tartva 1 óra hosszat, rózsaszínű pelyhek váltak ki belőle, amelyben Ti és kovásva, Ca, kevés Al, Fe és ritkafém oxidok voltak találhatóak.

A csapadékból — izzítás után — fluórhidrogénnel a kovasavat eltávolítottuk, a maradékot pedig biszulfáttal feltártuk.

Az oldatból ammonkloridos ammóniumhidroxiddal a 3. osztályt a ritkafém oxidokkal lecsaptuk. A lecsapásokat ismételtelen folytatva, és a pH értékeket változtatva, nátriumhidroxid felesleggel az alumíniumot kioldva, majd a csapadékot ismét oldva és alumíniumfluoriddal lecsapva a ritka fémeket, *Ti-al erősen szennyezett ritkafém oxid csapadékot kaptunk.*

Ezután a vörösiszapnak ammonacetátos extrakcióját próbáltuk ki, felhasználva a ritkafémek oxidjainak ammonacetátban való oldhatóságát, amely már eredményhez vezetett. E célból a vörösiszap nátron tartalmát tömény ecetsavval közömbösítettük, majd 10%-os ammonacetát oldattal extraháltuk a vörösiszapot. Az extraktumból szilárd oxálsavval csaptuk ki a ritkaföldfémek

oxalátjait, a csapadékot szárítottuk, kiizzítottuk, az oxid keveréket biszulfáttal, ennek maradékát kálium-nátriumkarbonáttal tártuk fel és az egyesített oldatokból a 3. osztályt ammóniumhidroxiddal csaptuk le. A csapadékot ecetsavval extrahálva, a ritkafém és alumíniumhidroxidokat oldatba vittük. Újbóli lecsapással, majd fölös nátriumhidroxiddal az alumíniumhidroxidot kiküszöböltük. A ritkafém oxidokat többször oxálsavval lecsaptuk, mostuk és izzítottuk.

Az eljárást még javítottuk úgy, hogy az ecetsavas oldatot nátriumkarbonáttal nagyjából közömbösítettük, hígítás és forralás után az alumínium, mint bázikus alumíniumacetát levált és a szüredékből enyhén ecetsavas, csaknem neutrális közegből, oxálsavval választottuk le a ritkafémeket.

Az eljárás sok veszteséggel jár ugyan, de mégis tiszta és identifikálható földfémoxid csapadékot adott, mégpedig mennyiségileg kb. — vörösiszapra számolva — 0,02%-nyi mennyiséget — bauxitra számolva — 0,01%-nyi mennyiséget.

Az alumíniumgyári alumínátlúgokból a gallium kinyerésére a Comp. de Prod. Chim. et Electro Met. Alain Vállalatnak van szabadalma 1950-ből, FR. 1952. 976. sz. a.

Ez az eljárás az alumínátlúgokat 8-oxinos kloroformmal rázza ki, amely kirázás — a szabadalom szerint — a galliumnak 50%-át tudja kiemelni és a szokásos pH értékeknél a kloroform rétegre átmenő gallium és alumínium aránya: 16:1. 2 pH-nyi savanyúság mellett már tiszta gallium-oxinát megy csak át, a kloroformos rétegbe. Ezt a kloroformos gallium extraktumot dolgozzák azután fel tovább.

Szovjet kutatók* többféle eljárást ismertetnek, amelyek javarészt azon a tényen alapulnak, hogy az alumínátlúgokban a galliumdús részek a legkésőbbi kicsapásban találhatóak. Így tehát egy szén-savazási eljárás utolsó fázisában vagy bepárláson kivált szilárd maradékban, vagy kikeverő üledékekben stb. Ezeknek a galliumban már kissé fel-dúsult üledékeknek kupferronos töményítését végzik el.

* Chem. Ztb. 1952. I. 1935.

P. A. Resnik és S. W. Miranova (Cvetnije Met. 15. Nr. 12. 60—64. december, 1940.)

Gallium koncentrátum nyerése az alumínium-gyártás hulladékaiból.

Az Al-gyártás hulladéka 0,001—0,02% Ga-t tartalmaznak. Ga-ra azonban csak a karbonizátorok falán lerakódott hulladék, valamint a Proksch-szűrő maradéka (0,006—0,01 illetve 0,007—0,02% Ga-mal) dolgozható fel. Utóbbiból kiindulva (65% Al_2O_3 , 0,02% Ga, 0,085% Fe és kb. 20% víz.) az eljárás a következő:

1,4 fs. kénsavval bontás melegen, 2—3 óra hosszat, a vége felé vízzel hígítva.

Bontás foka: 98—99%.

Az oldat ülepítése, dekantálása 6% vizes kupferron oldattal, a $Ga(C_6H_5N.NO.O)_3$ komplex kiválasztása, keverés közben. 10—12 óra hosszat ülepítés, szűrés.

A maradékot 600° C-on izzítva, Ga koncentrátum keletkezik: 3% Ga_2O_3 , 23,34% Al_2O_3 , 64,1% Fe_2O_3 , 0,31% TiO_2 , 0,3% CuO , 0,93% V_2O_5 , 1,8% CaO , 1,12% SiO_2 , MgO és PbO nyomok összetétellel.

A Gmelin 1936-ban megjelent gallium kötete számos gallium kinyerési eljárást ismertet, ezek azonban mind dúsabb ércekre, tehát szfaleritre, germanitre, manszföldit rézpalára, cink-érc kohó maradványára és lepidolitra vonatkoznak.

A Metallurgia 1952. VI. számának 314. oldalán érdekes közlés jelent meg, a galliumnak alumínátlúgokban történő feldusulásáról. E szerint a timföldhidrát kiválasztása után beáll egy olyan alumínátlúg egyensúly, amelyben a gallium 100 rész alumíniumoxiddra, 0,14 Ga_2O_3 -ig dúsulhat fel. Egyes üzemeknél (amerikai üzemek) ez az érték 0,3%-ig emelkedhet. Ez a közlés különben Bejától származik, aki a kereskedelmi alumíniumfémeket is vizsgálta gallium tartalomra és megállapította, hogy azoknak gallium tartalma 0,01—0,02%-ot is eléri.

A 3 fázisú alumínium tisztításnál, amikor a 99,99-es tisztaságú alumíniumot igyekeznek elérni, a gallium az anód ötvözetében dúsul fel. Kinyerésére timföldüzemekben általában a parciális szén-savas kicsapást használják, majd a legvégső szén-savas kicsapáskor kiváló galliumdús alumínium-hidroxidot sósavban oldják, amelyben a gallium-hidroxid is feloldódik. Ebből éterrel kirázzák a galliumkloridot, az éter elpárologtatása után a maradékot lúgban oldják és elektrolizálják. Számos egyéb módszert is próbáltak ipari bevezetésre, de a drága vegyszerek, tehát; kupferron, oxikolin, stb. miatt csak a most említettek gazdaságosak, — Beja szerint.

Mi a gazdasági jelentősége timföldiparunk alap- és melléktermékeinek a ritkafémek szempontjából?

Ha ezt a kérdést vizsgáljuk, három irányban kell mérlegelni a feladatot.

Az egyik irány, hogy mi a ritkafémek nemzetgazdasági szempontból való jelentősége,

a másik irány, hogy mi ennek a ritkafémnek az abszolút és kinyerhető mennyisége timföldgyári nyersanyagokban és termékekben,

a harmadik irány pedig, hogy gazdaságos-e világvizonylatban a kinyerés végrehajtása.

Ha bauxitjainkat vizsgáljuk, úgy kb. 0,05% cirkondioxid tartalmat megállapítva, — ami azt jelenti, hogy tonnánként $\frac{1}{2}$ kg cirkondioxidot rejt magában a nyersanyag — azt mondanánk, hogy 1000 tonnában 500 kg cirkondioxidunk van és így ezzel a mennyiséggel és értékkel már érdemes foglalkozni.

Ugyanezt a számítást végezve a bauxit feldolgozás mellett és egyéb ritkafémekre is, elképesztő értékekhez és számadatokhoz jutunk annál is inkább, mert ha pl. ugyanezt a számvetést a galliumra végezzük el, — amelynek nemzetközi ára tudvalevőleg g-ként 3 és 5 dollár között mozog — azt kapnánk, hogy az évi 20 tonnányi galliumnak az értéke 100 millió dollárt tenne ki. Vizsgáljuk egyenként a lehetőségek gazdasági képét.

1. Cérium csoport fémek: cérium, neodim, lantán, ittrium, praezodim, stb. Ezeknek értéke aránylag nem nagy és a jelenlévő és kihozható alacsony töménység a bauxitban, de még a vörösiszapban is, nem indokolja azoknak gazdaságos kinyerését, annál kevésbbé, mert sokkal cériumdúsabb és ritkaföldfémoxid-dúsabb vegyületek bőségesen állnak rendelkezésre szerte a világon és azoknak felhasználása a jelenlegi fogyasztóköörökben nem túlzottan nagy. A ceritkeverék fémfogyasztás — országos viszonylatban — néhány tonnánál nem tesz ki többet (50%-os certartalmú fémre) és még a tökéletesen kénmentesített cer-vas bevezetése sem indokolja a cériumnak 0,01%-os ércéből való kivonását.

Tudjuk jól, hogy szerte a világon a cérium-oxidok inkább mint *melléktermékek* mutatkoznak, a tórium kivonása után visszamaradó maradékokból; de hazai viszonylatban is, ha a cer-csoport oxidjai felé akarunk irányt venni a termelés szempontjából, feltétlenül célszerűbb és gazdaságosabb a salétromsavas műtrágyagyártás 40% cer-csoport oxid tartalmú anyagából kiindulni.

2. Hasonló a helyzet a cirkonnál is, amelynek ipari felhasználása csak az utóbbi időben (Miller: Metallurgia 1951. 43.) kezd elterjedni, főleg fémötvözetek formájában, ahol a szakítószilárdság erős növelését tudjuk vele elérni. Mint katalizátoranyag és kerámiai célokra felhasznált anyag, szükséglete aránylag minimális. Nemzetközi ára a Ti árának kb. 40—50-szerese. Szintén nem indokolja a század %-os nyersanyagból történő kivételét.

3. A berillium fém, — mint ismeretes — a nem fáradó rugó ötvözeteknél, valamint a szikramentes kalapács- és szerszámgyártásnál, továbbá egyéb, réz-berillium ötvözetek gyártásánál játszik szerepet; egyedül Amerikában évi 5000 tonnánál nagyobb mennyiséget dolgoznak fel belőle.

A berillium, — mint láttuk — szintén állandó kísérő anyaga timföldgyári üzemeknek, azonban szintén csak század %-os nagyságrendben és rossz szeparációs lehetőségekkel.

Bjeljajev a Legkih Metallov. c. könyvében részletesen ismerteti a berillium technológiáját, amelyet különben éppen az ő kutatásai alapján

egyik vegyészeti lapunkban részletesen tárgyaltunk. A berillium kérdésének részletes tárgyalását ezen cikk alapján, a Magyar Kémikusok Lapja 1951. XI. számában közölte. Világos az ott összefoglaltak alapján, hogy a berillium kohászatát olyan nyersanyagokból lehet gazdaságosan megoldani, amelyek pl. a Szovjetunióban bőségesen rendelkezésre állnak. A kiinduló nyersanyag fém-berillium tartalma ott 3,6% és egyszerű technikai berillidúsítványt gyártva belőle — fizikai módszerekkel, — könnyen elérik a 11%-os berilltartalmú koncentrátumot. Ilyen berilliumtartalmú, töményített nyersanyagból a technológia már gazdaságos és a nyert ötvözetek, amelyeket pl. berilliumklorid elektrolízisével nyernek, olcsók. Hazai viszonylatban a bauxit, — mint berillium nyersanyag — tehát gazdaságosan számításba nem jöhet.

Más azonban a helyzet már a következő két nyom-anyagnál, amelynek rendkívül magas ára indokolja a kinyerésükbe fektetett tekintélyes költségeket. Ezek pedig a sugárzó tórium és a gallium.

A tórium, — amelyet Méhes és Szántó vizsgálatai alapján a magyarországi bauxitok kimutatható mennyiségben tartalmaznak, a cérium koncentrátummal együtt választható el és feltétlenül megérné a kutatás költségeit a sugárzó tóriumtartalom vörösiszapból történő dúsítása, legalábbis azokban a méretekben, amelyre országos viszonylatban szükség lesz. A tórium nemzetközi értéke a cériuménál kb. 20—25-ször magasabb.

Még ennél is fontosabb és súlypontilag nevezetes hazai timföldgyáraink parciálisan kicsapott alumínátlúgijából a gallium koncentrátumok előállítására és a gallium kinyerése.

A galliumnak, — mint említettük — nemzetközi ára kg-ként 30000—50000 dollár között van. Amerika 1951-ben összesen 100 kg-nyit állított elő belőle. (Chem. Ing. Technik, 1952. 473.). A gallium értékét nem kis olvadáspontja (30 C°-on már folyós) és nagy forrtpontja (1000 C°-on még nem mérhető a tenziója) adja meg, hanem elektronpályái és mag szerkezete, amelyek elektronbombázáskor mutatkozó olyan tulajdonságokat tanúsítanak, hogy ezáltal az atomenergia felhasználásának területén komoly segítséget nyújthat.

Ezen rövid összefoglalásban — amelynek célja tulajdonképpen egy általános tájékoztató kép adása volt bauxit- és timföldiparunk ritkafém lehetőségeinek megítélése szempontjából, két dologra óhajtottam különösen rámutatni:

Az első az, hogy ipari- és tudományos életünkben ezen a téren még a kezdet-kezdeten járunk és elsősorban a vizsgálati és analitikai módszereknek kidolgozása — a timföldgyári adottságok mellett fellépő szennyezések esetében — kell, hogy megtörténjen. Másodsorban pedig rá akartam mutatni, hogy kellő óvatossággal és gazdasági megfontolással kell irányt venni a ritkafémek bauxit nyersanyagokból történő kinyerésére és itt az irányt, — amennyiben nem tévedek — ezidőszereint a sugárzó tórium és a gallium felé kell vennünk.

A Tudományos Minősítő Bizottság határozatai

A Tudományos Minősítő Bizottság 1952. október 18-án tartott ülésén *Boldizsár Tibort, Domony Andrást, Hajtó Nándort, Horváth Zoltánt, Jakóby Lászlót, Kiss Ervint, Koncz Istvánt, Martiny Károlyt, Ronkay Ferencet, Scheffer Viktort, Vécsey Bélát* a műszaki tudományok kandidátusává; *Gedeon Tihamért* a föld és ásványtani tudományok kandidátusává; *Mika Józsefet, Balló Rudolfot, Györki Józsefet* a kémiai tudományok kandidátusává; 1953. december 31-én tartott ülésén pedig *Millner Tivadart, Déri Mártát, Falk Richárdot, Gondár Jenőt, Kerpely Kálmánt, Konrád Ödönt, Kóta Józsefet, Kőrös Bélát, Lettner Ferencet, Mazalán Pált, Schey Jánost, Visnyovszky Lászlót* a műszaki tudományok kandidátusává; *Barabás Kálmánt, Pantó Gábort, Szalay Tibort, Szurovi Gézát* a föld és ásványtani tudományok kandidátusává; *Bálint Istvánt, Gráf Lászlót, Knapp Oszkárt, Papp Elemért* a kémiai tudományok kandidátusává nyilvánította.

Szakosztályi hírek

Tatabányai csoportunk 1952. december 12-én tartotta első összejövetelét, ahol Kolosy Ernő ismertette Ballai, Kolosy, Láng, Pázmándi és Szentiványi „Energiamegtakarítás az alumíniumiparban” című jelentését.

1953. január 9-én Molnár Imre tartott ismertetést alumíniumkohászati tárgyú szabadalmi leírásokról.

Ugyanekkor a csoport Kolosy Ernőt bízta meg a titkári teendők ellátásával.

A Magyar Tudományos Akadémia közleménye

A Magyar Tudományos Akadémia Méréstechnikai és Műszerügyi Intézetében a Konzultációs Szolgálat 1952. december hó 1-én megindult.

Mindenemű méréstechnikai szakkérdéssel az igénylő akár személyesen, akár írásban tanácsért az Intézethez fordulhat.

Az Intézet saját és külső szakértői útján minden beérkező kérdésre felvilágosítást és tanácsot nyújt.

Az Intézet működését díjtalanul végzi. Felkérjük az Intézethez fordulókat, a tárgykör és feladat pontos előzetes meghatározására és a szükséges műszaki adatok közlésére.

Levélcím: Budapest, V., Szervita-tér 3.

Néhány új szempont könnyűfémek alkalmazására vegyipari berendezések építésénél

DOMONY ANDRÁS a műszaki tudományok kandidátusa

I. R É S Z

Домонь Андраш:

НОВЫЕ ТОЧКИ ЗРЕНИЯ ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ЛЕГКИХ МЕТАЛЛОВ В АППАРАТАХ ХИМИЧЕСКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ.

A világ egyre fokozódó alumíniumtermelésének legnagyobb részét elsősorban a közlekedési eszközöket előállító ipar, másodsorban a villamosipar és harmadsorban a kémiai és élelmiszeripar részére készülő gép- és apparaturagyártás használja fel. Megbízható becslések alapján a világ alumíniumfogyasztásának iparágankénti megoszlása az 1947—1950. évek átlagában a következőként alakult:

Iparág megnevezése	Alumíniumfogyasztás %
Repülőgépgyártás	22,03
Közúti járművek	9,40
Vasúti járművek	0,48
Vízi járművek	1,32
Közlekedési ipar összesen	33,23
Villamosipar	18,61
Vegy-élelmiszeripari és háztartási gépgyártás	4,58
Vegy- és élelmiszeripari csomagolóanyaggyártás és folia termelés	5,94
Vegy- és élelmiszeripar összesen	11,52
Építőipar	8,70
Gépipar	7,90
Edény- és tömegcikkgyártás	7,29
Vasipar számára (dezoxidálásra és aluminotermiára)	3,45
Bányászat	—,68
Vegyés	8,62
	100,—%

Míg az alumínium és ötvözeteinek a járműiparban és a villamossági iparban való felhasználása több mint félévszázados multra tekinthet vissza, addig a könnyűfémekből készült vegyipari és élelmiszeripari berendezésekkel csak kb. húszéves nagyipari tapasztalat áll rendelkezésre. Ez a körülmény, valamint az, hogy a vegyiparban és élelmiszeriparban való anyagfelhasználás alkalmával az anyag kémiai ellenállóképességével és szilárdsági tulajdonságaival szemben támasztott igények a felhasználási területek szerint igen változóak, magyarázzák azt a bizonytalanságot, ami a könnyűfémekből készült vegyipari és az élelmiszeripari gépberendezések építésénél még ma is fennáll.

Az a tény, hogy az alumíniumból készült berendezési tárgyak a korszerű apparaturaépítő iparban mégis mind nagyobb mértékben tudnak teret hódítani a következő adottságokkal magyarázható:

1. Igen sok agresszív vegyi anyaggal szemben az alumínium kémiai ellenállóképessége vetekszik a nehézfémekével, vagy annál jobb (pl. az alumíniumnak salétromsavval, kénhidrogénnel, hidrogénszuperoxidral szembeni kémiai ellenállóképessége).

2. Az alumínium és sói a szervezetre teljesen ártalmatlanok. A fémmérgezés veszélye alumínium felhasználása esetén nem forog fenn.

3. Az alumínium jó hővezetőképessége. Ennek a tulajdonságnak különösen a bepárló, desztilláló és hűtőberendezések, valamint a hőcserélő gépegyesek építésénél van nagy jelentősége.

4. A könnyűfémek jó hő- és fényvisszaverő képességét az alumíniumból készült szigetelések-nél hasznosítják.

5. Az alumínium könnyű fajsúlya minden mozgótartály és berendezés gyártásánál vagy a könnyűfémeknek csomagolóanyagként való felhasználásánál játszik nagy szerepet.

6. Az alumínium és alumíniumötvözetek jó alakíthatósága, számos nehézfémnél nagyobb szilárdsága, a csomagoló eszközök tömegcikkgyártásánál, valamint a nagy berendezési tárgyak építésénél előnyösen érezeti hatását.

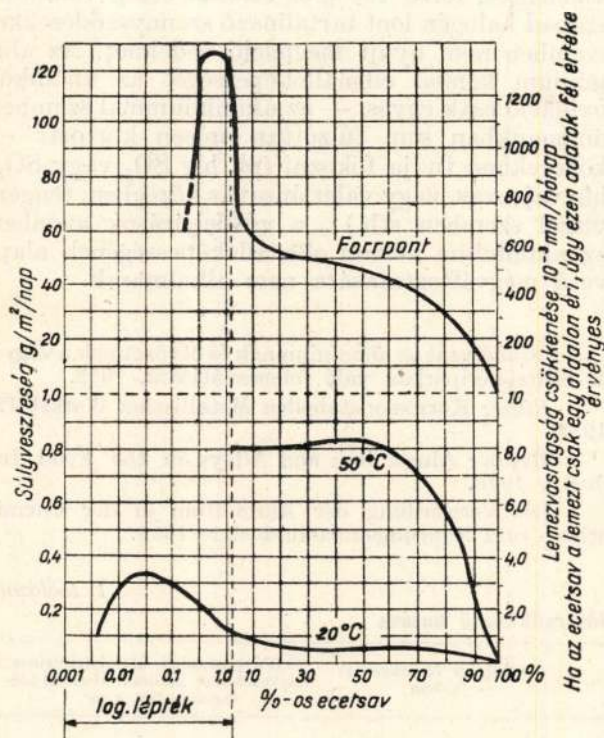
7. Anyaggyártási és árkérdések szempontjából sokszor kedvezőbb a nagy lépésekben fejlődő hazai alumíniumiparunk termékeivel fokozottabb mértékben vegyi- és élelmiszeriparunk igényeit kielégíteni és ezáltal az importanyagok (pl. ólom, réz, nemesacél) felhasználását csökkenteni és új berendezéseink működését gazdaságosabbá tenni. Ezen a téren még igen nagy munka áll előttünk abból a szempontból, hogy megtalálhassuk a hazai könnyűfémeknek műszaki és gazdasági feltételek által szabott optimális felhasználási területeit a vegyi- és élelmiszeriparban.

A könnyűfémek által nyújtott előnyöket népgazdaságunk számára teljesen csak akkor lehet kiaknázni, ha minden felhasználási területen, az összes mellékkörülmények figyelembevételével az alumíniumanyagok viselkedése tisztázást nyert. Ennek a munkának igen hosszú, aprólékos anyaggyűjtésből és részletes kutatómunka eredményeinek összegezéséből kell állania. A könnyűfémeknek a vegyi- és élelmiszeripari gépek építésénél történő felhasználásánál fellépő legtöbb hibája és sikertelensége ugyanis abból keletkezik, hogy a szerkesztők és kivitelezők sok esetben a különböző típusú, ötvözetű és szennyeződésű könnyűfémanyagok eltérő kémiai viselkedését figyelmen kívül hagyják; továbbá, hogy a tiszta vegyi anyagok előállítására, tárolására épült berendezéseket szennyezett anyagok gyártására, vagy raktározására használják fel. Minden fém, különösen azonban az alumínium, kémiai ellenállása nagymértékben függ a fém összetételétől és szennyeződéseinek mennyiségétől, valamint a vele érintkező vegyi anyagok tisztaságától. Az első követelményre szerkesztőink és gépgyártóink már kezdenek figyelni; a második problémakörrel kapcsolatos kérdések, — a vegyi anyagok tisztaságának, a gyártás közben előforduló szennyeződéseknek az alumíniumra gyakorolt hatásának — figyelembe-

vétele még kezdeti állapotban van, a rendelkezésre álló anyag és tapasztalatok hiányossága miatt.

Az egyes vegyi anyagok gyártásánál fellépő mellékreakciókkal és a szennyeződések hatásának figyelmen kívül hagyásával magyarázhatók azok a többször előforduló, „érthetetlenek” minősített jelenségek, amikor egyes gyártelepeken az alumíniumberendezések valamely vegyi anyag gyártásánál és tárolásánál kifogástalanul beváltak és ugyanazok a berendezések egy másik gyártelepen hasonló anyag előállításánál rövid idő alatt tönkremennek.

Jellemző példa erre az alumíniumberendezéseknek az ecetsavgyárakban való viselkedése. Az alumíniumnak szobahőfokon és nagyobb hőmér-



1. ábra. Különböző töménységű, tiszta ecetsavnak a 99,3%-os alumíniumra gyakorolt hatása.

séketlen tiszta ecetsavval szembeni viselkedése ismeretes. Az 1. ábra a különböző töménységű tiszta ecetsavnak 99,3% tisztaságú alumíniumra gyakorolt hatását szemlélteti.

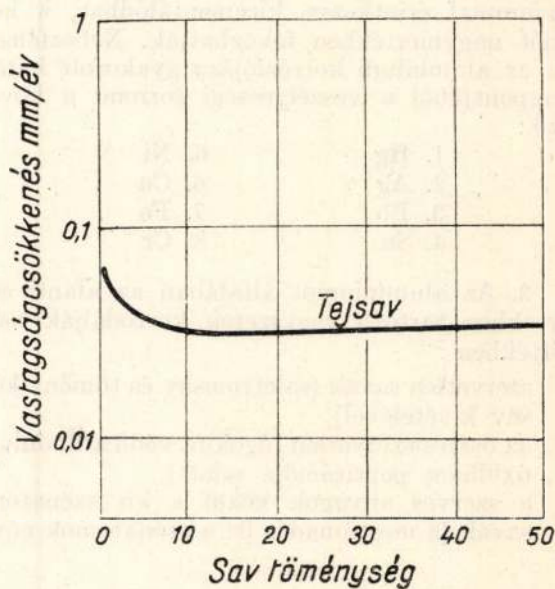
Az ábrából megállapítható, hogy a tömény 99,9% tiszta ecetsav az alumíniumot még forrponton sem támadja meg lényegesen. Az irodalomból és a gyakorlatból is egybehangzóan ismeretes továbbá, hogy a teljesen víztelenített, tiszta ecetsav az alumíniumot forrponton gyorsan korrodálja. A fenti adatok figyelembevételével igen sok alumíniumból készült ecetsavgyártó berendezést építettek.

A gyakorlati alkalmazásnál viszont kiderült, hogy míg a berendezések nagy többsége a célnak tökéletesen megfelelt, addig egyes üzemeknél az apparaturák igen gyorsan tönkrementek. Részletes és hosszadalmas vizsgálatok bebizonyították, hogy azokban az üzemekben, ahol az alumíniumberendezések gyorsan átrágódtak, az ecetsav

1. vagy csekély higanynyomokkal (hangyasavból előállított ecetsavnál a katalizátorból származóan),

2. vagy kis mennyiségű kloriddal és szulfáttal volt szennyezve.¹

Az analitikailag csak a legnagyobb nehézségekkel kimutatható szennyezések mennyisége elegendő volt ahhoz, hogy az ecetsav az alumíniumot idő előtt tönkretelje. A tények ismeretében az ecetsavgyártás technológiáját úgy kellett megváltoztatni, hogy a fenti, alumíniumra veszélyes, szennyeződések az ecetsavból teljesen ki lehessen küszöbölt. Bebizonyosodott, hogy KJ és KNO₃ szennyeződések az ecetsav agresszivitását még nagyobb hőfokon sem növelik. Ezekkel a vegy-



2. ábra. Különböző töménységű, tiszta tejsavnak a 99%-os alumíniumra gyakorolt hatása (20° C-on).

szerekkel tisztított (higany- és kloridmentesített), ecetsavval érintkező alumíniumberendezések a követelményeket kielégítették.

Tejsav előállításánál hasonló jelenségeket tapasztaltak. Irodalmi adatok szerint a tiszta tejsavnak az alumíniumra gyakorolt hatását a 2. ábra szemlélteti.

A gyakorlatban viszont bebizonyosodott, hogy az erjedéssel tejsavgyártásnál mindig szennyezett anyaggal állunk szemben (hangyasav és egyéb szerves savak nyomai, valamint kismennyiségű klorid, szulfát stb. ion). Az ilyen módon szennyezett sav még a nagy tisztaságú, 99,99%-os alumíniumot is rövid időn belül korrodálja. Ezeknek a tényeknek ellenére némely üzem tejsav előállítására mégis használt alumíniumapparaturát. A látszólagos ellentmondásnak az volt az oka, hogy ezek az üzemek a tejsavgyártásnál kis mennyiségben olyan védőkolloidot használtak, amelyek a szennyezett tejsavnak az alumíniumra gyakorolt hatását jelentékeny mértékben csökkentették.

¹ Die Verwendung des Aluminiums in der Chemischen und Nahrungsmittel-Industrie. — Alumínium Zentrale 1935., 74. oldal.

Ez a két kiragadott példa csak annak a bizonyítást van hivatva szolgálni, hogy kémiai berendezéseknek alumíniumból történő építésénél sokszor nem elegendő csak a fém összetételére, tisztaságára és a szerkezet helyes kivitelezésére gondot fordítani, hanem a legkisebb részletig is ismerni kell a gyártási menet minden körülményét és a gyártás közben az alumíniummal érintkező összes anyag tulajdonságát.

Általános szabályként az alábbi irányvonalak állapíthatók meg:

1. Az irodalom csak *vegytiszt*a kémiai anyagok vegyi hatásáról ad felvilágosítást.

2. Már csekély mennyiségű nehézfémek és olyan nehézfémek, amelyekből a nehézfém alumíniummal érintkezve kicementálódhat, a korróziót nagymértékben fokozhatják. Nehézfémeknek az alumínium korróziójára gyakorolt hatása szempontjából a veszélyességi sorrend a következő:

- | | |
|-------|-------|
| 1. Hg | 5. Ni |
| 2. Ag | 6. Cu |
| 3. Pb | 7. Fe |
| 4. Sn | 8. Cr |

3. Az alumíniumot általában az alanti csoportokhoz tartozó vegyszerek korrodálják nagy mértékben:

szervetlen savak (salétromsav és tömény kénsav kivételével),

az összes szervetlen lúgok (a védő alumínium-oxidhám peptizációja miatt),

a szerves anyagok közül a kis szénatomú savak (a megtámadás itt a szénatomok növe-

kedésével csökken) és azok a vegyületek, amelyek bomlás alkalmával szabad halogéniont adnak le, vagy bomlási termékük erősen lúgos.

Az egyes vegyszereknek az alumíniumra gyakorolt hatását a különböző korróziós táblázatok tartalmazzák.¹

4. Az alumínium felületének mesterségesen erősített oxidréteggel korrózióellenállóvá való tétele csak azokban — az alumíniummal szemben gyengén agresszív — közegekben eredményes, amelyek a mesterségesen erősített oxidhártyát nem képesek peptizálni, illetve az oxidhám pórusain áthatolni. Ezért az anódikus oxidáció erősen korrozív hatású szerves savakkal (hangyasav; vízmentes, forró 100%-os ecetsav stb.), valamint szabad halogén iont tartalmazó szennyeződésekkel szemben nem nyújt megfelelő védelmet. Az alumínium kémiai ellenállóképességét az anódikus oxidáció csak egyes, — az alumíniummal szemben önmagukban sem túlzottan erősen korrozív — közegekben tudja fokozni (pl. híg SO₂ vagy SO₃, híg vajsavas, vagy valeriánsavas közegben, tenger-vízzel szemben stb.); a védőeljárások azonban az alumínium kémiai ellenállóképességének alapvető megváltoztatására nem alkalmasak.

¹ Szabályzat az alumíniumnak és ötvözetinek a vegyi- és élelmiszeriparban való felhasználására. 1952.

Ritter: Korrosionstabellen Metallischer Werkstoffe 1952.

Bryan: Aluminium and Alloys in the Food Industry 1948.

Die Verwendung der Aluminium in der Chemischen- und Nahrungsmittelindustrie 1936.

1. táblázat

Szervetlen inhibitorok oldásesökkentő hatása

Inhibitor megnevezése	Korróziós közeg	Hőfok °C	Inhibitor töménysége % -ban	99,0% tisztaságú alumíniumlemez súlyvesztése 24 órás kísérleti időtartam alatt g/m ²
Nátriumsziliko-fluorid	5% szóda	20	—	10—17
	5% szóda	100	—	Igen erős korrozio
	10% szóda	100	—	Igen erős korrozio
	5% szóda	20	0,01	6,07
	5% szóda	100	0,01	161,0
	10% szóda	100	0,01	Igen erős korrozio
	5% szóda	20	0,1	∅
	5% szóda	100	0,2	∅
	10% szóda	100	0,2	∅
	Hexametilen-tetramin	5% sósav	20	—
5% sósav		20	0,1	1017
5% sósav		20	2,0	400
Nátrium-bikromát	1% foszforsav	20	—	5,6
	88% foszforsav	20	—	190
	1% foszforsav	20	0,1	0,7
	1% foszforsav	20	0,1	0,7
	88% foszforsav	20	0,1	171
	1% foszforsav	20	1,0	∅
	88% foszforsav	20	1,0	2,0
Vízüveg	20% nátronlúg	20	—	Erős oldás
	20% nátronlúg	20	2%	3,2

5. Az alumíniumból készült berendezések felhasználási területének növelésére, illetve az egyes vegyi anyagok gyártásánál jelenlévő szennyeződések káros hatásának kiküszöbölésére a különböző inhibitorok adagolása gyakran jó eredménnyel használható. Az inhibitorok felhasználásánál meg kell jegyezni, hogy hatásosságukra vonatkozó részletes adatokat megadni nem lehetséges, mert hatásosságuk minden egyes közegben más és más. Az alábbi két táblázat csak a legfontosabb szerzetlen és szerves inhibitorokról és azok hatékonyságáról kíván némi tájékoztatást nyújtani.

2. táblázat

Szerves kolloidok inhibitorikus hatása

Kolloid elnevezése (0,75 gr kolloid 100 cm ³ folyadékban)	10% vízmentes szóda oldat, 99,5%-os kemény alumíniumlemez Kísérleti időtartama 30 perc Hőfok 25° C		10% nátrónlúg oldat, 99,5%-os kemény alumíniumlemez. Kísérleti idő 30 perc Hőfok 25° C	
	Súlyvesztés g/m ²	Korrózió csökkenésnek %-a	Súlyvesztés g/m ²	Korrózió csökkenésnek %-a
Kolloid nélküli oldat	9,68	—	31,07	—
Csontenyv	4,53	53,—	15,99	48,—
Halenyv	3,57	63,—	10,97	64,—
Gumiarábikum	5,33	45,—	5,85	81,—
Agar-agar	5,06	47,—	5,13	83,—
Zselatin	5,31	45,—	17,88	42,—
Keményítő ...	8,06	17,—	11,25	64,—

A felsorolt inhibitoron kívül az alumínium kémiai ellenállóképességének növelésére szulfonát zsiralkoholok, zsiradékok, cukor és még igen sok, nagy molekulájú szerves anyag használható fel.

Alumíniumból készült berendezések építésénél tehát elsősorban ismerni kell a fémmel érintkező összes anyag minőségét, tisztaságát, az előforduló szennyeződések mennyiségét és megjelenési formáit (vegyi kötésüket, fizikai állapotukat). Erre a célra támpontul szolgálhatnak az irodalmi

összefoglalások,¹ de végső fokon csak az összes különleges körülmény együttes, gondos mérlegelése után dönthetünk.

A vegyi folyamatok és anyagok ismertetése mellett a különböző tisztaságú alumíniumanyagok és ötvözetek tulajdonságainak ismerete is döntő fontosságú.

Az alumíniumanyagok korrózióellenállását

a) a fém összetétele, illetve a szennyezők mennyisége,

b) a fém kristályszerkezete, illetve a hőkezelési viszonyok,

c) a fém felületi kiképzése és a szerkezet összeerősítése határozza meg.

a) Az alumínium szennyeződéseinak és ötvöző alkatrészeinek a korrózióellenállásra gyakorolt hatása. Teljesen tiszta alumínium nem ismeretes. A legtisztább fém, amelyet nagyipari mértékben is előállítanak és használnak, a 99,99% tisztaságú ún. n. raffinált alumínium. A raffinált alumínium szennyeződései és azok mennyisége a következők:

Fe	0,0005—0,001%
Si	0,002 —0,005%
Cu	0,0005—0,002%

* A magyar irodalomban az alumíniumnak a vegyi és élelmiszeriparban való felhasználására vonatkozóan eddig az alábbi kiadványok jelentek meg, amelyekben a hazai tapasztalatokat és viszonyokat figyelembe vették:

Dr. Geleji: „Alumínium Kézikönyv“ 1949. 574—603. oldal.

Vojnich: Könnyűfém-tartályok és palackok alkalmazása és méretezése. Alumínium, 1950., 121—132. oldal.

Domony—Waldhauser: Az alumíniumnak alkohollal szembeni ellenállóképessége. Alumínium, 1950. 135—178.

Domony—Köves—Vajk: Alumínium kézikönyv, 1948.

Deniflé: 99,99% finomságú alumínium. Alumínium, 1950. 75—830. oldal.

Dr. Domony: Az alumíniumcsomagolású élelmiszerek tartósításának megoldandó kérdései. Alumínium, 1950. 89—100. oldal.

3. táblázat

Különböző tisztaságú könnyűfém anyagok súlyvesztése g/m²/nap. (A vizsgálat 20° C-on 32 napig tartott, kivéve a NaOH kísérleteket *)

A n y a g	H a t ó k ö z e g									
	HCl		HNO ₃		H ₂ SO ₄		H ₃ PO ₄		H ₂ CrO ₄	NaOH
	1%	1%	10%	1%	10%	1%	10%	10%	50 g/l	
99,997%-os Al	0,83	1,04	3,41	0,62	0,92	1,53	5,30	0,54	700	
99,96%-os Al	1,4	1,2	4,6	1,1	1,2	2,7	13,5	0,8	990	
99,62%-os Al	2,84	1,26	5,77	1,13	1,54	2,85	15,1	0,94	1220	
Al-Mn (1,5% Mn)	8,3	2,5	11,8	1,8	3,6	3,2	25,4	1,3	—	
Al-Mg-Si	17,5	4,3	13,1	1,8	3,8	3,5	23,5	1,6	—	
Al-Si (13% Si%)	8,5	3,7	13,7	2,4	4,4	3,6	23,8	1,3	—	

Forró savakkal érintkezve a kétfajta alumínium (99,996% és 99,5% fém) kémiai ellenállóképessége közti különbség még jobban érvényesül. Pl.

Hatóanyag	Hőfok	Súlyvesztés g/m ² /nap	
		Al 99,996 %	Al 99,5 %
40% HNO ₃	70° C-on	4011	11,652
6% H ₂ SO ₄	70° C-on	825	2,801

* Megjegyzés: Vogel: „Vergleichende Untersuchung über das Korrosionsverhalten von Al 99,99“ Alumínium, 1938., 85—94 oldal.

Zn	0,0005—0,002%
Mg	nyomok
Mn	nyomok.

A tiszta raffinált alumínium mechanikai tulajdonsága sok felhasználás számára igen előnyös (pl. könnyű alakíthatósága emlékeztet az ólomra). Csekély szakítószilárdsága, folyási határa és keménysége azonban sok felhasználási terület részére előnytelen. A 3. táblázatban a vegyipari berendezések építése számára legfontosabb néhány könnyűfémanyag viselkedését hasonlítottuk össze.

A 3. táblázatból kiolvasható, hogy a fokozott kémiai ellenállóképesség miatt a 99,99% tisztaságú alumínium számos olyan területen kerülhet alkalmazásra, ahol a kisebb tisztaságú alumíniumfémek használhatatlannak bizonyultak.

A 99,99% tisztaságú alumínium jó kémiai tulajdonságait igyekeztek a kis szilárdsági tulajdonságokból származó hátrányok kiküszöbölésével nagyobb mechanikai szilárdsággal párosítani. Az erre vonatkozó törekvések kétirányúak voltak:

1. Nagyobb szilárdságú, azonban gyengébb korrózióálló képességű anyagoknak 99,99% tisztaságú fémmel történő borítása (platirozása).

2. 99,99% tisztaságú alumíniumból kiinduló nagyobb szilárdságú, azonban az eredeti tiszta fémmel azonos kémiai ellenállású ötvözetek előállítása.

A 99,99%-os alumíniummal borított (platirozott) anyagok nagy előnye, hogy a szilárdsághordozó alapfém a 99,99% tisztaságú alumíniumnál lényegesen nagyobb szilárdságú és olcsóbb kohóalumíniumból lehet előállítani; hátránya viszont, hogy a borított anyagok nem hegeszthetők (amennyiben a varratokból a borítóanyaggal azonos kémiai ellenállóképességet követelünk meg), hőkezelésre igen érzékenyek (a borító rétegnek a diffúzió következtében történő szennyeződése miatt), a lágy borítóréteg megsértésének veszélye miatt pedig igen kényesek és fokozottabban gondos munkát, tárolást és szállítást igényelnek.

A 99,99% tisztaságú anyagból előállított ötvözetek tulajdonságainak és használhatóságának vizsgálata mindenütt csak most folyik. Az ötvöző alkatrészek közül elsősorban a magnézium jön számításba. Különböző magnéziumtartalmú 99,99% tisztaságú alumíniumból készült ötvözetek szilárdsága a következő:

4. táblázat

Magnéziummal ötvözött 99,99%-os alumínium szilárdsági tulajdonságai

Anyag	Állapot	Folyási határ kg/mm ²	Szakítószilárds. kg/mm ²	Nyúlás %	Brinell-keménység kg/mm ²
99,99 Al + + 0,73 Mg	Lágy	3,5	10,0	27,2	29,2
	Kemény	18,4	19,0	3,8	48,4
99,99 Al + + 1,03 Mg	Lágy	4,5	12,2	28,7	34,9
	Kemény	20,0	21,5	3,1	58,5
99,99 Al + + 1,95 Mg	Lágy	10,6	24,4	28,0	58,0
	Kemény	37,3	40,4	4,3	107,0

A magnéziumon kívül kísérletek folytak még 99,99% tisztaságú alumíniumnak mangánnal, cinkkel és egyéb fémekkel való ötvözésére is anélkül azonban, hogy az ötvözetek kémiai ellenállóképesség szempontjából a 99,99% tisztaságú alumíniumot megközelítették volna; a szilárdsági tulajdonságok pedig a magnéziummal ötvözött fémeknél lényegesen kisebbek.

A 99,99% tisztaságú alumínium, illetőleg a belőle készült ötvözetek korrózióellenállását már igen csekély — ezred és század százalékos — mennyiségek is döntően leronthatják. 99,99% tisztaságú fémmel való munka tehát fokozott gondot és tisztaságot követel meg.

	1% NaOH	5% NaOH	10% HCl	20% H ₂ SO ₄	5% HNO ₃	25% HNO ₃	Koncent. HNO ₃	1%NaCl 3%H ₂ O ₂
Fe	300°	●	●	●	●	●	●	●
	500°	●	●	●	●	●	●	●
Si	300°	○	○	○	○	○	○	○
	500°	○	○	○	○	○	○	○
Cu	300°	●	●	●	●	●	●	●
	500°	●	●	●	●	●	●	●
Zn	300°	○	○	○	○	○	○	○
	500°	○	○	○	○	○	○	○
Mg	300°	⊕	⊕	○	○	○	○	○
	500°	⊕	⊕	○	○	○	○	○
Mn	300°	●	●	●	●	●	●	●
	500°	●	○	○	○	○	○	○

⊕ Korrózió kisebb, mint 99,99 Al-nál ● Korrózió adalékolással kb. megduplázva
 ○ " " " " " " ○ Korrózióállóság erősen csökken
 ○ " adalékolással keveset ● " nagyon erősen csökken
 növekszik

3. ábra.

A különböző fémekkel ötvözött 99,99%-os alumínium kémiai ellenállóképességéről a 3. ábra ad átfogó áttekintést. A fenti adatok összevonása azt bizonyítja, hogy az eddig vizsgált ötvözők esetében a legjobb kémiai ellenállóképesség maximális szilárdsággal a magnéziummal ötvözött 99,99%-os alumíniumanyagoknál található. 0,5-ig a magnézium a raffinált alumíniumnak lúgos közeggel szembeni kémiai ellenállóképességét még emelni is képes; 0,5—2% magnéziumtartalom között azonos kémiai ellenállóképesség mellett a szilárdság növekedik. 3% magnéziumtartalom feletti anyagoknál a kémiai ellenállóképesség kezdetben lassan, majd rohamosan csökken.

A kereskedelmi kohóalumínium igen sok ötvöző alkatrésszel bíró ötvözetként fogható fel. A kereskedelmi kohóalumínium egyes minőségeiben lévő, szennyezések mennyiségét a 5. táblázat szemlélteti.

A szennyezők közül a legnagyobb mennyiségben a szilícium és a vas szerepel.

A vasnak alumíniumban való oldhatósága igen csekély (még 500° C-on is csak 0,005%). Az

Különböző tisztaságú kohóalumíniumfélések összetétele

Kohó al. elnevezése	S z e n n y e z é s e k m e n n y i s é g e							Min. Al. tartalom
	Fe	Si	Cu	Zn	Ti	V	Mn	
99,7	0,08—0,15	0,05—0,1	0—0,02	0,01—0,06	0—0,03	0—0,03	—	99,7
99,5	0,1—0,4	0,08—0,3	0—0,02	0,01—0,06	0—0,03	0—0,03	0—0,005	99,5
99,0	0,2—0,7	0,2—0,7	0—0,02	0,02—0,08	0—0,03	0—0,03	0—0,1	99,0

alumíniumban oldhatatlan vas az alapanyaggal FeAl_3 kiválásokat okoz. Ezek a FeAl_3 kiválások elektrolit jelenlétében az alumínium alapanyaghoz képest katódákként viselkednek (l. 9. táblázatot).

A vasnak az alumínium korrózióellenállására gyakorolt nagy romboló hatását részben ez a jelenség magyarázza. A kivált kemény vasaluminidek másrészt az alumíniumfémeken keletkezett védő alumínium oxidhártyát megmunkálás közben felsértik és ezáltal nemcsak az anyag szilárd-sági tulajdonságait csökkentik, hanem a sérült védőhám lényegesen gyengébb kémiai ellenállóképességű. A vas korróziórontó hatását mangán adagolásával részben ki lehet küszöbölni. A mangán ugyanis a FeAl_3 -al ternér vasmanganaluminidet képez, illetve a vasat az elsődlegesen keletkező MnAl_6 részben oldatba viszi. A mangán-aluminidek és a tiszta alumínium alapanyag között potenciálkülönbség nem lép fel. A mangán adagolásával tehát a vas által okozott korrózió-érzékenységet és a kemény vasaluminidek által okozott gyenge alakíthatóságot lényegesen javítani lehet.

Szilíciumnak a tiszta alumíniumban való oldhatósága nagy mértékben függ a hőfoktól. Az oldhatóság:

szobahőfokon: kevesebb ...	0,05% Si-nál
300° C-on	0,1—0,2 % Si
500° C-on	0,5—0,8 % Si

A szilíciumnak különböző hőfokon való oldhatósága a magyarázata annak, hogy a kis mennyiségű szilícium szennyeződések az alumínium alapanyagban néha szilárd oldatként, néha pedig kiválva, ú. n. grafitos szilícium alakjában jelentkeznek. Korróziós szempontból csak a grafitos szilícium veszélyes. (A grafitos Si-nak alumíniumhoz viszonyított potenciálkülönbséget l. 9. táblázatban). A szilícium megjelenési formájának az alumínium hőkezelésétől való függése a magyarázata annak, hogy kémiai ellenállás szempont-

6. táblázat

Különböző Si tartalmú és hőkezelésű anyagoknak 4 rész HNO_3 + 2 rész HCl + 4 rész H_2O maratószerrel szembeni viselkedése 20° C-nál 1 órán át

A n y a g	Si-tartalom %-ban	Hőkezelési hőfok °C	Súlyvesztés g/m ² 1 óra alatt
99,9975% Al	0,0015	300	28,16
		500	25,20
99,5% Al	0,30	300	766,48
		500	36,00

jából miért viselkedik az 500° C-on hőkezelt szín-alumínium jobban, mint a 300° C-on hőkezelt anyag. Ebben az esetben ugyanis max. 0,5% szilícium szennyeződés teljes egészében oldatban van.

Ellentétben a vassal, a szilíciumnak 1% feletti mennyisége az alumínium kémiai ellenállóképességét már nem rontja tovább, sőt a nagy mennyiségű szilícium számos kémiai anyaggal szemben azt javítja. Kisebb mennyiségű szilíciumnak a kémiai ellenállóképességre gyakorolt káros hatását magnézium adagolásával is ki lehet küszöbölni. Ugyanis az alumíniumban jelenlévő összes szilícium megfelelő mennyiségű magnéziummal Mg_2Si vegyületet alkot, amely alkotórésznek az alumíniummal szembeni potenciálkülönbsége elenyészően kevés (l. 9. táblázatot).

A vas és szilícium együttes hatása korrózió szempontjából kedvezőbben alakul, mintha csak a két szennyező közül az egyik volna jelen. A vas és a szilícium ugyanis ternér vasszilícium-aluminid vegyületet alkot, amely vegyület korrózióellenállás szempontjából kevésbé káros, mint a FeAl_3 , vagy a grafitos szilícium.

Titán, mangán, magnézium, antimon nyomok (0,01—0,5%) az alumínium korrózióellenálló-képességét előnyösen befolyásolják.

Kalcium, nátrium, réz, nikkel, ezüst, kobalt, vanádium nyomok az alumínium kémiai tulajdonságát rontják. Ezekből az anyagokból a maximálisan megengedhető mennyiség:

Ca	0,1 % ¹
Na	0,04 % ²
Cu	0,02 %
Ni	0,05 %

Kismennyiségű cink, ólom, kadmium, ón, bizmut adalékoknak az alumínium korrózióellenállóképességére gyakorolt hatása ma még bizonytalan; a kérdés végleges tisztázásához még igen sok kísérlet elvégzésére van szükség.

Az alumíniumban előfordulható nemfémes szennyezők közül mindegyik, tehát az

oxigén
nitrogén
klór
hidrogén
foszfor

a fém korrózióellenálló képességét rontja. Ilyen szempontból különösen a foszfor veszélyes, mert ez a szennyeződés foszfortartalmú timföldből a fémalumíniumba kerülve, már 0,002% mennyiségben is csökkenti az anyag kémiai ellenállását.

¹ *Badéva* és *Samrav*: Izvesztia Akad. Nauk. S. S. S. R. 1944. 182. oldal.

² *Gracszenko* és *Darovszkij*: Legkie Metalli 1936. 170. oldal.

A l a p a n y a g
szinalumínium

Előnyök :

jó kémiai ellenállóképesség,
jó villamos vezetőképesség,
jó alakíthatóság

Hátrányok :

rossz önthetőség,
forgácsolásnál kenődik,
alacsony szilárdsági értékek

Ö t v ö z e t e k

szinalumíniumból készült ötvözetek

Hidegen és melegen alakítható alumíniumötvözetekből készült gyártmányok
(lemez, szalag, rúd, cső, idomrúd, kovacsolt áru)

Ö n t v é n y e k

Időálló, jó kémiai ellenállóképességű ötvözetek

Nagyszilárdságú ötvözetek

Ötvöző alkatrészek megnevezése	Ö t v ö z e t e k		Időálló, jó kémiai ellenállóképességű ötvözetek		Nagyszilárdságú ötvözetek			
	E l ő n y ő k	Hátrányok	Ötvöző alkatrészek megnevezése	E l ő n y ő k	Hátrányok	Ötvöző alkatrészek megnevezése	E l ő n y ő k	Hátrányok
Szilícium	jó kémiai ellenállás jó önthetőség jó forgácsolhatóság jó szilárdsági értékek	rossz alakíthatóság, nehezen forgácsolható, rossz villamos- vezetőképesség	Magnézium Mangán Szilícium	jó kémiai ellenállás jó alakíthatóság jó forgácsolhatóság	közepes szilárdságú értékek, gyenge villamos vezetőképesség	Réz és magnézium Horgany és magnézium	jó szilárdság, jó alakíthatóság	rossz kémiai ellenállás gyenge villa- mos vezető- képesség
Magnézium	jó kémiai ellenállás jó szilárdsági értékek jó forgácsolhatóság jó alakíthatóság	gyengébb önthetőség, gyengébb villamos vezetőképesség						
Réz, réz és nikkel	jó szilárdsági értékek jó önthetőség jó forgácsolhatóság jó alakíthatóság	rossz kémiai ellenállás, rossz villamos vezetőképesség						

Számos ipari felhasználásnál viszont a szín-alumíniumból készült tárgyak technológiai és szilárdsági tulajdonságai nem voltak kielégítőek. Bár a tiszta kohóalumíniumból készült anyagok képlékenysége, kémiai ellenállóképessége, villamos vezetőképessége kielégítő, a szízfém forgácsolhatósága, önthetősége, szilárdsága sok felhasználási terület részére nem megfelelő. A technológiai tulajdonságok javítása érdekében dolgozták ki a nagyszámú, különböző tulajdonságokkal rendelkező alumíniumötvözeteket.

A 7. táblázat a különböző főbb típusokhoz

tartozó alumíniumötvözetek áttekinthető csoportosítását és a különböző típusok technológiai előnyeinek és hátrányainak felsorolását tartalmazza.

A 7. táblázat csoportosításából megállapítható, hogy alumíniumötvözetek esetén a nagy szilárdság és a jó korrózióellenállóképesség egymásnak ellentmondó követelmény. Ezért a kémiai és élelmiszeripar a nagyszilárdságú ötvözeteket felhasználni nem tudja. Ezek az iparágak a 99,99 százalékos alumíniumon, a belőle készült ötvözeteken és a kohóalumíniumon kívül csak az alábbi könnyűfémötvözeteket használják :

8. táblázat

Öntészeti ötvözetek				Alakítható ötvözetek			
Ötvözet megnevezése	Főbb ötvözőalkatrészek és azok mennyisége %-ban			Ötvözet megnevezése	Főbb ötvözőalkatrészek és azok mennyisége %-ban		
	Si	Mg	Mn		Si	Mg	Mn
Szilumin	13	—	—	Al-Mg-Si	1	1	0,7
Szilumin-gamma	13	0,5	0,5	Al-Mg ₃	—	3	—
Al-Mg ₃	1	3,0	0,6	Al-Mg ₅	—	5	0,5
Al-Mg ₅	1	5,0	0,4	Al-Mn	—	—	1,2
Al-Mg-Si	2	1,0	0,7				

A többi könnyűfémötvözet kémiai ellenállóképessége ezeknél lényegesen kisebb és ezért ezek az anyagok a kémiai és élelmiszeriparban felhasználásra nem kerülnek.

A fémekben előforduló egyes szennyeződéseknek a különböző ötvözetek korrózióellenállására gyakorolt hatását a fémes vegyületeknek az alumíniummal szemben fellépő potenciálkülönbsége határozza meg. A 9. táblázat a különböző fémes vegyületeknek 53 g/l NaCl és 3 g/l H₂O₂ tartalmú elektrolitben 0,1 n kalomel elektródával szembeni potenciálkülönbségeit szemlélteti.

9. táblázat

Különböző fémeknek, szilárd oldatoknak és fémes vegyületeknek 0,1 n kalomel elektródával szembeni potenciálkülönbsége (elektrolit 53 g/l NaCl + 3 g/l H₂O₂)

Sorszám	Vizsgált anyag	Potenciálkülönbség V-ban
1.	(Al-Mg) (Mg ₅ Al ₈)	-1,07
2.	Al + Zn + Mg (4% MgZn ₂) szilárd oldat	-1,07
3.	(Zn-Mg) (MgZn ₂)	-1,04
4.	Al - 4% Zn szilárd oldatban	-1,02
5.	Al - 1% Zn szilárd oldatban	-1,96
6.	Al - 4% Mg szilárd oldatban	-0,87
7.	(Al-Mn) (MnAl ₆)	-0,85
8.	Nagy tisztaságú alumínium	-0,85
9.	Al + Mg + Si (1% Mg Si)	-0,83
10.	Al - 1% Si szilárd oldat	-0,81
11.	Al - 4% Cu szilárd oldat	-0,69
12.	(Al-Fe) (FeAl ₃)	-0,56
13.	Ólom	-0,55
14.	Al-Cu (CuAl ₂)	-0,53
15.	Ón	-0,49
16.	Szilícium (grafitos)	-0,26
17.	Nikkel	-0,07

A 9. táblázat adatainak figyelembevételénél megállapítható, hogy korrózióellenállás szempontjából azok a könnyűfémötvözetek fognak a

legkedvezőbben viselkedni, amelyek alkatrészeinek a szinalumíniummal szemben a legkisebb a potenciálkülönbsége. (Tehát a táblázatban 6—10 sorszámmal jelölt anyagok.) Mindazok a szennyeződések pedig, amelyek alumíniummal szemben nagy potenciálkülönbségű vegyületeket alkotnak, kémiai ellenállóképesség szempontjából károsak. A 10. táblázatban tapasztalatok és irodalmi adatok alapján a vegyi- és élelmiszeriparban használatos, jó korrózióellenállású ötvözetekben leggyakrabban előforduló szennyezések mennyiségét és azoknak a korrózióellenállásra gyakorolt hatását állítottuk össze.

A táblázatban összeállított adatok csak tájékoztató jellegűek. Egy kérdéses anyagnak meghatározott közegben való viselkedését a fém összetételén kívül hőkezelési állapota, a hatóközeg töménysége, tisztasága, hőfoka, a szerkezet kivitelezése és beépítési körülményei határozzák meg.

b) A kristályszerkezet és előzetes hőkezelés befolyása az alumíniumötvözetek korrózióellenállására. Amint azt már előbb a kohóalumínium szennyezőinek ismertetésénél megállapítottuk, a könnyűfémek kémiai ellenállóképességét hőkezeléssel nagymértékben befolyásolni lehet. Erre jellemző példa a Si viselkedése (l. 6. táblázatot). Hasonló a helyzet a nagyobb magnéziumtartalmú ötvözeteknél is. Itt a korrózióellenállás szempontjából káros szennyeződés az Al₂Mg₃ és Mg₅Al₈, amely fémes vegyületeknek az alumínium alapanyagánál lényegesen negatívabb a potenciálja. Ezért minden olyan hőkezelési állapot veszélyes, amely alkalmával a magnéziumaluminidek a kristályszerkezetben belül tömörülhetnek és nagyobb göcöket alkothatnak. Az AlMg₃-nál a magnéziumnak az alumíniumban szobahőfokon való aránylag nagy oldhatósága miatt ez a veszély nem áll fenn. (Az alumínium 150—200° C-on kb. 3%, 20° C 1,7—2,5% Mg-t képes oldatban tartani.) 5%

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉMCOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

57. szám

Nagyobb vastartalmú, mangánnal ötvözött alumíniumlemezek mélyhúzóhatóságának vizsgálata

HALMOS GYÖRGY

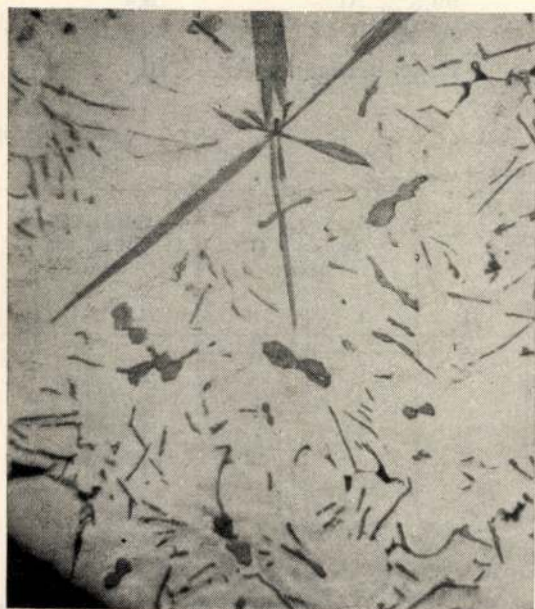
Халмош Дерд:

ИСПЫТАНИЕ АЛЮМИНИЕВЫХ ЛИСТОВ С БОЛЬШИМ СОДЕРЖАНИЕМ ЖЕЛЕЗА, ПЛЕГИРОВАННЫХ МАРГАНЦЕМ, НА ГЛУБОКУЮ ТЯГУЧЕСТЬ.

Ismeretes, hogy az alumínium ötvözői, ill. szennyezői a lemezek mélyhúzóhatóságát általában rontják. A szennyezők közül a vas 0,5% alatt az anyag alakíthatóságát nem befolyásolja lényegesen, azonban kb. 0,5% felett a nyúlás és a mélyhúzóhatóság nagy mértékben romlik. Ez elsősorban a kivált $AlFe_3$ fémes vegyület túalakú kristallitjainak tudható be.

A hazai kohókban termelt alumínium jobb kihasználása, valamint az alumínium hulladék gazdaságosabb felhasználása érdekében a Fémipari Kutató Intézet laboratóriumi és üzemileg megvizsgálta a nagyobb vastartalmú (0,5–1,0% Fe) alumíniumnak félgyártmány gyártására történő alkalmassá tételét. Irodalmi adatok szerint

a kivált $AlFe_3$ tűknek káros hatását bizonyos határok között mangán adagolásával ki lehet egyensúlyozni. Mn hatására az $AlFe_3$ túalakú kristályai (1. ábra) helyett Al-Mn-Fe háromalkotós vegyület rombusz alakú kristályai keletkeznek (2. ábra), amely kristály módosulat utó-



1. ábra. Vas szennyezés hatására kialakult $AlFe_3$ túalakú kristallitjai. 300 ×



2. ábra. Mangánnal történő ötvözés után kialakult Al-Mn-Fe három alkotós vegyület kristallitjai. 150 ×

lagos megmunkálás szempontjából lényegesen előnyösebb, mint a túalakú, rideg kemény $AlFe_3$ fázis.

Ezek ismeretében kezdtük meg a nagyobb vastartalmú, mangánnal ötvözött alumíniummal lefolytatott kísérleteinket.

Kísérleti anyag legyártása

A kiinduló tömb összetétele az alábbi volt:

Cu	nyomok
Fe	0,89%
Si	0,17%
Mg	0,12%

A megömlesztett anyagot 10%-os mangános előötvözzel ötvöztük, a leöntött tömbök, illetve lemezek összetétele a következő lett:

Cu	nyomok
Fe	0,87%
Mn	0,55%
Si	0,25%
Mg	nyomok

Az öntési hőmérséklet 710—720 C° volt. Az adagból 60 kg-os „H” tömböket öntöttünk. Meleghengelés előtt a hengerlési tuskó előmelegítése a tiszta alumíniumnál megszokottnál nagyobb hőmérsékleten, 500 C°-on, légkavarásos kemencében történt. A meleghengelés alkalmával, melynek hőmérséklete 470—480 C° volt, a 120 mm vastag tömböt 9,5 mm vastag, 1050 mm széles csikká hengereltük. Hengerlés közben az anyag semmiféle felületi repedést nem tapasztaltunk.

A 9,5 mm vastag csíkot méretre vágás után lágyítás nélkül, hidegen 2,2 mm-re hengereltük. 360 C°-on történő lágyítás után a készhengelés 1 mm-re történt. A kész lemezeket 360 C°-on újra kilágyítottuk.

Laboratóriumi mérések

A Fémipari Kutató Intézetben végzett mérési sorozatok célja a nagyobb vastartalmú, mangán adagolásával javított alumíniumlemezek mélyhúzóhatóságának összehasonlítása volt a 99,5% és 99,3% tisztaságú fémből készült, valamint az Al-Mg-Si típusú ötvözetekből készített lemezekkel. Amint azt a mérések is bizonyítják, a mangán adagolásával javított, nagyobb vastartalmú alumínium lemezek szilárdsági és megmunkálhatósági értékei a szokásos 99,3% alumíniumból gyártott lemezkével azonosak vagy azoknál jobbak, ezekből a szempontokból általában a 99,5%-ossal egyenértékűek. A méréseket 1 mm-es, azonos körülmények között lágyított lemezekon végeztük.

Összetétel és szilárdsági tulajdonságok:

A laboratóriumi kísérletekhez felhasznált lemezek összetétele az 1. táblázatban, szakítószilárdsága és keménysége a 2. táblázatban látható.

1. táblázat
Kísérleti lemezek összetétele

Anyag	Cu	Mn	Fe	Mg	S
99,5% Al	—	—	0,25	—	0,19
99,3% Al	—	0,07	0,41	nyom	0,20
Al-Mg-Si	nyom	0,65	0,42	1,02	1,03
Vasas-mangános Al	nyom	0,55	0,87	nyom	0,25

2. táblázat

Kísérleti lemezek szilárdsági tulajdonságai*

Anyag	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_{10} %	H _B kg/mm ²
99,5% Al	4,5	9,4	37,1	19,5
99,3% Al	4,6	9,8	28,9	24,9
Al-Mg-Si	5,5	12,2	30,4	38,0
Vasas-mangános Al	4,7	9,1	32,9	25,8

* Szakítás keresztirányú próbatesten.

Lemezek mélyhúzási vizsgálata:

360 C°-on 6 óra hosszat lágyított lemezek Erichsen mélyhúzási vizsgálata:

Anyag	Erichsen-érték
99,5% Al	11,3
99,3% Al	9,4
Al-Mg-Si	8,9
vasas-mangános Al	10,7

3. táblázat

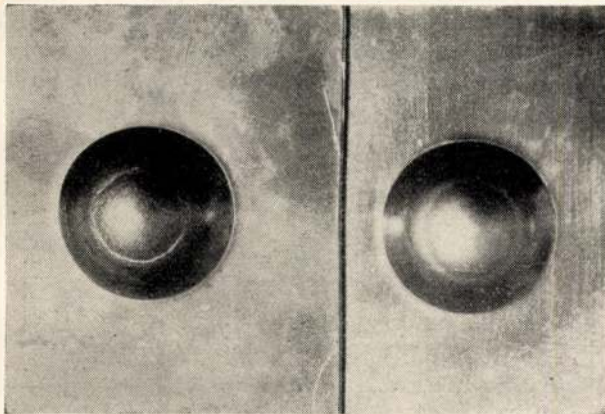
Guillery vizsgálat eredménye

Kiinduló tárcsa átmérő	99,5 Al húzás		99,3 Al húzás		Al-Mg-Si húzás		Vasas-mangános Al húzás		Vasas-mangános Al 0,5 mm. húzás	
	I	II	I	II	I	II	I	II	I	II
55 mm	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
64 mm	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
70 mm	—	—	—	—	—	—	—	—	+	+

+ húzható
— szakadt

Üzemi mélyhúzási vizsgálatra előkészített 0,5 mm-re lehengerelt és 4 óra hosszat 360 C°-on kilágyított vasas-mangános Al-lemezből kb. 50% selejttel 70 mm-es tárcsából is lehetett 2 fokozatban csészikét húzni. A 0,5 mm vastag lemez szilárdsági tulajdonságai az 1 mm-esével megegyezők, Erichsen értéke 9,57 mm.

A vasas-mangános Al-lemez mélyhúzott felülete a másik háromnál durvább, de még eléggé finomnak mondható. A 3. ábrán a 99,3%-os és a vasas-mangános Al-lemezek Erichsen-vizsgálat utáni képe látható.

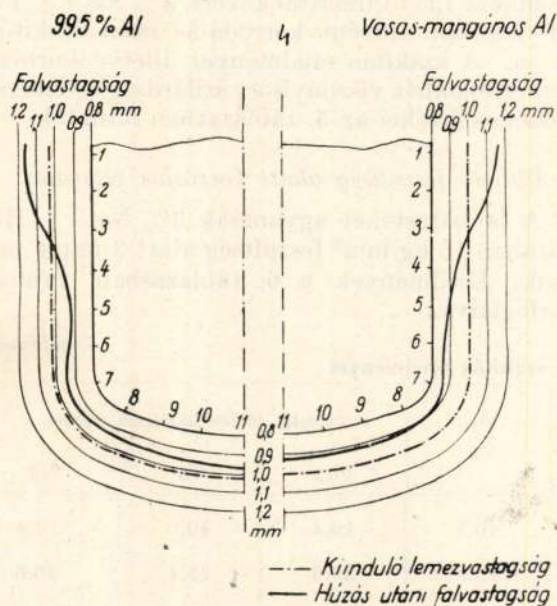


3. ábra.

Baloldalt a 99,3%-os alumínium, jobboldalt a vasas-mangános lemez Erichsen-próbájának felülete

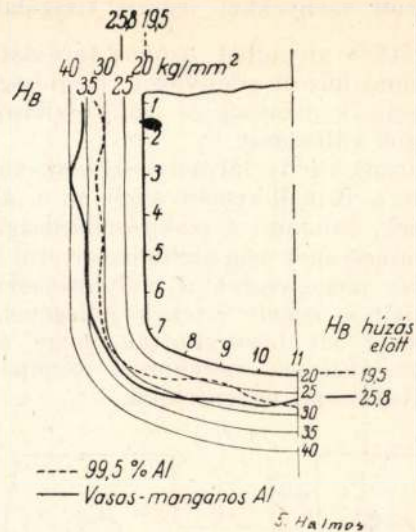
Guillery mélyhúzási vizsgálat
(csészike-próba)

Kiinduló tárcsaátmérők $D = 55, 64$ és 70 mm, az első húzásnál a bélyeg átmérő $d = 33$ mm, a második húzásnál $25,8$ mm. Így az első húzásra a három tárcsából $\frac{d}{D} = 0,6, 0,515$ és $0,482$ viszonzyszám adódik. A vizsgálatok során a négyféle 1 mm-es anyag egyformának mutatkozott.



4. ábra.

A húzott edény falvastagságának változása

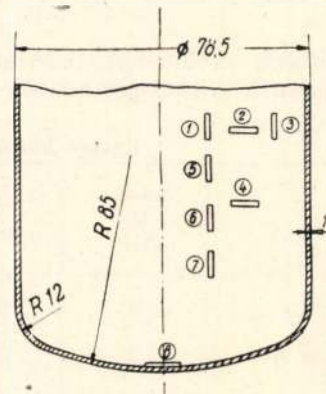


5. ábra. Keménység változása a húzott edény falán

Üzemi vizsgálat

Az összehasonlító mélyhúzási vizsgálatokhoz a laboratóriumi mérésekhez használt 1 mm-es, lágy, mangánnal ötvözött vasdús alumínium és $99,5\%$ -os alumínium lemezt használtunk. A húzásokat egy 80 t-ás, kettős ütemű, merev ráncartós mélyhúzó sajton végeztük. A húzógyűrű átmérője $78, 12$ mm, legömbölyítési sugara 9 mm, a nyomófej bélyegátmérő $76,305$ mm. A húzott darab met-szete a 6. ábrán látható. Vizsgálat során különböző átmérőjű tárcsákból indultunk ki, hogy az összehasonlítás során megállapítható legyen, melyik az a legnagyobb tárcsaátmérő, amelyből még szakadás nélkül, ép edény húzható. A kb. 40 elvégzett húzásból kiderült, hogy az adott szerszámmal a még mélyhúzható legnagyobb tárcsaátmérő $99,5\%$ -os Al esetében 157 mm, vasas-mangános Al lemeznél 160 mm, ami $\frac{d}{D} = 0,486$, illetve $0,476$

aránynak felel meg. Így az üzemi kísérlet során is bebizonyosodott, hogy a mangán ötvözéssel javított tulajdonságú nagyobb vastartalmú alumínium lemez a $99,5\%$ -os alumínium lemezzel azonos mértékben mélyhúzható.

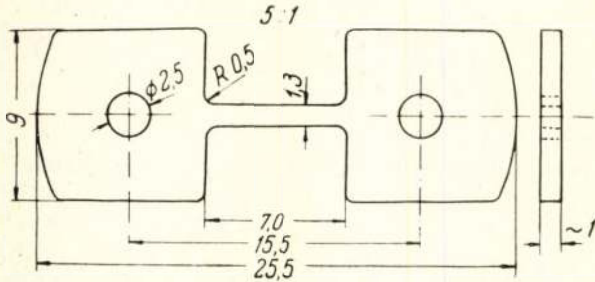


6. ábra. A mélyhúzott edény méretei és a szakítópróba-testek helye

Húzott edényekkel végzett vizsgálatok

A kétféle anyagból, azonos tárcsaátmérőből (\varnothing 156 mm) húzott edényeken megvizsgáltuk a falvastagság, keménység és szakítószilárdsági tulajdonságok változását.

A húzott edény falvastagságának változását a 4. ábra, a Brinell-keménységét az 5. ábra mutatja. Ezek, valamint a szakítószilárdsági vizsgálatok — amelyeket még alább ismertetni fogok — egyúttal megegyeztek a mélyhúzásoknál már irodalomból is ismert értékek jellegével, külön-külön pedig azt bizonyították, hogy a vas-mangános Al-lemez mélyhúzási szempontból a 99,5% Al-lemezzel egyenértékű.



7. ábra. Mikroszakító próbatestet

A mélyhúzott edényből a 6. ábrán megjelölt helyekről mikroszakító próbatesteket készítettünk. A mikroszakító próbatesteket, melyeknek mérete a 7. ábrán látható, egy Chevenard mikroszakító gép 40 kg-os rúgójával szakítottuk el. A szakítás eredménye a 4. táblázatban látható.

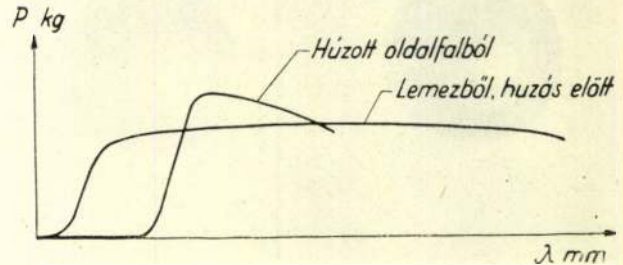
4. táblázat

Mélyhúzott edény falának szilárdsági adatai

	99,5 % Al			Vasas-mangános Al		
	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_5 %	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_5 %
1	11,7	12,8	13,5	12,5	13,4	11,0
2	12,1	12,6	12,5	12,1	12,9	10,5
3	10,5	11,6	14,2	13,0	13,7	11,7
4	10,9	11,9	13,2	11,5	12,0	11,6
5	11,0	11,3	12,6	12,1	12,4	11,2
6	10,5	11,3	13,7	11,8	12,4	11,2
7	11,0	11,5	13,2	10,6	11,2	12,1
8	6,7	8,3	25,5	6,8	9,1	24,9

A szakítások eredményei szerint a húzott edény oldalfalán a szilárdsági adatok gyakorlati-

lag végig állandóknak vehetők, a fenékből kivágott próbatestet tulajdonságai az eredeti, lágy lemez tulajdonságaihoz állanak közelebb. Összehasonlítás céljából közöltem a 8. ábrát, melyen a lágy lemez és a húzott oldalfal szakító diagrammja látható. Ezen az alakítás okozta szakítószilárdság növekedés és nyúlás csökkenés jól megfigyelhető. A vas-mangános Al-lemezek jelentéktelenül nagyobb szilárdsága és kisebb nyúlása a két anyag mélyhúzás után is közel egyenlő mechanikai tulajdonságait bizonyítja.



8. ábra. Összehasonlító szakítódigrammok

Korróziós vizsgálat

Alumínium-mangán ötvözetek jó korrózióállóságát, valamint az alumínium ötvözetekben a vas erős korrózióérzékenységet növelő hatása ismeretében, felmerült a kérdés, hogy az általunk vizsgált 0,55% Mn és 0,87% Fe tartalmú alumínium korrózió behatására miként viselkedett.

Ennek megállapítására az alábbiakban ismertetett három féle korróziós vizsgálatot végeztük, melyeknél összehasonlítás alapul a mélyhúzási kísérleteknél már ismertetett összetételű 99,5%-os alumínium szolgált.

Keverő korróziós vizsgálat

A vizsgált próbatesteket 3, illetve 6 hónapig percnként 135 fordulattal kevert, 3% NaCl + 1% HCl oldatban történt korrodálás után szakítottuk el. A szakítás eredményei, illetve korrózió előtti értékekhez viszonyított szilárdság csökkenés százalékos értékei az 5. táblázatban láthatók.

Állandó feszültség alatti korróziós vizsgálat

A próbatesteket ugyancsak 3% NaCl + HCl oldatában 15 kg/mm² feszültség alatt 3 napig tartottuk. Eredmények a 6. táblázatban vannak összefoglalva.

5. táblázat

Keverő korróziós vizsgálat utáni szakítás eredményei

Anyag	Kísérleti idő nap	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_{10} %	Szilárdsági adatok százalékos csökkenése		
					$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_{10}
99,5%-os Al	3	3,3	7,8	40,1	19,4	10,0	+ 7,4
Vasas-mangános Al . . .	3	3,1	6,6	19,6	33,6	27,4	40,6
99,5%-os Al	6	2,8	7,3	36,9	31,6	16,2	1,1
Vasas-mangános Al . . .	6	2,1	4,8	24,0	54,9	46,7	27,1

6. táblázat

Anyag	Kísérleti idő nap	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_{10} %	Szilárdsági adatok százalékos csökkenése		
					$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_{10}
99,5% Al	3	2,8	8,3	40,1	30,6	4,6	+ 7,4
Vasas-mangános Al ..	3	3,3	7,1	32,8	30,0	22,0	0,4

Termikus Mylius próba

A vizsgálatot szabványos U alakú próbatesten 10% HCl-ben végeztük. A hőszigetelt edényben percnként mértük a folyamat során felszabadult hőokozta hőmérsékletemelkedést a hőmérséklet kezdődő csökkenéséig. A kapott értékek Al-Cu-Mg és Al-Mg-Si ötvözetekkel is összehasonlítva a 7. táblázatból illetve a 9. ábrán láthatók.

7. táblázat

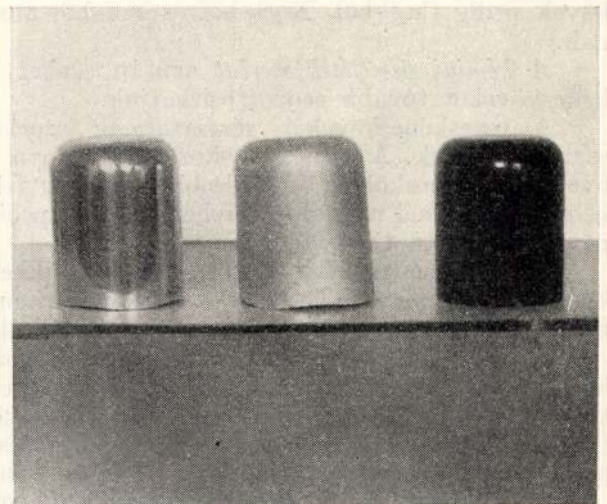
Mylius számok
Hőfok emelkedés/perc

Anyag	Mylius szám
99,5% Al	3,34
Vasas-mangános Al	5,59
Al-Cu-Mg (nemes)	5,91
Al-Mg-Si	3,63

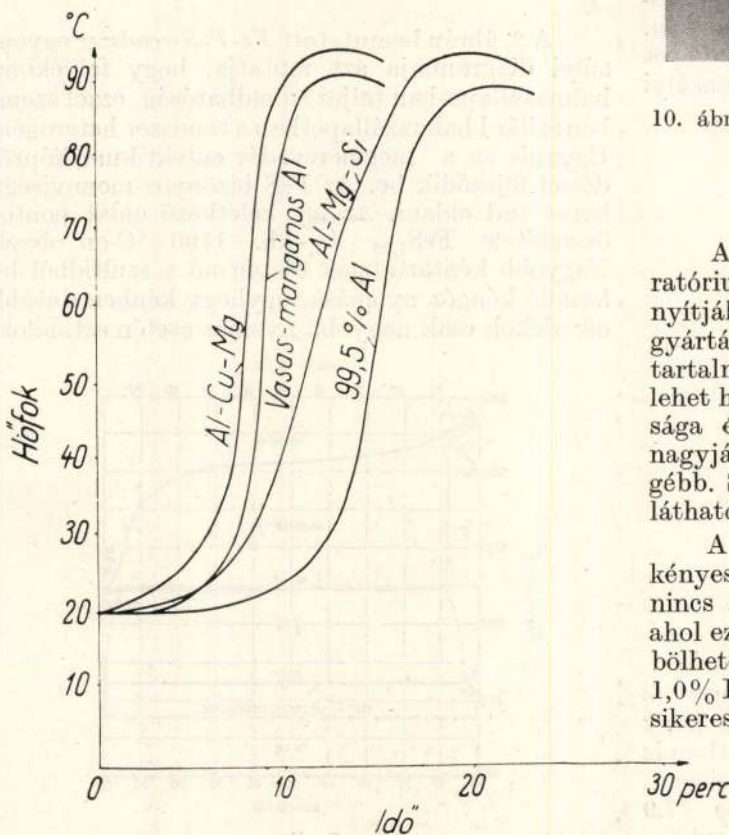
A három korróziós vizsgálatból kitűnik, hogy az ötvözet viszonylag nagy Fe tartalma miatt a korrózióállóság a 99,5%-os alumíniumnál rosszabb, bizonyos jellegben az Al-Cu-Mg ötvözetekhez közelebb álló, de annál jobb. Természetesen a korrózióállóság megfelelő felületkezeléssel jelentékeny mértékben javítható.

Felületkezelés

A Guillery-vizsgálat során két fokozatban 0,5 mm-es lemezből mélyhúzott csészék egyes darabjait mechanikusan fényeztük anodikusan oxidáltuk, illetve beégetéssel feketére lakkoztuk. Ezen próbák szerint a mélyhúzott vasas-mangános alumínium tárgyak felületén anodikus oxidáció alkalmával kielégítő minőségű oxidhámot lehet kialakítani és célszerű kezeléssel a kívánalmaknak megfelelő felület kapható (10. ábra.).



10. ábra. Mechanikusan fényezett, anodikusan oxidált és feketére lakkozott csészikék



ÖSSZEFOGLALÁS

A Fémipari Kutató Intézet által végzett laboratóriumi és üzemi kísérletek eredményei azt bizonyítják, hogy mangánnal történő ötvözéssel lemezgyártási, illetve mélyhúzási célokra nagyobb vastartalmú, gyengébb minőségű alumíniumot is fel lehet használni. Ennek az anyagnak mélyhúzhatósága és szilárdsága a 99,5%-os alumíniuméval nagyjából megegyezik, míg korrózióállósága gyengébb. Szükség esetén megfelelő felületi kezeléssel látható el.

A vizsgálatok szerint mindazokon a kevésbé kényes alkalmazási területeken, ahol a kész darab nincs erősebb korróziós hatásnak kitéve, illetve ahol ez a hatás megfelelő felületkezeléssel kiküszöbölhető, a 99,5%-os alumínium helyett a 0,5–1,0% Fe tartalmú, mangánnal ötvözött alumínium sikeresen felhasználható.

9. ábra. Termikus Mylius-vizsgálati görbék

A kéneskőre vonatkozó legújabb ismeretek

HORVÁTH ZOLTÁN egyetemi docens, a műszaki tudományok kandidátusa

Золтан Хорват, кандидат технических наук:
НОВЕЙШИЕ СВЕДЕНИЯ ОТНОСИТЕЛЬНО ШТЕЙНА

Kéneskőnek az olvasztásnak azt a termékét nevezzük, amelyik olvadt állapotban különböző fémszulfidok oldatából áll. Ezeket a kénesköveket különböző szempontok szerint osztályozhatjuk.

A bennük lévő értékes fém szerint megkülönböztetünk rezeskéneskövet, nikkelkéneskövet, ólmos-rezeskéneskövet és rezes-nikkelkéneskövet. Ezek közül a rezeskéneskövek túlnyomó részt Cu_2S -ből és FeS -ből állanak, a nikkelkéneskövek fő alkotórésze az Ni_3S_2 és az FeS , az ólmos-rezeskéneskövek a Cu_2S -en és FeS -en kívül PbS -t és színlómot is tartalmaznak, a rezes-nikkelkéneskövek pedig Cu_2S -ből, Ni_3S_2 -ből és FeS -ből állanak.

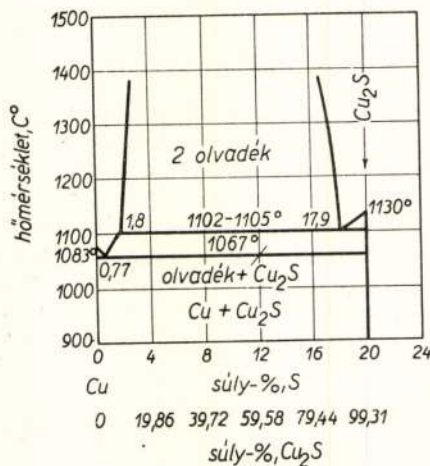
A kémiai összetétel szerint azután ezeket a kénesköveket tovább csoportosíthatjuk.

A rezeskénesköveket réztartalmuk szerint osztályozhatjuk. A réznek vashoz való aránya a nyers rezeskéneskőben 1-nél kisebb, a koncentrált kéneskőben 1-nél nagyobb, a fehér kéneskő pedig majdnem tiszta Cu_2S -ből áll.

A nikkelkéneskövek közül a nyers nikkelkéneskő Ni_3S_2 mellett FeS -t is tartalmaz, a finom nikkelkéneskő pedig túlnyomó részt Ni_3S_2 -ből áll.

Az ólmos-rezeskénesköveket úgy osztályozhatjuk, mint a rezeskénesköveket; a rezes-nikkelkéneskövek közül a nyers rezes-nikkelkéneskő Cu_2S -t, Ni_3S_2 -t és FeS -t tartalmaz, a finom rezes-nikkelkéneskőben pedig csak Cu_2S és Ni_3S_2 van.

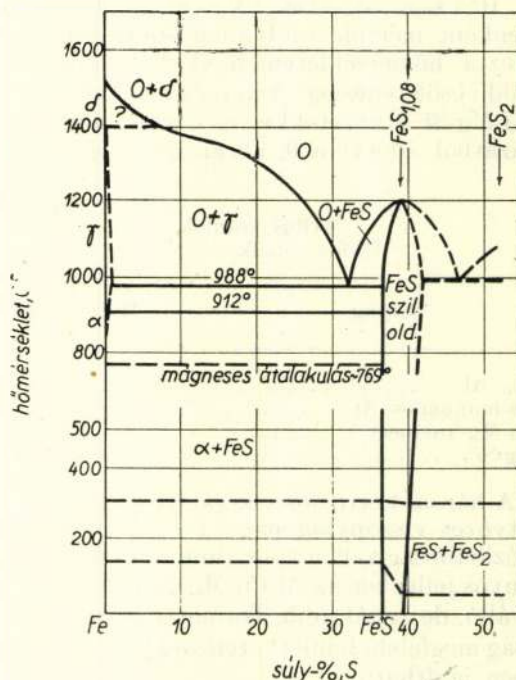
A továbbiakban a kéneskövekben szerepet játszó binér és ternér rendszerek egyensúlyi diagramjait mutatjuk be.



1. ábra.

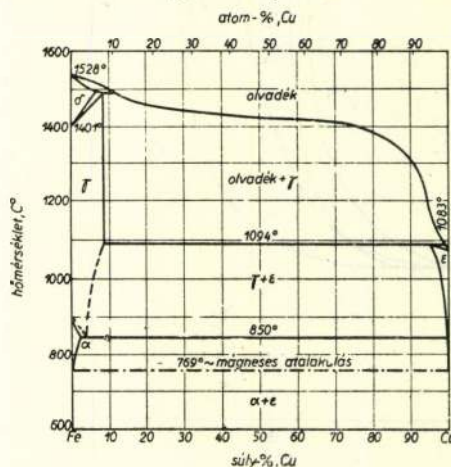
Az 1. ábrán a $\text{Cu-Cu}_2\text{S}$ -rendszer szolidusz- és likvidusz-görbéit láthatjuk. Ebből kitűnik, hogy a Cu és a Cu_2S még folyékony halmazállapotban is csak korlátozott mértékben oldódik egymásban. Éppen ezért az 1,8 súly%-nál több, de 17,9 súly%-nál kevesebb kenet tartalmazó összetéte-

leknél, 1105°C felett lévő hőmérsékleten két folyékony fázis különül el. A hőmérséklet csökkenésekor a szilárd halmazállapotban való átmenet a 0,77% kenet tartalmazó és 1067°C -on olvadó eutektikum megdermedésével fejeződik be.



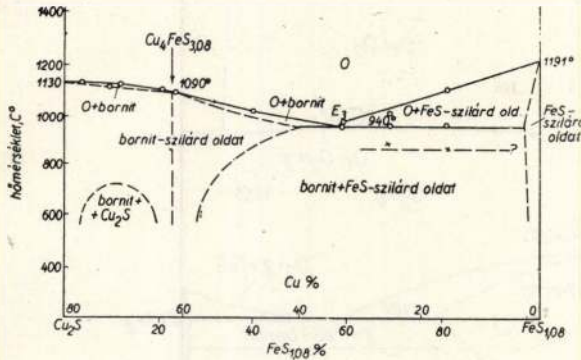
2. ábra.

A 2. ábrán bemutatott Fe-FeS -rendszer egyensúlyi diagramja azt mutatja, hogy folyékony halmazállapotban teljes az oldhatóság, ezzel szemben szilárd halmazállapotban a rendszer heterogén. Ugyanis az a megmerevedés eutektikum képződéssel fejeződik be. Az FeS bizonyos mennyiségű kenet tud oldani. Az így keletkező oldat pontos összetétele $\text{FeS}_{1,08}$ és kb. 1190°C -on olvad. Nagyobb kén tartalmak esetén nő a szulfidból lehasadó kén gőz nyomása, úgyhogy kénben dúsabb olvadékok csak nagyobb nyomás esetén sztabilok.



3. ábra.

A réz-vas-rendszer (3. ábra) folyékony halmazállapotban minden összetételnél homogén. A lehűlés során a vasban dús olvadékból és a priméren kiváló δ -vasból peritektikus reakció közben aránylag rézben dús γ -vas keletkezik. Az utóbbi a rézben dús olvadékkal ε -fázist alkot. A γ - α - átalakulás eutektoidos.



4. ábra.

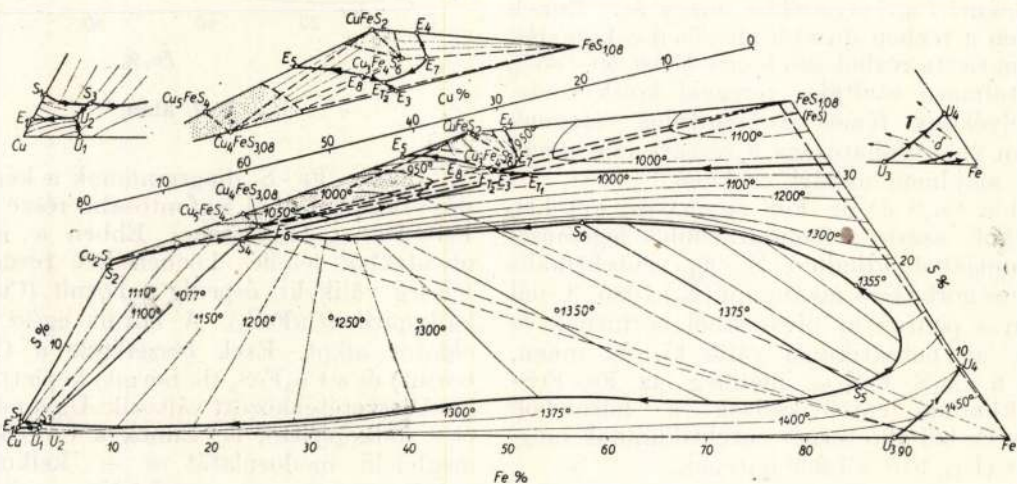
A kvaternér diagramm negyedik oldala, a Cu_2S - $FeS_{1,08}$ -rendszer egyensúlyi viszonyait a 4. ábrából állapíthatjuk meg. E szerint közönséges nyomáson és nem túl magas hőmérsékleten az aránylag sztabilis Cu_2S és FeS határolja a binér rendszert. Közbülső koncentrációnál már igen sokan vizsgálták a viszonyokat, de a kísérleti nehézségek, elsősorban az előforduló termikus disszociációk miatt különböző eredménnyel. A legújabb és legmegbízhatóbb vizsgálatok szerint (4. ábra) ebben a rendszerben találjuk a 2 Cu_2S , FeS , illetve Cu_4FeS_3 összetételű vegyületet: a bornitot. Ez 1090 °C-on olvad és 700 °C felett a Cu_2S -ben jól oldódik. Ez alatt a hőmérséklet alatt azután a Cu_2S és Cu_4FeS_3 egymástól elkülönül és az idáig homogén rendszer heterogénné válik. A bornit az FeS -sel 940 °C-on olvadó eutektikumot alkot és magasabb hőmérsékleten elég sok ferroszulfidot tud oldani. Ez az oldóképesség azonban a hőmérséklet csökkenésekor rohamosan csökken. Az FeS -ben csak kevés Cu_4FeS_3 oldódik.

Most vizsgáljuk a Cu - Fe - S ternér-diagramm egy részét (5. ábra). Ez a Cu - Cu_2S - $CuFeS_2$ - $FeS_{1,08}$ - Fe -sokszög által határolt területben a likvidusfelületeknek a koncentrációkat feltüntető síkra való vetületét mutatja. Ebből az izomtermák segítségével tetszés szerinti összetételeknél a megmerevedés kezdő, illetve az olvadás befejező hőmérsékletét, valamint az olvadékkal egyensúlyban lévő szilárd fázisok összetételét és mennyiségét határozhatjuk meg.

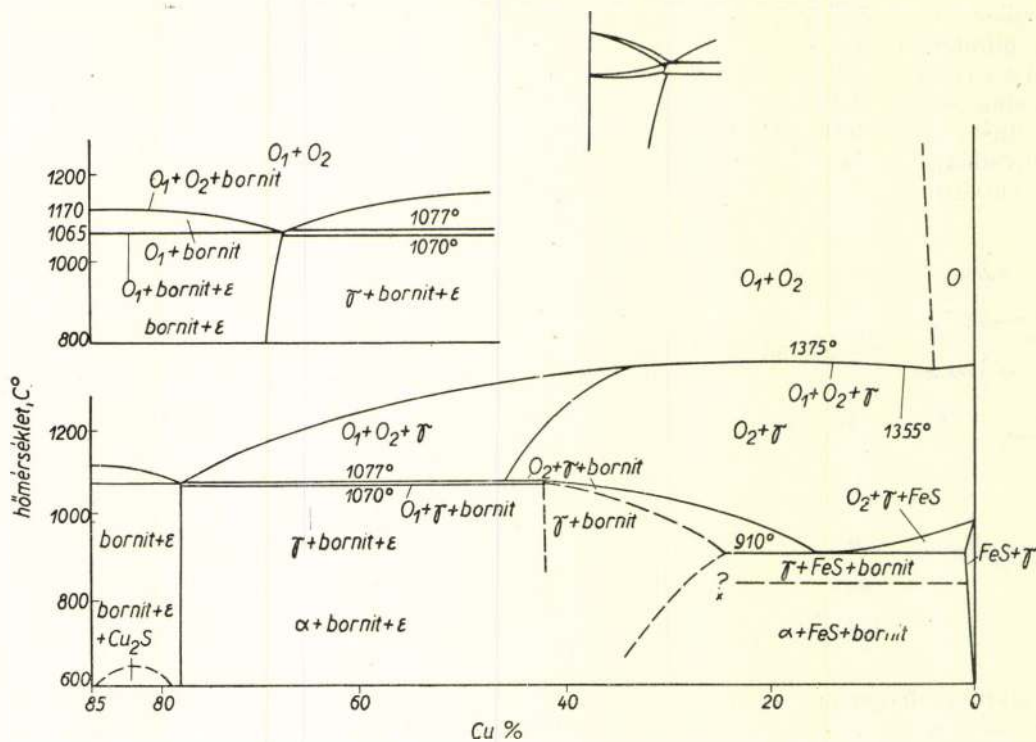
A Cu - Cu_2S - $FeS_{1,08}$ - Fe -részterületben az az oldhatatlansági terület a legjellemzőbb, amelyik a Cu - Cu_2S -rendszerből indul ki. Mivel a vasnak magas az olvadáspontja és az Fe - Cu -rendszerben a likvidusgörbe lapos, azért az oldhatatlansági terület aránylag magas hőmérsékleteken is megtalálható. Az említett okok miatt az olvadékból lehűléskor mindig Fe válik ki és azok a felületek, amelyek vasnak, réznek, Cu_4FeS_3 -nak és FeS -nek a primér kristályosodást ábrázolják, a Cu_2S - $FeS_{1,08}$ -oldal, illetve a Cu sarok felé lejtnek.

A 6. ábra az 5. diagrammnak a Cu - Fe -oldalal párhuzamos függőleges metszetét mutatja. Az oldhatatlansági területben a megmerevedés túlnyomórészt γ - Fe -nek, a rézben dúsabb koncentrációnál pedig bornitnak a kiválásával kezdődik. A kristályosodás hőmérséklete nagy vas-tartalom esetén csak kis mértékben változik a koncentrációval és általában 1300 - 1375 °C között mozog. A réztartalom növekedésével azután csökkenni kezd ez a hőmérséklet és 80%-ot megközelítő réztartalom esetén 1077 °C lesz. Ezen a hőmérsékleten négy fázis van egymással egyensúlyban, éspedig az O_3 és O_4 folyékony fázisok, valamint a szilárd γ - Fe és bornit.

Az a szolidusfelület alatt elhelyezkedő tér, amelyben egyidejűleg két olvadék és egy szilárd fázis (vas) található, a vasban dús koncentrációnál igen kis hőmérsékletetásközre korlátozódik. Éppen ezért lehűlés közben az egyik folyékony fázis, éspedig a fémolvadék igen gyorsan merevedik meg, míg a másik: a szulfidréteg további vas-kiválás közben még sokáig folyékony marad és



5. ábra.



6. ábra.

csak aránylag alacsony hőmérsékleten, legnagyobb részt a 910 °C-nál fekvő ternér-eutektikum hőmérsékletén szilárdul meg.

Rézben dúsabb összetételeknél a két folyékony fázis egyszerre merevedik meg, és pedig a szulfidfázis 1077, a fémfázis pedig 1070 °C-on.

Most nézzük újból az 5. ábrát és vizsgáljuk az oldhatatlansági területbe eső összetételeknél az egyensúlyi viszonyokat a vasban dús terület-részből kiindulva és a növekvő réztartalmak felé haladva.

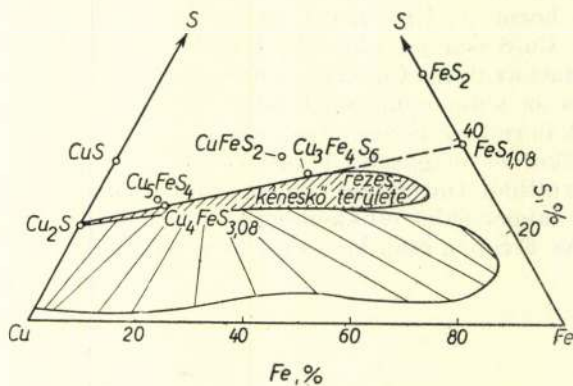
Nagyobb vaskoncentrációknál a réz a szulfidrétegben, a vas pedig a fémes fázisban dúsul fel erősen. A közepes rézkoncentrációk felé haladva, a fémfázisban nő a rézkoncentráció, ezzel szemben a szulfidos réteg, amelynek összetétele közel van a $Cu_4FeS_{1,08}$ összetételéhez, réztartalma igen keveset változik és végül majdnem azonos fémösszetételeknél Cu_2S -olvadékba megy át. Ennek megfelelően a rézben dúsabb mezőben a konódák a majdnem tiszta rézből álló fémes fázist 50–65% rezet tartalmazó szulfidos réteggel kötik össze.

A folyékony fémes és szulfidos rétegnek egymásban való oldhatósága a réztartalom növekedésével majdnem nullára csökken.

Mivel a Cu_2S és az FeS egymással autektikumot alkot, azért a szoliduszfelület legalacsonyabb pontjából kiinduló S_4-E_4 - eutektikális maximumos görbe és a maximum (E_6) 1085 °C-nál van. Ezen a ponton az olvadékból bornitnak és γ -Fe-nek az eutektikuma válik ki. Az innen, valamint a $Cu_2S-FeS_{1,08}$, illetőleg az $Fe-FeS$ -oldalról kiinduló eutektikálisok a bornitból, FeS -ból és Fe -ből álló ternér eutektikumnak megfelelő pont (E_{T1} , 910 °C) felé lejtenek.

Megmerevedés után 900 °C-on a 7. ábra mutatja az egyensúlyi viszonyokat. E szerint vas-

ban, illetőleg FeS -ben dús koncentrációknál γ -Fe, FeS és Cu_4FeS_3 található egymás mellett. Közepes réztartalmaknál a γ -Fe és Cu_4FeS_3 fordul elő együtt, azután γ -Fe, bornit és ϵ -Cu, végül nagy Cu-, illetőleg Cu_2S -koncentráció esetén ϵ -Cu és Cu_4FeS_3 van egymás mellett.

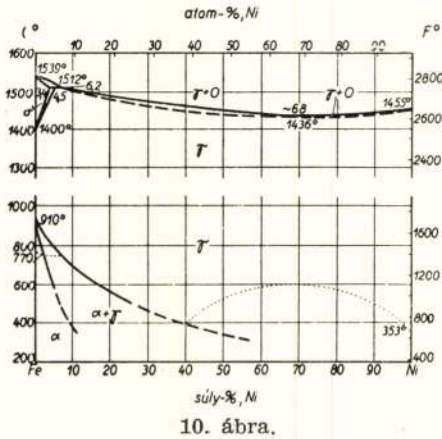


7. ábra.

A Cu-Fe-S diagrammnak a kéneskőképződés szempontjából legfontosabb része a $Cu_2S-CuFeS_2-FeS_{1,08}$ háromszög. Ebben a mezőben az olvadékból lehűlés közben két ternér kristályféleség válik ki, és pedig a bornit (Cu_4FeS_3) és a kalkopirit ($CuFeS_2$). A bornit egész sor szilárd oldatot alkot. Ezek összetétele a Cu_5FeS_4 - (a. bornit) és a Cu_4FeS_5 (b. bornit)-képletel jellemezhető összetétel között változik. Ugyanez mondható el a kalkopiritről is. Ennek a $CuFeS_2$ képletnek megfelelő módosulatát a — kalkopiritnek, a $Cu_3Fe_4S_6$ -képletnek megfelelőt pedig b-kalkopiritnek nevezték el. A kubanit ($CuFe_2S_3$), valle-

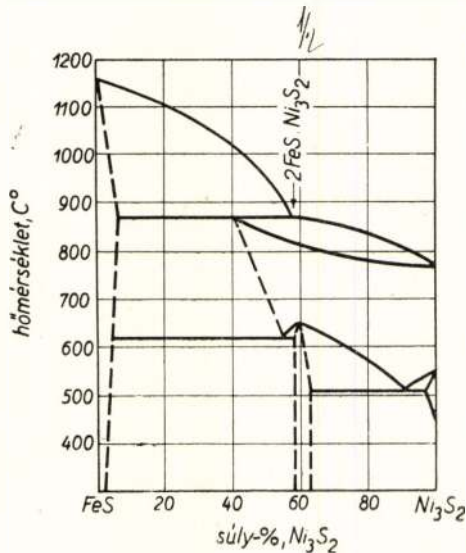
állapotban lejátszódó reakciók terméke jelenik meg.

A 9. ábra az *Ni-S*-rendszer egyensúlyi viszonyairól tájékoztat. E szerint a kénben szegényebb olvadékból először Ni (α -fázis), a végén pedig nikkelnél és valamennyi nikkelt oldva tartalmazó Ni-S-vegyületnek (β -fázis) az eutektikuma kristályosodik.



10. ábra.

A β -fázis azután 532 °C-on eutektoidosan α -fázisra és egy másikra esik szét. Az utóbbi vagy Ni_3S_2 (γ -fázis) vagy NiS. A S-ben dúsabb olvadékokból először a β -fázis, azután az eutektikum válik ki. A rendszernek 28%-nál több kén tartalmazó részét nem ismerjük pontosan. Csak annyit tudunk pontosan, hogy az NiS és NiS_2 egész sor szilárd oldatot alkot.



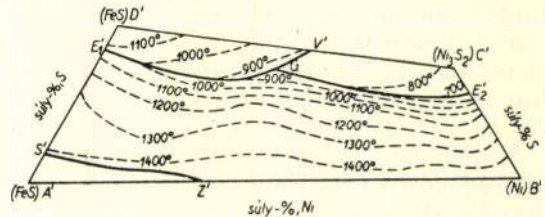
11. ábra.

A vas-nikkel-rendszerben (10. ábra) folyékony halmazállapotban teljes az oldhatóság. Szilárd halmazállapotban is majdnem ez a helyzet. A vasban dús koncentrációknál a lehűlés során először kristályosodik és maximum 3,4% nikkelt oldó δ -Fe peritektikus reakció közben alakul γ -Fe-vé.

Az Ni_3S_2 - FeS -rendszerben (11. ábra) találjuk a $2 FeS \cdot Ni_3S_2$ összetételű vegyületet. Ez olva-

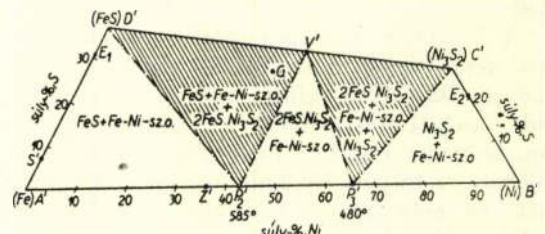
dáskor elbomlik és magasabb hőmérsékleten aránylag tág koncentrációhatárközben szilárd oldatot alkot az Ni_3S_2 -vel.

A 12. ábra az *Fe-Ni-S*-rendszernek az Fe-FeS, FeS- Ni_3S_2 , Ni_3S_2 -Ni és Ni-Fe binér rendszerek által határolt részét mutatja be. A diagrammon a folytonos vonalak a likviduszfelületeknek egymással, a szaggatottak pedig az



12. ábra.

izotermás síkokkal való metszészvonalaikat jelentik. Az ábrából láthatjuk, hogy ebben a rendszerben folyékony halmazállapotban teljes az oldhatóság. A lehűlés során azután az A'-S', S'-Z' és Z'-A' görbékkel határolt részben kevés nikkelt oldó vas kristályosodik priméren. Alacsonyabb hőmérsékleten azonban rohamosan csökken a vasnak a ferroszulfidoldóképessége, úgyhogy a szilárd oldatból FeS válik ki. Az E'-D'-V'-G'-E területében először vagy FeS, vagy pedig kettősszulfid merevedik meg, és a kristályosodás az FeS-ből és szilárd vas-nikkel oldatból álló eutektikum kiválásával folytatódik. Az E'-C'-V'-G'-E₂ mezőben Ni_3S_2 , illetőleg kettősszulfid az először kristályosodó anyag. A megmerevedés azután a G'-E'-eutektikális mentén fejeződik be. Az E'-G'-E₂-B'-Z'-S'-E₁ területben kevés kén is tartalmazó Cu-Ni szilárd oldat kristályosodik priméren, a megmerevedés azután vagy az E'-G'-vagy pedig a G'-E'-eutektikális mentén fejeződik be.

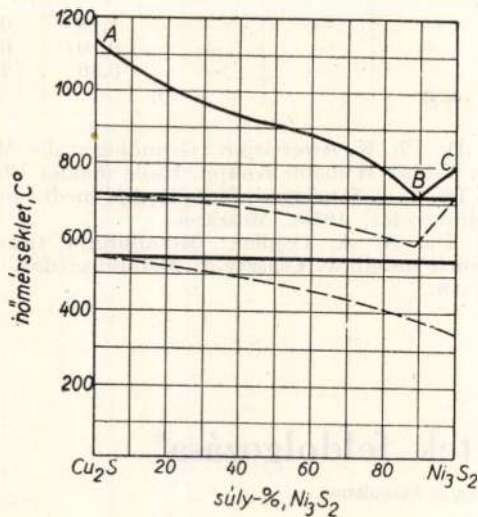


13. ábra.

A 13. ábra a 12.-nek 480 °C-ra vonatkozó izotermás metszetét mutatja. Ebből leolvashatjuk, hogy ezen a hőmérsékleten az A'-D'-P₂-háromszögbe eső összetételnél FeS és vas-nikkel-szilárd-oldat, a D'-P₂-V'-mezőben FeS és Fe-Ni-szilárd oldat, valamint vas-nikkel-kettősszulfid (2FeS· Ni_3S_2), a P₂-V'-P₃ háromszögben vas-nikkel-kettősszulfid és vas-nikkel-szilárd oldat, a V'-P₃-C'-területben Fe-Ni kettősszulfid, Fe-Ni-szilárdoldat és Ni_3S_2 , a P₃-C'-B'-mezőben pedig Ni_3S_2 és Fe-Ni-szilárdoldat található együtt.

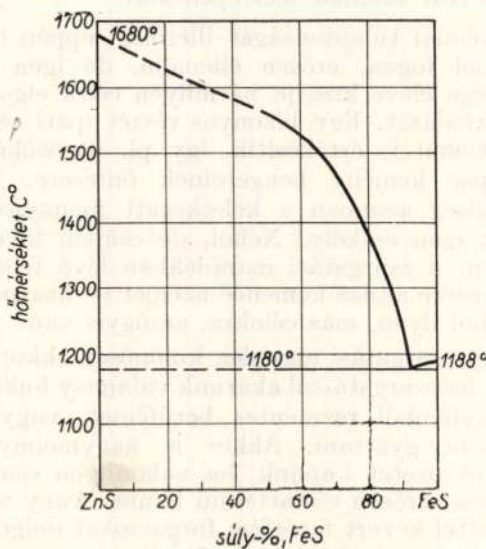
A gyakorlati nyers nikkelt kénescikvek összetételét a D'-C'-oldal egyik pontja határozza meg.

tehát ezek 26,7—36,1% kenet tartalmaznak. Az ábra szerint ezek a kéneskövek 42%-nál kevesebb nikkeltartalom esetén FeS-ből és 2 FeS·Ni₃S₂-ből, ennél nagyobb nikkeltartalomnál pedig 2 FeS·Ni₃S₂-ből és Ni₃S₂-ből állanak. Igen kevés kéntartalom esetén megtaláljuk a kénesköben az Ni-Fe-szilárdoldatot is.



14. ábra.

A Cu₂S-Ni₃S₂-rendszerben (14. ábra) 90% Ni₃S₂-tartalomnál 725 °C-on olvadó eutektikumot találunk, különben folyékony halmazállapotban teljes az oldhatóság.

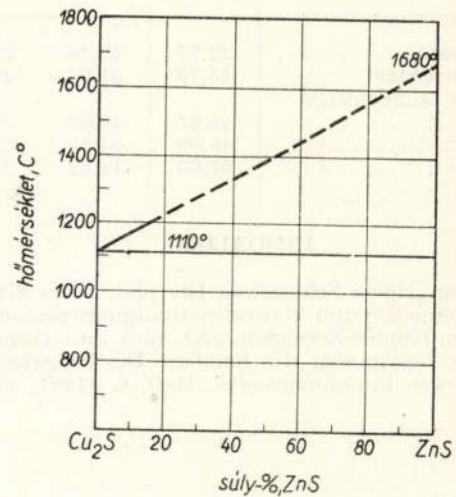


15. ábra.

A szfaleritot tartalmazó ércek kohósításánál szerepet játszó ZnS-FeS-rendszer egyensúlyi diagramja (15. ábra) szerint már kis mennyiségű ZnS is nagyon megnöveli a kéneskö olvadáspontját. Ezért azután sok cinkszulfidot tartalmazó kéneskövek keletkezése esetén a gyűjtőtérben ZnS-tapadék található.

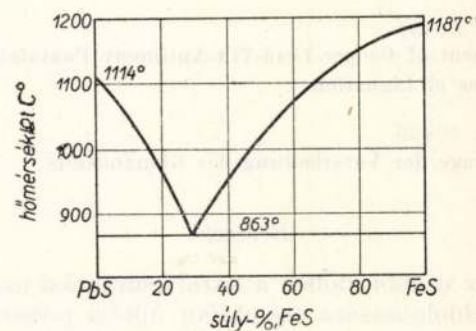
A Cu₂S-ZnS-rendszerben (16. ábra) ugyancsak az figyelhető meg, hogy a ZnS mennyire emeli a kéneskö olvadáspontját.

Az ólmos rezeskéneskövek szempontjából a PbS-FeS- (17. ábra) és a Cu₂S-PbS-rendszernek (18. ábra) van még nagy jelentősége. Folyékony halmazállapotban mindkettőben teljes az oldható-

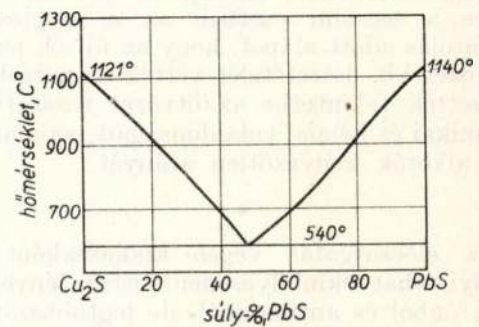


16. ábra.

ság, szilárd halmazállapotban azonban mindkét rendszer heterogén. Az egyensúlyi diagramból az tűnik leginkább szembe, hogy a PbS erősen leszállítja a kéneskö olvadáspontját.



17. ábra.



18. ábra.

A valóságban az olvasztásnál keletkező kéneskö a felsorolt főalkotórészekon kívül oldott állapotban színeket (nemesfémek, ólom, vas, réz), fémszulfidokat, arzenideket, antimonidokat, sőt oxidokat is tartalmaz. Ezeknek az elemeknek és vegyületeknek a fajsúlya nagyobb, mint a salaké, ezért a salak alatt helyezkednek el.

A táblázat néhány kéneskö kémiai összetételét mutatja.

Kohókban előállított kénaskővek kémiai összetétele
(Szmirnov: Metallurgia medi i nikkolja 84. o. 14. táblázat)

Olvasztás módja	Cu	Fe	S	Zn	Pb	Ni	BaSO ₄	SiO ₂	Al ₂ O ₃
Piritolvasztás	23,77	43,25	22,75	1,19	0,30	0,10	0,24	1,84	1,86
Félpiritolvasztás	13,79	51,00	24,80	1,43	0,49	0,28	—	3,08	0,90
Olvasztás lángkemencé- ben	15,62	49,86	28,26	2,86	—	—	—	1,18	0,44
Ugyanaz	48,00	24,30	25,40	—	—	—	—	0,10	0,44
Ugyanaz	59,00	14,52	22,87	—	—	—	—	0,36	2,00

IRODALOM

1. Dr. Ing. Heinz Schlegel és Dr. phil. Arno Schüller: Die Schmelz- und Kristallisationsgleichgewichte im System Kupfer-Eisen-Schwefel und ihre Bedeutung für die Gewinnung des Kupfers. Die Bergakademie. Freiburger Forschungshefte, Heft 6. (1951) 38—47. oldal.
2. Prof. Dr. Ch. K. Awerissjan: Grundlagen der Metallurgie. Verlag Wilhelm Knapp. Halle (Saale) 1951.
3. Prof. Dr. V. I. Szmirnov: Metallurgia medi i nikkolja. Metallurgizdat, 1950., Moszkva.
4. Prof. Dr. A. A. Cejdlér: Metallurgia tjazseluch cvetnuch metallov. Csaszy I. Metallurgizdat, 1951., Moszkva.

A csurgatási maradékötvözetek feldolgozása*

JAKÓBY LÁSZLÓ, a műszaki tudományok kandidátusa

Якоби Ласло: ПЕРЕРАБОТКА ОСТАТКА МЕТАЛЛА ЗАИГЕРОВАНИЯ.

Jakóby László

Treatment of Cooper-Lead-Tin-Antimony Containing Residues of Lignation

Jakóby László

Zur Frage der Verarbeitung des Glanzmetalls

Bevezető

Az utóbbi időben a hazai csurgatási maradékok feldolgozására számtalan újítási javaslat érkezett az egyes intézményekhez, illetve az illetékes szakemberekhez. Az újítási javaslat megtételére a legtöbb esetben az a megtévesztő megfontolás adott alapot, hogy az újítók pusztán az ötvözet kb. összetételét vették számításba, de nem vették tekintetbe az ötvözet rossz fizikai, mechanikai és kémiai tulajdonságait, valamint az egyes alkotók kedvezőtlen arányát.

*

Az előcsurgatás végső szakaszaként, egy 12%-nyi, tehát tekintélyes mennyiségű, lényegében rézből, ónból és antimonból, de legtöbbször változó, azonban mindenkor kevés (2—4%) ólomból álló csurgatási maradékötvözet képződik. A réztartalom 15—40%, az antimontartalom 10—30%, az óntartalom pedig a csurgatás menetétől, illetve szakaszszámától függően, 10—50% között van.

A német szakirodalom ezt az ötvözetet, amely rendkívül nehezen dolgozható fel, akár pl. a fémkohászati fémekövek vagy medvék, fé-

* Kivonat részlet a szerző: „Fehérfémhulladékok feldolgozása” című sajtó alatt lévő könyvéből,

nyes törésfelülete miatt „Glanzmetall”-nak nevezi. Kristályszerkezete sugaras, vagy palás lehet, színe az óntartalomtól függően a szürkétől az ezüstig változik.¹ A legtöbb esetben a törésfelület „tükröző”, egyébként az ötvözet rendkívül kemény és annyira rideg, hogy tömbökbe történő öntése alkalmával azonnal szétrepedezik.

Kémiai tulajdonságát illetően, éppen összetételénél fogva, erősen ellenálló, de igen nagy ridegsége eleve kizárja bármilyen célra elgondolt felhasználását. Egy bizonyos részét ipari célokra közvetlenül is értékesítik, így pl. ötvözőként a gumiipar kemény hengereinek öntésére. Ez a mennyiség azonban a keletkezett mennyiséghez képest igen csekély. Néhol, de csupán kivételes esetben, a csurgatási maradékban lévő fehérfém kinyerésére aknás kemence üzemeltetést is használnak ott, ahol ilyen, más célokra, amúgyis van.

Ily csurgatási maradék különösen akkor képződik, ha csurgatással akarunk valamely hulladék-csapágyféméből rézmentes betűfémeket vagy forrasztóönt gyártani. Akkor is nagymennyiségű ilyen ötvözetet kapunk, ha valamilyen csurgató eljárással erősen réztartalmú hamut vagy vörösvözzettel kevert fehérfém forgácsokat dolgozunk fel.

Az előbbiekből érthető, hogy az ötvözet közvetlen felhasználásának, de kényelmes feldolgozásának is akadály a réz-antimon-ón kedvezőtlen aránya. A legegyszerűbb volna ezt a réztartalmu ötvözetet, a fehérfém ötvözéshez felhasználni. E felhasználási lehetőség azonban rendkívül erősen korlátozott, mert igen nagy-

¹ A magyar szakirodalomban megkísérelték ezt az ötvözetet tükrözőfémnek jelölni, azonban ez az elnevezés nem tudott meghonosodni, ezért e célra inkább megtartjuk a „csurgatási maradékötvözet” kifejezést.

tömegű fehérém mennyiséget kellene gyártanunk, hogy rendelkezésünkre álló, illetve a fehérém hulladékok feldolgozásából származó ötvözetmennyiséget felhasználhassuk. *Ettől eltekintve azonban, az ötvözet annyira szennyezett és oxidokkal telített, hogy a kényes fehérém ötvözeteket, amelyekből rendkívül nagy tisztaságot kívánunk meg, teljesen elszennyeznék és csapágy céljára alkalmatlanná tennék.*

A bronzok ötvözésére még kis mennyiségben történő felhasználása sem nem jöhet számításba, mert a bronzoknak általában antimonmenteseknek kell lenniök. Erre a célra csak az a csurgatási maradék használható, amely réztartalmú forrasztóórnok antimontalanító feldolgozásából származik.

Az ötvözet e tulajdonságai folytán a fém piacon alig értékesíthető, különösen, ha antimonban dús. Ennek egyszerűen az a magyarázata, hogy ez ötvözet egyes alkotóinak kinyerésére még ma sem áll rendelkezésünkre kiforrott kohászati eljárás. Ennek alapján az összes ilyen ötvöző munkálatokkal foglalkozó nagyobb külföldi kohóművek a fehérém hulladékok feldolgozását oly irányba terelték, hogy a módszer, vagyis a csurgatás folyamata a legkisebb mennyiségű ilyen ötvözet keletkezésével járjon. A csurgatási műveletek maguk sem különlegesen gazdaságos eljárások. Ugyanis mindazok a kohászati műveletek, amelyeknek kivitele nagymennyiségű és a folyamatba mindig visszatérő melléktermékek keletkezésével jár, nem tökéletes műveletek, s legfeljebb csak akkor gazdaságosak, ha az ilyen hulladékötvtözet kerükltsége rendkívül kicsi. Az előbbi fejtegetések alapján érthető, hogy leg-tökéletesebb az a folyamat, amely az egyes összetevők egyenkinti leválasztásával akarja megoldani a feldolgozást az egyes alkotóknak az oxigénnel, a szilíciummal és a kénnel való vegyrokonsága alapján. Világos tehát, hogy az út, amelyen a kísérletek elindultak az oxigénnel való vegyrokonságon alakultak ki, vagyis más szóval, megadják a lehetőséget ennek az ötvözetnek konverterben történő lefújtására. Ez az lefújtatás ugyan még a harangbronzoknál sem tökéletes, mert ezeknél is nehézséggel jár a konverterezés, de gyakorlatilag keresztülvihető.

A harangbronz konverterezésénél az ólom illékonyasága folytán és mert a rézzel nem alkot kémiai vegyületet, már a konverterezés elején eltávolítható.

Az órnak nagyrésze (kb. 60—80%) konverterezésnél a szállóporba kerül, de csak akkor, ha a konverterezést kokszt jelenlétében végezzük, mert a kokszt nélküli fújtatásnál rézszttannat alakban elsalakul s csupán jelentéktelen része megy a szállóporba.²

Az Sn, koksztos fújtatás esetén, mint SnO₂ távozik a konverterből, majd a levegőn SnO₂-dá oxidálódik. Egyébként a réz egész 0,7% Sn-ig óntalanítható. A szállóporba menő ónoxidon kívül kismennyiségű, a salakba menő ónsztannatok is keletkeznek. A fújtatásnál a fürdő valószínűleg azért nem óntalanítható teljesen, mert az SnO₂ — bár igen kis mértékben — a rézben oldódik.

Az ezután következő antimontalanítás sem tökéletes, mert elsősorban lassú művelet, másrészt az antimon teljesen így sohasem távolítható el s végül az antimonnal tekintélyes mennyiségű réz is elvész. A fújtatásnál csak kismennyiségű Sb kerül a szállóporba, nagyrésze antimonátokba (pl. 3Cu₂O · Sb₂O₃) megy át, amely felerészben a fémbe, felerészben pedig a salakba kerül.

A harangbronzok konverterezésénél elmondottak a csurgatási maradék konverterezése esetén értelemszerűen, tehát még nagyobb mértékben állnak fenn. A harangbronzok réztartalma 80%, míg ezeké a legjobb esetben 40—43%. Az antimontartalom itt még kedvezőtlenebbül alakul, mert amíg a harangbronzokban legfeljebb 0,5—1,5%, itt az antimontartalom 20%-ot is elér. Vagyis az antimontalanításnak a harangbronzoknál említett nehézségei itt hatványozott mértékben lépnek fel, ezért a rézvesztés sokkal több s a rézkinyerés egész kicsire (40—50%) csökken. A veszteségek mind az antimontalanítás nehézségeiből adódnak.³

Az antimontalanítási nehézségek miatt felmerült az a gondolat, hogy az ólom és ón eltávolítása után a konverterezésnél kapott antimonos fémeket vagy elektrolízissel, vagy lassú folyamattal dolgozó raffináló kemencével dolgozzák fel. Erről azonban csupán a kérdést érintő irodalmi utalást sikerült találnunk.⁴ Véleményünk az, hogy mert az antimont sohasem tudjuk tökéletesen tűzi úton kiraffinálni, legalább is a konverterezés során, a az antimonos nyersréz elektrolízisnél is nehézségek fognak mutatkozni.

A rendes körülmények között kohósítással, érekből nyert nyersréz szennyezői közül a nemesfémeket, valamint a Se-t és a Te-t (amelyek itt nincsenek) az áram anódikusan nem oldja s ezért ezek maradéktalanul az elektrolízis nemesiszapjában maradnak. Az Sb anódikusan oldódik, ugyanúgy mint az elektrolit többi kísérői közül a Pb, Sn, Bi is, de ezekkel és az elektrolit többi alkotójával nehezen oldódó vegyületeket képez, amelyek bizonyos idő múlva mint oxidok és szulfátok szintén az anódiszapban rakódnak le. A teljes lerakódásig azonban az antimonos elektrolitban úgynevezett „úszóiszapok“ keletkeznek, ami a rézkinyerés csökkenésével és a katódon jelentkező kellemetlen, úgynevezett „tűképződéssel“ jár.

Ezeknek az úszóiszapoknak a létezése, amelyek bár kisebb mértékben, más nyers rézek elektrolízisének is zavarólag lépnek fel, egyszerű

³ Lásd: Részletesebben W. Kroll: Metall u. Erz. 23., 1931., 521. old.

⁴ Lásd: Dr. J. Blanderer: Erzmetall V. kötet, 1952. 3. sz., 90. old.

² Lásd: E. J. Kohlenmajer: Metall u. Erz. 23., 1931., 207. lap.

laboratóriumi kísérlettel bizonyítható. Laboratóriumi üvegedényben helyezünk el a rézelektrolízis elektrolitjából egy bizonyos mennyiséget. Az elektrolit lehűlésekor az üveg oldalfalán szürke lepedéket, néha pedig a folyadék felszínén is gyengén pirosan fénylő, csillogó és úszó kiválásokat látunk. A lepedék vizsgálatánál, miután azt kénsavas vízzel kimoszták, megállapították, hogy az 40—50% antimonból, 15—20% arzénből és 2—8% bizmutból áll. Az antimon legnagyobb része háromértékű, az arzén csak ötértékű alakban fordul elő. Ezek az úszóiszapok minden elektrolízisnél rendkívül kellemetlenek, mert a katódán durva és néha a katód anyalemezre teljesen merőleges tűkinövéseket okoznak, amelyek gyakran az 1 cm nagyságot is elérik.⁵

Az előbb elmondottak alapján tehát a csurgatási maradékötvezet feldolgozására a konvertérezés és elektrolízis sem gazdaságos. Az az elgondolás tehát, hogy a hazai fehérfémm hulladékok feldolgozásánál keletkezett maradékötvezetet konvertérezéssel és elektrolízissel dolgozzuk fel, sem kohászati, sem gazdasági szempontból nem indokolt. Mégis ma a rézdús (40—43%) csurgatási maradékötvezetek feldolgozására — egyéb bevált berendezés hiányában — itthon még nincs más út.

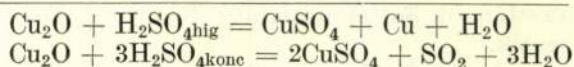
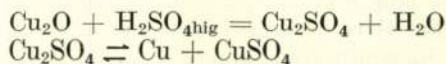
Ami a csurgatási maradékötvezetek alkotóinak a kén iránti vegyrokonságát illeti, e sorozatban az első helyen a réz áll, majd utána sorban az ón, az ólom és végül az antimon következik.

A mi kísérleti adataink, de a külföldi, első sorban a szovjet szakirodalom szerint ez ötvözetek feldolgozásánál ezen az úton valószínűleg többet lehet elérni. A réznek az ólomból, a kemény ólomból és a rézötvezetekből kénnel történő leválasztása már régen ismeretes eljárás. A csurgatási maradékötvezetek kénes feldolgozását a 431 984. számú német szabadalom ismerteti. E szabadalomnak igénypontja szerint az ötvözetet felaprítják és megfelelő kénmennyiséggel összekeverten viszik be a lángkemencébe. Ez az eljárás ugyancsak nem gazdaságos, mert egyrészt az aprításnál a rideg ötvözetnek nagy mennyisége megy veszendőbe, másrészt igen nagy kénmennyiség felhasználása szükséges, mert a kén nagyrésze is elvész. A folyamatnál rezes-ónos-kéneskő keletkezik, amelyet vagy lehúznak, vagy az alatta lévő keményólmot egyszerűen lecsapoljuk. A kemencében oly kémiai folyamatok mennek végbe, amelyek során sem a réz az óntól, sem az ólom az antimontól tökéletesen nem választható el. Mégis az út bizonyos mértékig járhatónak látszik azért, mert a nyert rezes-ónos-kéneskő megőrölhető és valamilyen mechanikus pörkölő kemencében egészen 1%-ig lepörkölhető (agyonpörkölhető).

J. Blanderer szerint a keletkező oxidkeverékekből a réz hígított kénsavval maradék nélkül kilúgozható. A visszamaradó ónoxid leszfűrhető, szárítható és redukálólággal olvasztható. A réz szulfátként marad vissza.

Ez a híg savval történő lúgzás sem lehet ilyen egyszerű. A Cu_2O , bár erősen bázikus jellegű,

hígított savakban nehezebben oldódik, mint a CuO . Ez azért van így, mert a lúgzásnál először könnyen bomló kuproszulfát keletkezik, ami mellett fémréz is válik ki. A kivált fémréz befolyásolja, illetve csökkenti a további réz lúgzási sebességét. A kivált fém réz oldása céljából, tehát vagy levegőt, vagy valamilyen oxidáló savat is kell még pótolni. J. Blanderer idézett cikke erre nem hoz közelebbi tájékoztatást, de ez valószínűleg így van. E folyamatokat kb. a következőképpen érzékeltethetjük:



Ennek az eljárásnak látszólagos előnye, hogy:

- a réztől az antimon elválasztható,
- nincs olyan közbenső termékünk, amelyet a folyamatba vissza kellene adnunk,
- az eljárásnál nem lényeges a maradékötvezet esetleges nagyobb ólomtartalma, mert már a lángkemencében történő kezeléssel az ólmot, mint keményólmot, lecsapolhatjuk.

Ez az eljárás azért érdekes, mert a második világháború idején üzemben is volt. Kalkuláció szempontjából azonban a nedves eljárással párosított tűzi eljárás nem látszik gazdaságosnak éppen azért, mert az eljárás első fázisához, vagyis a tűzi előkészítő folyamathoz nagymennyiségű kénre van szükség. Azonkívül a nyert rezes-ónos-kéneskőnek 1% S-ig történő lepörkölése sem olcsó művelet.

Előjáróban említettük, hogy a maradékötvezet feldolgozásánál a réznek a szilíciumhoz való nagy vegyrokonsága révén, esetleg a szilícium is számba jöhetne. A kísérleteket ebben az irányban is lefolytatták,⁶ azonban a szilícium használata, minthogy az ötvözet mindig tartalmaz arzént is, arzén-hidrid képződéssel s így robbanási veszéllyel jár, valamint a keletkező arzénszilicid mérges volta miatt az eljárás iparilag nem jöhet tekintetbe. Különben is csak a kisebb Cu-tartalmú maradékötvezetek feldolgozásánál jöhetne számításba.

A maradékötvezetek elektrolitikus feldolgozására vonatkozólag F. Vogel⁷ közölt néhány érdekes adatot. Eszerint a rézdús ötvözetekből a réz túlnyomórésze kielektrolizálható, az elektrolízis során pedig az összes többi fémek az iszapba kerülnek, a Pb mint szuperoxid, az As, Sn és az Sb pedig főleg oxidok, de szulfátok formájában is. Az ilyen iszaptól salétromsavas kezeléssel (főzéssel) a bele került réz teljesen oldatba vihető s így a 3 fém most már egymástól könnyen szétválasztható.

Az eljárás a kismértékű úszóiszap keletkezésétől eltekintve, így könnyűnek és használhatónak látszik, valószínű azonban, hogy a felette rideg ötvözetből igen nehéz lehet az anóda előállítás,

⁶ Lásd: W. Kroll: Metall u. Erz 25., 1938., 252. old.

⁷ Lásd: Neuere Wege in der Metallurgie der Lager- u. Weissmetalle, 1949., 54. l.

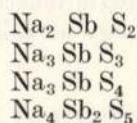
⁵ Lásd: V. I. Szmirnov professzor: A réz és a nikkelt kohászata. Moszkva, 1950.

másrészt az áramkihasználás is igen rossz. Az anódák erős törekenységét azzal igyekeznek csökkenteni, hogy a maradékötvözethez e célra rezet ötvöznek, ami szintén nem látszik gazdaságosnak.

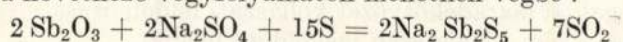
Egyéb ezúton járó kísérletek sem kecsegtetnek kedvezőbb eredménnyel, ezért az ötvözet elektrolitikus feldolgozása jelenleg még szintén nem látszik járható útnak.

A maradékötvözet tűzi úton történő feldolgozása az eddigi próbálkozások szerint, tehát nem hozott kielégítő megoldást. Érthető tehát, hogy a kísérletek a nedves feldolgozás irányában is megindultak. Ez az út sem új, mert az első világháború kényszerű fémgazdálkodási és feldolgozási módjai között már megtalálható. Ezek az eljárások tisztán az analitikán, vagyis azon az elemzési eljárás alapján, amellyel az ötvözet alkotóit, azaz összetételét az analitikában kvantitatíve meghatározzuk. Ezek az eljárások tehát a nedves úton történő kezelés során keletkezett *fémvegyületeket* választják szét. Említettük már, hogy a maradékötvözet kémiaiilag eléggé ellenálló, ezért az analitikában használatos savas oldás az ipari feldolgozásnál nem jöhetett számításba. A megoldást az ötvözet analitikai feltárásában vélték járhatónak úgy, hogy azt szódával és kénnel, vagy glaubersóval és kénnel olvasztották össze (tárták föl). A feltárás során az Sn és Sb vízben oldható thiovegyületekbe mennek át, míg a Pb és a Cu ólmosrezes-kénescskővé alakul.

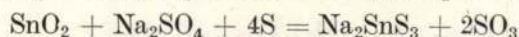
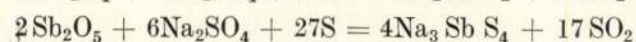
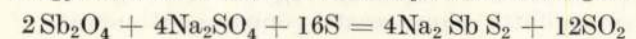
Az Sb thiovegyületei közül a következők ismeretesek:



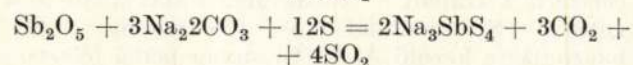
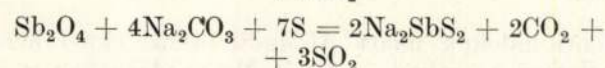
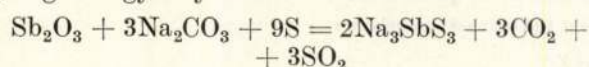
A glaubersós-kénes feltárás során *valószínűleg* a következő vegyfolyamatok mehetnek végbe:



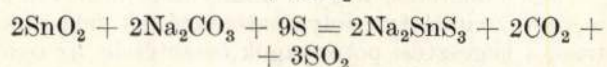
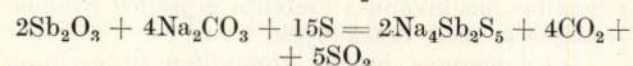
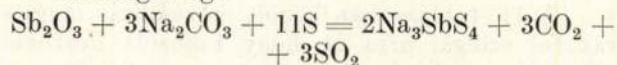
Hosszabb izzítás után az Sb_2O_3 antimon (III—V) oxidba, antimontetroxidba, Sb_2O_4 -be megy át, amikor a következő folyamat lehetséges:



Szódával és kénnel történő feltárás esetén pedig a vegy folyamatok a következők lehetnek:



Esetleg még:



A kénes-glaubersós olvasztást lángkemencében, koks jelenlétében végezték s a rezes-ólmoskénescskövet lecsapolták. Az Sn—Sb polisulfidokat forróvízzel lúgozták s az oldhatatlan kéneskötől leszűrték. *Ez az eljárás is drága s csak háborús viszonyok indokolták.* Az olvasztáshoz nagymennyiségű nátriumsulfát vagy szóda szükséges, ez ugyan regenerálható, de nem abban az alakban, hogy a körfolyamatba visszavezethető legyen, azonfelül az olvasztási folyamat a fémekben lévő sok szennyezés miatt kvantitatíve nem is fut le teljesen, az olvasztásnál nem kerülhető el a részleges oxidáció, a szulfidok feltárása nagytömegű csapadékok feldolgozását igényli, a lúgzásnál keletkezett H_2S elvezetése is nehéz feladat, mindezek oly nehézségek, amelyek az üzemi kivitelt kétségessé, de legalább is igen nehezé teszik.

Ennél az eljárásnál tehát — szükség esetén — még a konverterezés is megfelelőbbnek látszik s ezért a legutóbbi időkben az ötvözetnek más tűzi úton történő feldolgozására törekedtek.

A legutolsó időkig tehát ez a két eljárás, vagyis a konverterben történő lefuvatás és a lángkemencében történő kénező eljárás áll egymással szemben. Mind a két eljárásnak már röviden ismertettük a hátrányait, illetve nehézségeit.

A legújabb időkben ismét alapos vizsgálat alá vették a nedves eljárásokat s arra a megállapításra jutottak, hogy a nedves eljárások tulajdonképpen hibája a nagy segédanyagfogyasztás, amihez még hozzájárult a segédanyagok drágasága is. Sikertült is ezen az úton egy oly eljárást kidolgozni, amely gyakorlatilag is használhatóan látszik.

Az elgondolásnak egy 1905-ben kelt szabadalom adott alapot (W. Richter: D. R. P. 19792/1905), amely „reagensnek“ a levegő oxigénjét használta fel. E szabadalom igénypontja szerint a csurgatási maradék teljes egészében oxidálható s az oxidáció során keletkező oxidkeverékből a Cu és Pb ecetsavval kilúgozható. A műveletet űzőkemencében végezték, a keletkezett zsugorodott oxidkeveréket lúgzás előtt őrölték.

Ez az eljárás sem vált be, mert a rideg csurgatási maradék eloxidációja sohasem sikerült teljesen, aminek oka elsősorban az őrlésnél keletkezett por volt. Az őrleményben tehát oxidálatlan fémrészek is maradtak. Az ecetsavval történő lúgzás során a legkülönbözőbb sóoldatok maradnak vissza, amelyek savtartalmát az eljárás gazdaságossága érdekében regenerálni, azaz fémtartalmát kiejteni kell. A regenerálás sav-, a kiejtés pedig fémvesztéssel jár. Így az ecetsavnak, mint lúgzóanyagának a megválasztása nem volt szerencsés.

E szabadalom gondolatát, vagyis azt, hogy a csurgatási maradékok teljes oxidációja mégis célravezető lehet, tette magáévá a legújabb időben az ú. n. Rau-eljárás, amely úgy látszik, mégis közelebb hozta a csurgatási maradékötvözetek aránylag kielégítő — bár mégsem kitűnő — feldolgozását (D. P.: R. 7376).

Az eljárás a csurgatási maradékot tégelyben vagy lángkemencében olvasztja be. A beolvasztás során a fürdő felületén fémből és oxidokból álló,

többé-kevésbé összesült beolvasztási salakot nyerünk. A salaktakarót a beolvasztás után lehúzzuk s a fürdőre csak levegőt fuvatunk, amitől a fürdő felületén szinte pillanatszerűen, számos, apró, fehér izzó s füstölő kivirágzás keletkezik. A fürdő tehát pirofor jellegű, teljes oxidáción mehetett át.

Mihelyt az első réteg oxidációs folyamata lecsendesül, leszedik az oxidréteget és újbóli levegő-ráfúvással oxidokat képeznek, a műveletet folytatjuk mindaddig, amíg az egész fürdő oxidálódott. A leszedett oxidációs termék szürkésfekete, 3—4 mm \varnothing -jú dara. A rétegenkénti oxidációhoz 800 °C-os hőmérséklet szükséges. Amennyiben a fuvatás alatt a lángkemence e hőmérséklet alá hűl le, ismét fel kell fűteni, mert különben az oxidáció sebessége erősen csökken. A dara tulajdonképpen oxidálódott felületű csurgatási maradékötvtözet szemcsékből áll. A vizsgálatok szerint egy szemcse kezdeti összetétele: 94% ötvözet és 6% oxid.

Az így nyert oxidos ötvözet tehát még csak a további eljárás, vagyis a tiszta oxidképzés *középtermékének* tekinthető. A teljes oxidálás ezután 700—800 °C-on állandó levegőhozzávezetéssel és a dara állandó megforgatásával tokos kemencében végezhető. A műveletnek akkor van vége, ha a dara forgatásánál már az oxidáció folyamatát jelző lángfelvillanások megszűnnek. Gyakorlatilag a teljes oxidálásról úgy győződhetünk meg, hogy a kivett próba dörzscsészében történő szét-törésénél fekete ötvözetszemcse nélküli, barna, egyenletes por mutatkozik.

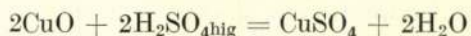
Az oxidáció pörkölő lángkemencében is elvégezhető, itt azonban különösen kell ügyelni a lángvezetésre, nehogy a túlhevítés miatt zsugorodás (zsugorítás) lépjen fel.

Az eljárás tehát kétlépcsős.

Fölötte érdekes megfigyelés, hogy a szintetikusan, tehát tiszta Sn, Cu, Sb-ból összeállított hasonló ötvözet ebben a formában és ennyire teljesen nem oxidálható el. Valószínű, hogy itt az ólomnak van még egyelőre fel nem derített szerepe.

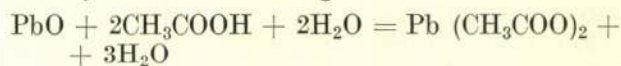
Az oxidkeverékből a Cu híg meleg kénsavval rézszulfát alakban kilúgozható.

$$\text{Cu}_2\text{O} + \text{H}_2\text{SO}_4^{\text{híg}} = \text{Cu}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O}$$
de a réz esetleg CuO formájában is jelen lehet, amikor a

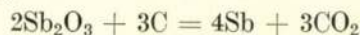


folyamat mehet végbe.

A visszamaradt sárgásfehér Sn-Sb-Pb oxidok feldolgozása, illetve redukálása most már nem okoz nehézséget. Ecetsavval az ólom acetát formájában szintén kilúgozható:



A visszamaradó Sb₂O₃ és SnO₂ ugyancsak elválaszthatók. Az Sb₂O₃ láng-, de előnyösebben forgódobos kemencében Na₂CO₃ jelenlétében C-nal nyers regulusszá redukálható



esetleg



folyamat szerint.

A nyert antimon regulusz, ha még nem eléggé tiszta — raffinálható.

Ennek az eljárásnak a főelőnye, hogy nincsen semmi, a folyamatba visszatérő mellékterméke, az egyetlen „vegyszer”, amit az eljárásnál használunk a levegő oxigénje, mert a lúgzáshoz használt kénsav és ecetsav a szulfát és acetát árában megtérül. Hátránynak látszik azonban az, hogy az említett munkafolyamatok az ón és antimon gyors szétválasztását nem teszik lehetővé, jóllehet az eljárásnak az a célja, hogy az alkotókat egyenként nyerje ki.

ÖSSZEFOGLALÁS

A fehérfém hulladék csurgatásánál nyert csurgatási maradékötvtözet kohászati feldolgozása még ma sem tökéletesen megoldott feladat.

A legújabban ismertett Rau-eljárás a maradékötvtözet összes alkotóit két lépcsőben teljesen oxidálja és az oxidokat egyenként dolgozza fel rézszulfáttá, ólomacetáttá, ónná és antimonná.

Néhány új szempont könnyűfémek alkalmazására vegyipari berendezések építésénél

DOMONY ANDRÁS, a műszaki tudományok kandidátusa

II. RÉSZ

Korrózióellenállás szempontjából legelőnyösebb a félnemes állapot. Ilyenkor ugyanis a maximális mennyiségű szennyező az alumínium alapanyaggal szilárd oldatot képez. A korrózióellenállás szempontjából veszélyes különválások mennyisége pedig a minimumra szorítható. Lágys és nemes állapotban viszont megkezdődik már a fémes vegyületek, illetve ötvözők kiválása. Ilyen szempontból különösen veszélyes lehet Si felesleg esetén a grafitos Si szegregációja, illetve Cu tartalmú ötvözeteknél a rézaluminid megjelenése. Fokozott korrózióellenállás megkívánása esetén a

fenti indokok miatt Al-Mg-Si ötvözeteknél nem célszerű a szabad — tehát Mg₂Si alakjában *nem kötött* — Si tartalmat 0,5% fölé emelni. A felhasználásra kerülő Al-Mg-Si anyag pedig *félnemes* állapotban kerüljön beépítésre.

A 11. táblázatban közölt összeállítás magyarázatul szolgál arra is, hogy fokozott korrózióellenállás megkívánása esetén a *hegesztett könnyűfémkötések* miért érzékenyek.

c) Ismeretes, hogy a könnyűfém hegesztések a védő oxidhártya folyamatosságának megszaki-tása, a hegesztési pótanyagok összetétele, az oxid-

oldószermaradékok tökéletlen eltávolítása, a varrat salak- és oxidtartalmának veszélye miatt önmagukban is az alapanyagnál sokszor gyengébb korrózióellenállásúak. Ezeket a hibákat helyesen megválasztott hegesztési eljárással (védőgáz alatt hegesztés); megfelelő, az alapanyaggal azonos összetételű hegesztőpálca alkalmazásával; gondos munkamenettel ki lehet küszöbölni. De még a legmegfelelőbb hegesztett szerkezeteknél is fennáll a varrat melletti, különböző hőhatásoknak kitett sávok korrózióérzékenységének veszélye. A hegesztési varratból kiindulóan ugyanis az alapanyag az összes hőkezelési állapotokon — olvadásponttól-szobahőfokig — keresztül megy. Ez annyit jelent, hogy többé-kevésbé széles sávban a korrózióellenállás szempontjából legelőnytelenebb kristályszerkezet alakul ki. Fokozott kémiai igénybevétel esetén a hegesztett szerkezet roncsolódása ezeken a részen fog megkezdődni. Ilyen szempontból a vegyipari felhasználásra alkalmas anyagok közül a legveszélyesebb ötvözet az Al-Mg-Si (a szabad, grafitos szilícium kiválása miatt), legkevésbé érzékeny a tiszta 99,99%-os alumínium. A 99,5%-os szinalumíniumnál és az Al-Mg₃ ötvözetnél a rekrisztallizációs sávban csak gyenge támadás mutatkozik.

11. táblázat

Különböző alumíniumanyagoknak kémiai ellenállóképesség szempontjából optimális hőkezelési hőmérséklete és a korrózióellenállás csökkenése miatt előnytelen üzemi hőfokok összeállítása

Anyag megnevezése	Optimális hőkezelési hőfok C°	Opt. hőkezelt anyag szilárdságának csökkenése C°-fokon való tartású igénybevétel esetén	Korrózió ellenállás szempontjából előnytelen üzemi hőfok C°-fok
99,99%-os alumínium	Közömbös	200	—
99,5%-os alumínium	500	300	220
Al-Mg ₃ típusú ötvözet	300—400	300	—
Al-Mg ₅ típusú ötvözet	360—400	200	175
Al-Mg ₇ típusú ötvözet	300—400	150	120
Al-Mg-Si típusú ötv., félnemes	480—520	120	180
Al-Mg-Si típusú ötv., lágy	350—380	300	180

A korrózióérzékenyebb kristályszerkezetű sáv fokozottabb keletkezésének veszélye miatt az egyéb szempontokból tökéletesnek mondható védőgáz alatti hegesztés alkalmazása, — különösen Al-Mg-Si ötvözetek összeerősítésénél — némi óvatosságot igényel.

Kísérletek bebizonyították, hogy Al-Mg-Si ötvözeteknek védőgázzal történő hegesztése alkalmas a korrózióérzékeny sáv — bár keskenyebben, mint az autogén hegesztésnél — azonban mégis megjelenik. 99,5%-os szinalumínium és Al-Mg₃ típusú anyagoknál ennek a jelenségnek a veszélyével csak kis mértékben kell számolni, mert ezeknél a fémeknél nincsenek olyan korrózióra veszélyes ötvöző alkatrészek, amelyek a különböző hőhatásokra kiválnának.

A vegyi- és élelmiszeripari berendezések építésénél újabban igyekeztek az eddig ismert és korrózióval szemben érzékeny kötések (szegecseléseket és hegesztéseket) megbízhatóbb módszerekkel helyettesíteni.

Az egyik eljárás az alumíniumanyagok könnyű alakíthatóságát hasznosítja azzal, hogy a berendezések egyes részeit igyekeznek egy daraból mélyhúzás, sajtolás, vagy egyéb alakítás segítségével előállítani, illetve a nélkülözhetetlen hegesztett, vagy szegecselt kötések kémiai szempontból legkevésbé igénybevett helyen elhelyezni.

A másik eljárás, amely csak most van kifejlesztődőfélben, a könnyűfémeknek *fémragasztás* segítségével történő összeerősítése. A különböző fémeknek szerves anyagokkal történő ragasztása az utóbbi 10 évben kezdett kifejlődni. A ragasztóként használt szerves anyagok különböző, gyorsan polimerizálódó műanyagyszerűségek. Ezek az anyagok a fémek felületén adhéziós kötést létesítenek és megfelelő hőfokon történt polimerizáció után az összeerősítendő alkatrészek megfelelő szilárdságú kötését eredményezik.

A polimerizált fémragasztók a legtöbb szerves és szervetlen anyaggal szemben kémiailag ellenállóak; a szervetlen savak közül csak az erősen oxidáló képességű salétromsav és tömény kénsav támadja meg. Megfelelő ragasztóanyaggal készült kötések benzín, alkohol, olaj stb. állóak.

A fémragasztók két nagy csoportja ismeretes:

a) *melegen ragasztó anyagok*. Ezeknél a ragasztóknál a szilárdsági kötés elérése érdekében a polimerizációhoz 150—180° C hőfokon történő 1—6 óras beégetés szükséges.

b) *Hidegen ragasztó anyagok*. Ezekkel az anyagokkal a kötéshez szükséges polimerizáció már szobahőfokon történik, a polimerizációhoz viszont hosszabb idő (12—24) óra szükséges.

A melegragasztók szilárdságilag a hidegragasztókat messze felülmúlják, hátrányuk viszont, hogy a beégetéshez kemence szükséges.

A ragasztások kivitelezése igen egyszerű. Az eljárás abból áll, hogy a zsirtalanított és drótkéfével némileg felérdesített és gyengén (60—120° C-ra) előmelegített fémfelületet ragasztóanyaggal bekenik, illetőleg beszórják és az előkészített felületre helyezik az összeerősítendő darab másik részét. Az így előkészített kötet az elhúzás veszélyének elkerülése érdekében gyengén összeszorítják és a ragasztóanyag minőségétől függően vagy kemencébe helyezik, vagy szobahőfokon száradni hagyják.

A ragasztással történő fémalkatrészek összeerősítésének különösen könnyűfémeknél van nagy jelentősége. A ragasztott kötéseknel, ellentétben a hegesztéssel, az alapfém kilágyulás veszélye nem forog fenn; a ragasztott kötéseknek kémiai ellenállóképessége jó, anódos oxidáció céljára megfelelőek.

A ragasztott kötések szilárdsága az átlapolás nagyságától függ. A 12. táblázat példaként az Al-Mg-Si típusú lemezek ragasztásánál elérhető

¹ Dr. Buray: Alumínium ötvözetek hegesztése argonívvel. Alumínium, 1951., május.

¹ Gyenes Péterné: „Könnyűfém ragasztás”. Magyar Technika, 1952.

nyírószilárdsági és szakítószilárdsági értékeket szemlélteti. A próbalemezek szakítószilárdsága 30 kg/mm². A vizsgálatok szerint 25 mm átlapolás

esetén 1,25 mm vastag Al-Mg-Si lemeznél a ragasztási kötés szilárdsága már nagyobb, mint a lemez szilárdsága.

12. táblázat

Ragasztott kötések szilárdsági vizsgálata

Lemez anyaga: Al-Mg-Si

Lemez szélessége: 20,7 mm

Lemez vastagsága: 1,25 mm

Előmelegítés: 100–120° C

Keményítés hőfoka: 190–200° C

Keményítés ideje: 60 perc

Előkezelés: kátróló drótkéfével ledörzsölve,

acetonnal zsírtalanítva

A közölt értékek 5–6 próbából vett közép-értékek

Átlapolás mm-ben	Hol szakadt	Nyírószilárdság kg/mm ²			Szakítószilárdság kg/mm ²		
		max.	min.	középtérték	max.	min.	középtérték
4 mm	kötésben	4,4	3,8	4,1	14,9	12,2	13,8
7 mm	kötésben	3,4	2,8	3,1	19,1	15,7	17,1
10 mm	kötésben	2,7	2,4	2,5	20,7	19,9	20,4
12 mm	kötésben	2,6	2,3	2,4	24,5	21,5	22,8
15 mm	kötésben	2,3	1,9	2,1	27,2	23,6	25,7
20 mm	kötésben	1,8	1,5	1,7	28,8	23,4	27,3
25 mm	lemezben	1,5	1,5	1,5	30,8	29,4	30,2
30 mm	lemezben	1,3	1,2	1,3	31,1	30,6	30,8
35 mm	lemezben	1,1	1,1	1,1	31,0	30,5	30,8

13. táblázat

Szegecselt és ragasztott kötések szilárdsági értékeinek összehasonlítása

Sorszám	K ö t é s	S z e g e c s e l t k ö t é s				R a g a s z t o t t k ö t é s			
		szegecs elrendezés	szegecsok száma	átlapolás mm	P _B kg	kg/mm ²	átlapolás mm	P _B kg	kg/mm ²
1.	Átlapolt egynyírású	Kétsoros	2	50	660,5	11,7	49	866	0,74
2.	Átlapolt egynyírású	Kétsoros	2	48	640,0	11,35	43 39	1358 1210	0,843 1,01
3.	Átlapolt egynyírású	Egysoros	3	24	1044,0	11,35	25 21 20	1510 1640 1500	0,82 1,08 1,03
4.	Átlapolt egynyírású	Kétsoros	5	40	1580,0	11,2	40 34 30 21	2070 2180 1630 1640	0,74 0,88 0,76
5.	Átlapolt egynyírású	Kétsoros	6	48	1976,0	11,68	54 48 34	3000 2060 2180	0,76 0,59
6.	Hevederes egynyírású	Kétsoros	5	40	1627,0	11,52	40,5	2500	0,84
7.	Hevederes kétnyírású	Kétsoros	6	96	3600,0	10,96	96	3810	0,55

Lemez szélesség: 1. sornál 24 mm
2 " 36 "
3–7 " 72 "

A 13. táblázatban ugyancsak 1,25 mm vastag Al-Mg-Si típusú lemezanyagból készült szegecselt és ragasztott kötések szilárdságának összehasonlítása található.

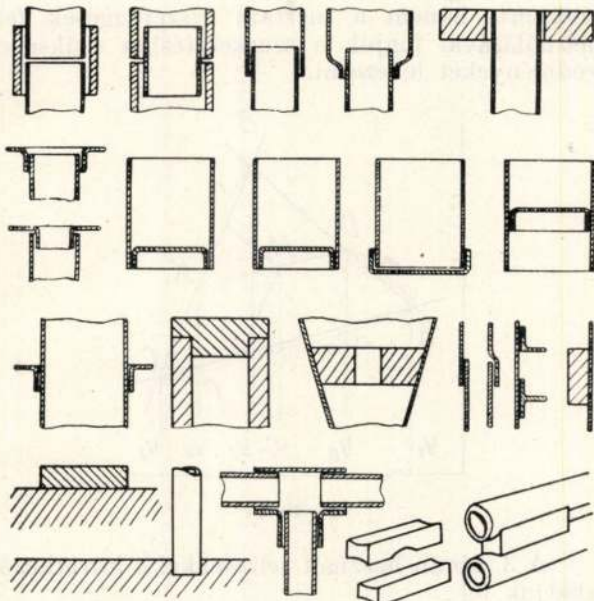
A vizsgálati eredmények azt bizonyítják, hogy már 50 mm-es átlapolás esetén a ragasztott

kötés szakításához nagyobb erő szükséges, mint a szegecselt kötéshez. A ragasztott kötések fajlagos nyírószilárdság szempontjából a szegecselt kötésnél lényegesen gyengébben viselkednek, ami a ragasztóanyag tulajdonságával magyarázható.

A 14. táblázat ragasztott kötések szilárdsá-

gának hőmérséklet függvényében való változását szemlélteti. Az adatokból megállapítható, hogy a ragasztott kötések 150° C-on, tartós üzemi hőmérséklet igénybevételéig, szilárdságvesztés nélkül vehetők igénybe. 150° C felett a ragasztott kötések szilárdsága rohamosan csökken.

A 4. ábra néhány gyakrabban használatos ragasztási kötés kivitelezési módját szemlélteti. Ezek a kötések mindig úgy helyezendők el, hogy



4. ábra.

a megfelelő átlapolás biztosítható legyen; a ragasztóanyag húzásra, vagy nyomásra és ne a ragasztás síkjára merőlegesen legyen igénybevéve.

A ragasztási kötések könnyű- és nehézfém vegyes szerkezetek összeépítésénél még azért is előnyösek, mert a ragasztóanyagok a villamosáramot nem vezetnek, tehát szigetelőként hatnak. Különböző fémes anyagokból készült vegyes szerkezeteknél fellépő elektrolitikus korrózió kiküszöbölésének az alapfeltétele pedig, hogy a különböző fém egymástól el legyen szigetelve és ezáltal még nedvesség jelenlétében sem indulhat meg a galvániáram fejlődés. Ez a követelmény fémragasztás esetén önmagától teljesül.

14. táblázat

Ragasztott kötések szilárdsága a hőmérséklet függvényében

Hőfok C-fok	Átlapolt felület F_o mm ²	Szakító erő P_B kg	Nyírószilárdság kg/mm ²
20	1600	1780	1,11
100	1600	1740	1,09
130	1600	1580	0,99
140	1600	1830	1,14
150	1600	1770*	1,11
160	1600	550*	0,34
170	1600	680	0,42
200	1600	100	0,06

A *-gal jelzett értékeknél a szakadás a kötésen kívül a durál lemezben történt.

Újfajta fémragasztóanyagok hazai előállítását és üzemi bevezetését a Fémipari Kutató Intézet a Műanyag Kutató Intézetrel közösen most dolgozza ki. Az új eljárásnak a könnyűfémekből készült vegyi- és élelmiszeripari gépberendezések építésénél való meghonosítása igen sok, eddig hegesztéssel, vagy szegeccseléssel meg nem oldható nehézséget fog legyőzni.

A nomográfia új módszerének alkalmazása a metallurgiában

BALOGH ARTÚR

I. RÉSZ

Применение новых методов номографии в металлургии.
Die Anwendung einer neuen Nomographie-Methode in der Metallurgie.

The applying a new method of nomography in the metallurgy.

A szorzatok összegének ábrázolása a nomográfiában nem egyszerű feladat. Ezért örömmel kell üdvözölni Bloh szovjet nomográfus most megjelent füzetét, amelynek címe: „Háromszög koordináta rendszer és alkalmazása néhány metallurgiai számításnál“. E munkában az ú. n. háromszögábrát használja, azonban néhány a nomográfiában új, érdekes mértani összefüggés felhasználásával arra az esetre, amikor a három szorzból álló összeg állandó.

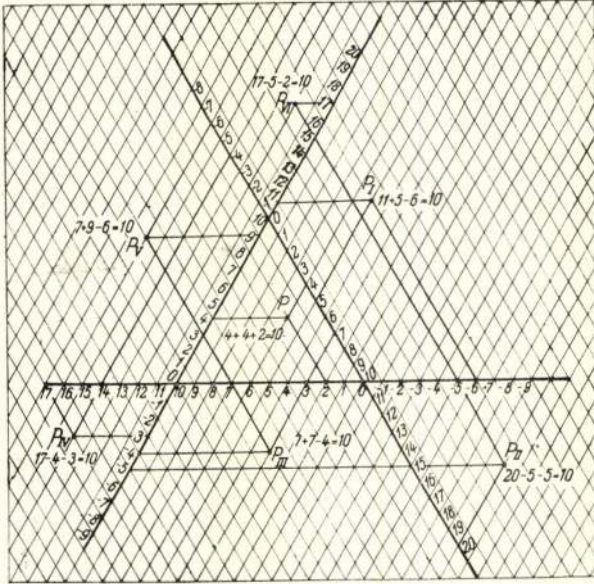
A nomográfiában egyébként ismert és gyakran használt háromszögábra, egyenlő oldalú háromszög közismert tulajdonságait használja fel. Nézetem szerint ez az elnevezés helyesebb, mint a koordináta rendszer használata, mert mint látni fogjuk, az ábrázolásnál mindig az egyenlő oldalú

háromszög kerül előtérbe. A következőkben a háromszögábra elnevezést fogjuk továbbra is használni.

A háromszögábrának kétféle megoldása ismeretes. Az egyiknél oly hálózatot használunk, amelynek egyenesei a háromszög oldalára merőlegesek és olyant, amelynél a hálózat egyenesei a háromszög oldalával párhuzamosak. E sorok írója már régen felismerte a háromszögábrák előnyét, az idevágó anyagot összefoglalta és „Dreiecknetztafeln samt ein Ergänzungsheft hiezu“ (Wurzel-Verlag, Zürich) c. munkájában jelentette meg. Szükségesnek tartom, hogy e helyen hangsúlyozzam: a háromszögábrákat nemcsak különleges esetekben, különleges kifejezések, hanem igen számos és a gyakorlat számára értékes kifejezések ábrázolására is fel lehet használni.

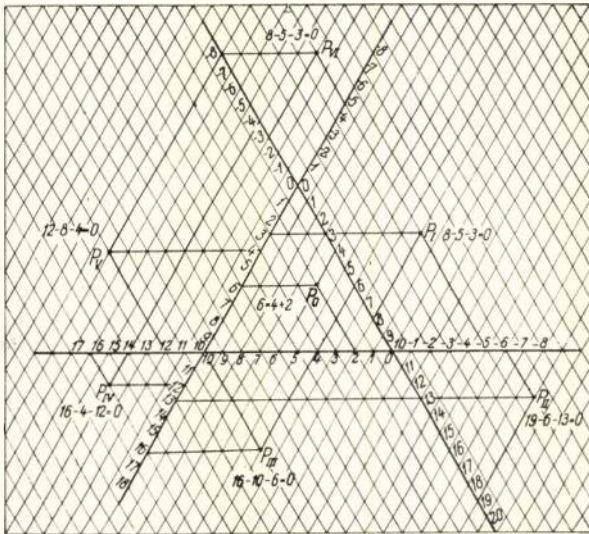
A következőkben a Bloh által ismertett eljárást fogom néhány ábrán bemutatni és inkább annak lényegét kívánom ismertetni. Ebből azután minden további nélkül, meg lehet állapítani a módszer alkalmazását.

Az 1. ábrán látható a háromszögábra az az esete, amikor az oldalakon elhelyezett osztás olyan, hogy minden háromszögsúcsnál egy-egy osztáskezdőpont : 0 található. Ilyképpen a síkot 7 részre osztottuk fel.



1. ábra.

Minden síkrészben választottunk egy pontot és ehhez hozzárajzoltuk a megfelelő jellemző egyeneseket, nevezhetjük koordinátáknak is. Ha e koordináták által kimetszett osztáspontok értékét, illetőleg jelzéseit helyes előjellel összeadjuk, min-



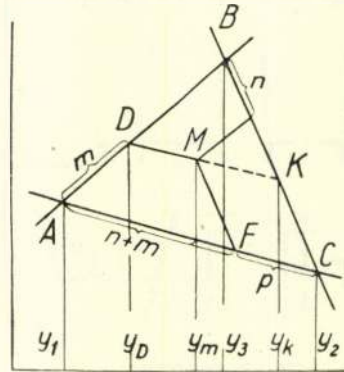
2. ábra.

dig a háromszög oldalhosszát kapjuk. Ezeket az értékeket az egyes síkrészekbe be is írjuk.

A 2. ábrában az egyenlő oldalú háromszög osztáspontjait más sorrendben helyeztük el. Mint az ábrából látható, nem minden háromszögsúcshoz kerül egy kezdőpont, tehát 0 pont. Ebben az esetben az egyes síkrészekben választott koordináták

által a háromszög oldalain kimetszett osztáspontok jelzéseinek összege, helyes előjel mellett, 0-t ad. A továbbiakban ezzel a rendszerrel nem fogunk foglalkozni, az említett szerző munkájában ezt a lehetőséget nem használja fel.

A következőkben néhány mértani összefüggést ismertetünk a későbbiek könnyebb megértése céljából. Némely tekintetben eltérünk Elox tárgyalási módszerétől és nem használjuk a nomográfiában egyébként nem igen elterjedt vetítési módszert, hanem a mértani összefüggések felhasználásával fogjuk a szerkesztéshez szükséges eredményeket levezetni.



3. ábra.

A 3. ábrán használt jelzésekkel a következőt írhatjuk fel :

$$\frac{DM}{MK} = \frac{n}{p}, \quad \frac{AD}{DB} = \frac{m}{n+p}$$

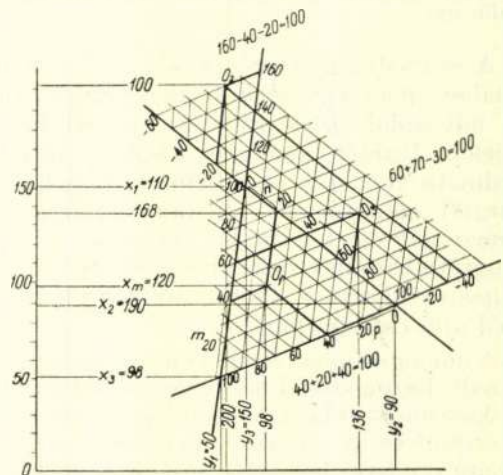
A D ponthoz tartozó y_D hosszát a következőképpen számítjuk ki :

$$y_D = \frac{m \cdot y_1 + (n+p) \cdot y_3}{a} \quad (1)$$

Ugyancsak hasonlóképpen a következőt írhatjuk fel :

$$y_k = \frac{m \cdot y_1 + (n+p) \cdot y_2}{a} \quad (2)$$

ahol DK egyenes a háromszög AC oldalával párhuzamos. Az ábrában az M ponthoz tartozó y_m hosszát a következő képletből számítjuk ki :



4. ábra.

$$y_m = \frac{p \cdot y_D + n \cdot y_k}{n + p} \quad (3)$$

Helyettesítsük be 1. és 2. kifejezéseket a 3-ba, akkor a következő eredményt kapjuk:

$$y_m = \frac{m \cdot y_1 + m \cdot y_2 + p \cdot y_3}{m + n + p} \quad (4)$$

ahol $m + n + p = a$ a háromszög oldalhossza. Ez a tétel megfelelő előjellel általános érvényű és minden síkrészre érvényes.

A 4. ábrában az ott megtalált hosszakkal példát mutatunk be a 4. képlet alkalmazására:

0₁ pontra:

$$x_m = \frac{m \cdot 110 + n \cdot 190 + p \cdot 98}{100} = \frac{40 \cdot 110 + 20 \cdot 190 + 40 \cdot 98}{100} = 121,2,$$

0₂ pontra:

$$\frac{160 \cdot 110 - 20 \cdot 190 - 40 \cdot 98}{100} = 98,8,$$

0₃ pontra:

$$\frac{60 \cdot 110 + 70 \cdot 190 - 30 \cdot 98}{100} = 170,4.$$

Ugyanezeket a számításokat elvégezzük a másik tengelyre és a következő eredményeket kapjuk:

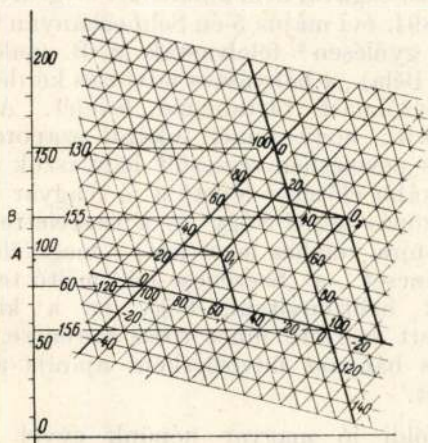
0₁ pontra:

$$\frac{40 \cdot 150 + 20 \cdot 90 + 40 \cdot 50}{100} = 98,$$

0₂ pontra:

$$\frac{150 \cdot 160 - 20 \cdot 90 - 40 \cdot 50}{100} = 202.$$

Az eredményekből látható, hogy azok a rajzban feltüntetett értékekkel jól egyeznek, ami természetesen is.



5. ábra.

Végezzük el ezt a számítást az 5. ábrán látható adatokkal, ahol $m = 30$, $n = 20$, és $p = 50$

0₁ pontra:

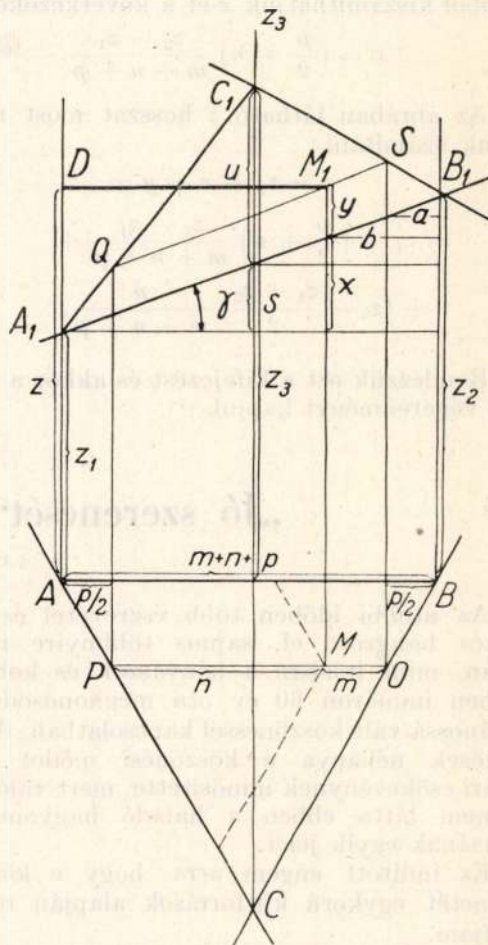
$$\frac{30 \cdot 152 + 20 \cdot 56 + 50 \cdot 80}{100} = 98,$$

ahol A pont ezt az eredményt mutatja.

0₂ pontra:

$$\frac{70 \cdot 152 + 60 \cdot 56 - 30 \cdot 80}{100} = 116.$$

E számításnál az n és p mellett található tényezőket a derékszögű koordináta rendszer függőleges tengelyén olvastuk le és természetesen az eredmény is ezen a tengelyen jelentkezett.



6. ábra.

A következő mértani összefüggést a 6. ábra felhasználásával fogjuk levezetni, az ott található jelzésekkel.

$$\frac{y}{u} = \frac{a}{b} = \frac{p}{m + n + p}.$$

Ebből számítsuk ki y -t:

$$y = \frac{u \cdot p}{m + n + p}.$$

E kifejezésben szereplő u értékét a következőképpen számítjuk ki:

$$u = z_3 - z_1 - s.$$

Vegyük figyelembe továbbá:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{2 \cdot s}{m + n + p} = \frac{z_2 - z_1}{m + n + p}.$$

Ezen adatok felhasználásával most már kiszámíthatjuk az u -t:

$$u = z_3 - \frac{z_1 + z_2}{2}.$$

Ezen adatokkal most már kiszámíthatjuk y -t is:

$$y = \left(z_3 - \frac{z_1 + z_2}{2} \right) \cdot \frac{p}{m + n + p}$$

Vegyük még figyelembe a következőt:

$$\operatorname{tg} \gamma = \frac{x}{\frac{p}{2} + n}$$

és ebből kiszámíthatjuk x -et a következőképpen:

$$x = \left(\frac{p}{2} + n \right) \frac{z_2 - z_1}{m + n + p}$$

Az ábrában látható z hosszát most már ki tudjuk számítani:

$$\begin{aligned} z &= z_1 + x + y = \\ &= z_1 + \left(\frac{p}{2} + n \right) \frac{z_2 - z_1}{m + n + p} + \\ &+ \left(z_3 - \frac{z_1 + z_2}{2} \right) \frac{p}{m + n + p}. \end{aligned}$$

Rendezzük ezt a kifejezést és akkor a következő végeredményt kapjuk:

$$z = \frac{z_1 \cdot m + z_2 \cdot n + z_3 \cdot p}{m + n + p} \quad (5)$$

Foglaljuk szavakba ezt az eredményt: ha az ABC egyenlő oldalú háromszög A , B és C csúcspontjaiban az AB oldalra merőlegeseket állítunk és ezeken kijelöljük a z_1 , z_2 és z_3 hosszakat és az ekként kapott A_1 , B_1 és C_1 pontokat egyenessel összekötjük, újabb háromszöget kapunk, amelyet *vetítési háromszögnek* nevezünk. Ha az alapháromszögben kijelöljük a PO egyenest, amely párhuzamos az AB oldallal és amelyet az M ponthoz tartozó háromszög koordináták állapotának meg, akkor a vetítési háromszögben ennek a QS egyenes felel meg. Ez az egyenes párhuzamos az A_1B_1 vetítési háromszög oldalával. A QS egyenesen felvetítjük az M pontot: M_1 . Ezt az M_1 pontot egyenletes osztás esetén kivetítjük a Z_1 egyenesre és kapjuk azt a z hosszát, amelyet az (5) képletből ki is számíthatunk. Ezek alapján tehát adott z_1 , z_2 és z_3 értékekhez különböző és az alapháromszögből megállapított m , n és p értékekből az (5) képletbe tartozó értéket azonnal leolvashatjuk, feltéve, hogy $m + n + p = a$ állandó.

(Folytatjuk)

„Jó szerencsét“ köszönésünk története

JAKÓBY LÁSZLÓ

Az utóbbi időben több észrevétel és megjegyzés hangzott el, sajnos többnyire inkább szóban, mint írásban a bányászok és kohászok körében immáron 60 év óta meghonosodott és általánossá vált köszönéssel kapcsolatban. A megjegyzések néhány a köszönési módot szinte polgári csökevénynek minősítette, mert valószínűleg nem látta ebben a haladó hagyományok ápolásának egyik jelét.

Ez indított engem arra, hogy e köszönés történetét egykorú kútforrások alapján röviden vázoljam.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület 1894. április 7-én Selmecbányán megtartott, felolvasással összekötött rendes gyűlésének jegyzőkönyve¹ 11. pontja a következőket tartalmazza:

„Árkossy Béla a bányász köszöntésre vonatkozó ama kérdését terjeszti a választmányi gyűlés elé, hogy a német „Glückauf“ köszöntést legmagyarosabban mi módon lehetne kifejezni. *Többek hozzászólása* után Péch Antal tiszteletbeli tag a „Jó szerencsét“ köszöntési formát tartván legmagyarosabban hangzóknak, ezt ajánlja elfogadásra. — (Általánosan elfogadtatik.)“

Ezzel tulajdonképpen a köszönés eredetét, vagyis a történetét, annak megállapításával, hogy ez is Péch Antal nevéhez fűződik, le is zárhatnánk. Hatvan év távlatából azonban igen érdekes volna ismerni az anyagot, amit a jegyzőkönyv „többek hozzászólása“ kifejezéssel jelöl meg. Sajnos, ez

nem áll módomban, mert az Egyesületnek idevonatkozó eredeti s akkoriban még kézzel írt jegyzőkönyvei már mind elvesztek.

Ezeket az itt elhangzott felszólalásokat azonban némileg pótolni óhajtom a felkutatható s e határozatra utólag elhangzott megjegyzésekkel, illetve a Szerkesztőséghez írott véleményekkel.

Annak ellenére, hogy a választmány jogérvényesen elfogadta a „Jó szerencsét“ köszöntés-általánosságban annak kifejezésbeli formájával és magyarosságával nem mindenütt elégedtek meg. Így az 1894. évi május 5-én Selmecbányán tartott felolvasó gyűlésen² felolvasták M. B. (valószínűleg Mikó Béla) „a bányászos üdvözlés kérdéséhez“ című felszólalást tartalmazó levelét. A levél írója kifejti, hogy minél inkább szaporodik a magyaros nevelésben részesült bányászok száma, annál inkább előtérbe lépett a jó magyar bányászos köszönés iránti vágy „s a tiszteletre méltó jóakarát újra vemhes leve (lett) s megszületett a „Jó szerencsét“, a „Szerencse fel“ méltó testvére. Igyekszik bizonyítani, hogy ez a kifejezés rossz, mert szerinte nincs rossz szerencse. Ezért magyaros bányász üdvözlésként ajánlja a „Sok szerencsét.“

„Alföldi jó magyar népünk evvel indítja útnak övéit, ne resteljük mi: a magyar bányászok tőle kölcsönözni üdvözlésünket, mely ha telterjed, lesz nem relative, de abszolúte jó, magyar bányászos üdvözlésünk.“

Ennek az 1894. április 29-én Budapesten kelt levélnek megállapítása eléggé okszerű, azon-

¹ B. K. L. XXVII. évf. (1894.) 8. szám, 115. o.

² B. K. L. 1894., 10. szám. 151. oldal.

ban a köszönés mégis csak ebben a formájában maradt fenn a mai napig.

A „Bányászos üdvözlés kérdéséhez” címen ugyancsak a B. K. L.-ban³ Á. B. aláírással (valószínűleg Árkossy Béla) éppen Mikó Bélának az idézett részben említett népies eredetre való hivatkozással, mégis csak a „Jó szerencsét” mellett foglalt állást, mondván, hogy „a jó egészséget kívánásban szintén kérdehnénk, hogy hát rossz egészség van-e?” Az érvelése még erősebb, mint Mikó Béláé. Szerinte a „Jó szerencsét” köszönés legközelebb áll a népies, magyaros „jó napot”, „jó egészség”-hez. A továbbiakban a következőképpen érvel:

„...a jó szerencsét kívánás nem is pleonazmus, mert mint M. B. írja a magyarnak nincs rossz szerencséje, de van balszerencséje, mint azt Vörösmarty „Szózat”-jának utolsó versszakából mindnyájan tudjuk:

„És annyi balszerencse közt
Oly sok vizsály után,
Mégfogya bár, de törve nem
Él nemzet e Hazán.”

De van a magyarnak „jó szerencséje” is, amit bizonyít Petőfi: „Élet vagy halál” című költeményének következő versszaka: 4.

.....
Mit marjátok mindnyájan a magyart?
Török, s tatártól, mely titeket védett
Magyar kezekben villogott a kard,
Megosztottuk ti véletek híven, ha
A jó szerencse nekünk jót adott,
S felét átvettük mindig a tehernek,
Mit vállatokra a balsors rakott.”

Tehát: Jó Szerencsét”
fejezi be közleményét Árkossy Béla.

Rövid történeti ismertetésünkhöz hozzátartozik még, hogy a bányászos üdvözlés kérdéséhez 1894. június 1-én New-Yorkból Osgyáni Árpád okl. bányamérnök, az Egyesületnek alapító tagja küldött egy levelet s kérte annak a lapban lehető közzétételét.⁵ E levélben a teljesen elamerikaia-

³ B. K. L. 1894., 11. szám, 186. oldal.

⁴ Petőfi összes költeményei. Erdőd, 1848.

⁵ B. L. K. 1894., 14. szám, 217. oldal.

sodott Osgyáni nevetségesnek találja azt, hogy a magyar bányászok afölött vitatkoznak, hogy egymást „jó szerencsével”, vagy „sok szerencsével” köszöntsék e. Természetesen Osgyáni félreértette a kérdés lényegét, mert itt a köszönés magyarosításán van a lényeg és nem a dolog kisebb vagy nagyobb súlyán. Erre vonatkozólag meg is kapja a Szerkesztő Bizottságtól az alapos választ, így:

„Teljesítjük kívánságát, de nem azért, hogy nevéssünk amerikai szaktársainkon, kiknek természetesen fogalmuk sem lehet arról, ami bennünket a bányász köszöntés tárgyalására indított: az ő véleményük a kérdésre úgy, amint azt Ön eléjük terjesztette, egészen helyes és ez okból megjegyzésünket nem az ő véleményükre, hanem az Ön helytelen eljárására tesszük, midőn sajnálkozásunknak adunk kifejezést afelett, hogy Ön, amióta tőlünk eltávozott, már egészen elamerikaia-sodott és mint ilyen már elfelejtette, milyen kegyelettel viseltetik minden magyar ember a magyar nyelv tisztasága iránt, sajnáljuk Önt, hogy e kegyelet érzetét már elvesztette és a mi tárgyalásaink indító okait fel nem foghatván, a kérdést, melyet Amerikában sem tárgyalni, sem eldönteni nem lehet, egészen helytelenül terjesztette amerikai szaktársai elé.

Nem arról tárgyaltunk mi, hogy miképpen köszöntsük egymást? Hiszen nekünk semmi kifogásunk nincs az ellen, hogy jó reggelt, jó napot, vagy jó estét kívánjunk egymásnak, ezekről szó sem volt! Hanem az volt a kérdés, hogy mi van jobban magyarul és mi magyarosan: Jó szerencsét, vagy sok szerencsét?

Természetesen, hogy ezt a kérdést nem ott, Amerikában fogják megoldani, de engedje meg Ön, hogy mi a reánk nehezedő nyomorúság között is foglalkozunk ilyen általános „magyar kérdésekkel” és hogy számtalan bajaink között is mindig ébren legyen bennünk az érzet, hogy magyarok vagyunk!”

Jó szerencsét!

Levelészláda

Egyik feldolgozó üzemünk tanácsot kért Egyesületünktől az ötvözött alumíniumhuzal húzása közben fellépő hibák kiküszöbölése érdekében. Fémkohászati szakosztályunk aktivája az 1953. I. 27-én tartott klubnapon megállapította, hogy a hibák főrése a helytelen hőkezelési technológia eredménye. Az ötvözött alumíniumhuzalok helyes hőkezelésének üzemileg bevált technológiáját a következőkben közöljük:

1. Anyagösszetétel

A megfelelően ötvözött alumíniumból készült vezetékhuvalgyártás egyik alapfeltétele, hogy

az ötvözet megfelelő összetételű, tiszta anyagból készüljön. A szilícium- és magnéziumtartalom a megadott határoktól $\pm 0,1\%$ -kal térhet csak el. A vasszennyeződés a $0,35\%$ -ot ne haladja meg. Célszerű, ha az ötvözet vastartalma $0,20-0,35\%$ vas között változik. Kisebbségi vas mennyiség a szilárdulási tulajdonságokat előnytelenül befolyásolja. Az együttes titán- és vanádiumtartalom a $0,03\%$ -ot ne haladja meg. A préstuskó anyaga salak-, gáz- és oxidmentes legyen.

A nemfémes szennyeződések ugyanis a préselésnél és a húzásnál repedéseket és töréseket idézhetnek elő.

2. Préshuzalok hőkezelése

A préshuzalokat pontosan szabályozható, légeirkulációs, villamosfűtésű kemencében (célszerű sülyesztett aknáskemencében) 525 és 530 C° közötti hőmérsékleten 1 órán át kell nemesíteni. Döntően fontos a kemence pontos hőfokszabályozása és az előírt hőmérséklet pontos betartása. A nemesítési hőfokban a maximális eltérést ± 5 C° lehet.

Amennyiben a hőfok a megengedettnél nagyobb (545—550 C°), a nemesítésre kerülő huzal durvakristályossá válik, törete homokszínű lesz és a húzásnál reped, illetve szakad. 550 C° felett a durvakristályosodáson túlmenően kezdődő „elégési” nyomok is láthatók. A huzal „elégése” abból áll, hogy a felületén hólyagok képződnek; a fémfelület színe sötétszürke lesz. Ezzel ellentétben a helyesen hőkezelt huzal felülete barnás-szürke futtatási színű és ezáltal a hőkezeletlen fényes huzaltól jól megkülönböztethető. Ha a hőkezelési hőfok a megengedettnél kisebb volt, úgy a kész huzal szilárdsága a szabványban előírt értékeket nem éri el.

Hőkezelés előtt a kemencét hőfokra kell fűteni, az adagot a kívánt hőfokra fűtött kemencébe kell adagolni. A nemesítés időtartama 500 kg—1 tonna mennyiségű adag esetén, a kívánt hőfok elérése után, 1 óra.

A nemesítési idő eltelte után a karikák azonnal hidegvízben hűtendők le. A karikáknak a kemencéből való kivétele és vízben történő lehűtése között max 2,5 perc múlhat el (ezt az időt a gyakorlatban célszerű max 1,5 percre csökkenteni). Amennyiben a hőkezelés és a vízbehűtés között hosszabb idő telik el, úgy ez a drót húzóerősége és szilárdságának a rovására megy. Ha a gyakorlatban az egyes adagoknál előfordul a hőkezelés és a hűtés közötti idő eltolódása, úgy ajánlatos az adagot újból az előbb megadott hőfokon hőkezeltetni és utána vízben hűteni. A hűtővíz hőfoka 15—25 C° között legyen.

Hűtés után a karikákat max 10 percig szabad a vizes hűtőgödörben tartani. A hűtőgödörben felmelegedett víz hatására ugyanis a huzalanyagban gyorsan elindul az ún. öregedési folyamat (kristálykiválások), aminek következtében a huzal elridegül és a húzásnál nehézségek jelentkeznek (repedés stb.).

A vízbehűtés helyes munkamenete: a kemencében hőfokon lévő huzalkarikákat hirtelen a hideg hűtővízbe eresztetni és azokat onnan 5—10 perc múlva kivenni. Nem káros, ha a hűtőgödörből kikerülő huzalok hőmérséklete 30—50 C°. A huzalokra tapadó víz ugyanis ilyen állapotban gyorsan elpárolog (a huzalokat nem korrodálja),

a langyos huzaloknál pedig a kristályrekonstrukció kedvezően meggyorsul.

A hőkezelt és vízben hűtött huzalokat célszerű húzás előtt huzamosabb ideig szobahőmérsékleten 20—25 C° hevertetni. Ugyanis a hevertetési idő alatt alakul ki a végső kristályszerkezet a legkedvezőbbben. A hevertetési idő a hűtővíz hőmérsékletétől, a vízből kivett karikák hőfokától, valamint a hevertetési hőmérséklettől függ. Tapasztalati adatok alapján 20 C°-os hevertetési hőmérsékletű térben a szükséges hevertetési idő 36—48 óra.

Helyesen kivitelezett hőkezelés esetén a prés-huzal eleje és vége közötti szilárdsági különbségek a hőkezelés után eltűnnek.

3. Húzás

Az ötvözött alumínium húzását a kristályszerkezet kedvező átalakítása érdekében célszerű egy dobos durvahúzóval kezdeni. A durvahúzó szerszámnak húzószöge kb. 7° legyen. A durvahúzó redukált huzal kerül a többszöri finomhúzógépekre.

A szilárdsági értékek elérése érdekében az összes hidegredukciónak min 90%-osnak kell lennie. Húzás közben nagy súlyt kell helyezni a helyes kenésre és a húzószerszámok megfelelő kiképzésére, nehogy a nagysebességű húzógépen a huzal túlságosan felmelegedjen.

4. Utóhőkezelés

A kész huzal szakítószilárdsága 40 kg/mm², folyási határ 36 kg/mm², vezetőképessége viszont csak 27 m/ohm/mm². A kész huzalokat a szabványértékek elnyerése érdekében elektromoskemencében 150—160 C°-on 6—8 órát meg kell eresztetni, hogy a szilárd oldatban lévő Mg₂Si kiválódása meggyorsuljon. Az utóhőkezelés befejezése után az előbbi huzal értéke:

szakítószilárdság	29,5 kg/mm ²
nyúlás	8%
vezetőképesség	31,5 m/ohm/mm ²

Az utóhőkezeléssel megindított szegregációs folyamat csak néhány napos szobahőfokon való állás után fejeződik be és a huzalok végleges értékeit csak akkor éri el. Az előbbi huzal adatait ötnapos 20 C°-on való állás után felülvizsgálva, az alanti eredményeket kaptuk:

szakítószilárdság	30,3 kg/mm ²
nyúlás	8,1%
vezetőképesség	31,8 m/ohm/mm ²

D. A.

A L U M Í N I U M

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója
Megjelenik: 1849 pld-ban. — Szerkesztőség: VI. Rudas László-u. 45. — Telefon: 129-699.

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉMKOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

58. szám

Nikkelmentes kovácsolható nagyszilárdságú alumínium ötvözetek

EMŐD GYULA

Емэд Дьула
АЮМИНИЕВЫЕ СПЛАВИ ДЛЯ ПАКОВКИ, БОЛШОЙ
ПРОЧНОСТИ БЕЗ СОДЕРЖАНИЯ НИККЛЯ

Emőd Gyula
High strength forging aluminium alloys without nickel

Emőd Gyula
Nickelfreie hochfeste Aluminium Schmiede-Legierungen

A nikkellel való gazdálkodás szükségessé tette, hogy az eddig ismert és jól bevált Ni-tar-

talmú alumínium ötvözeteket felváltsuk más, velük lehetőleg azonos mechanikai tulajdonságú Al ötvözetekkel. Ma már az alumínium ötvözeteknek olyan nagy sorozatát ismerjük, hogy a célnak legjobban megfelelő ötvözet kiválasztása különösebb nehézséget nem okoz. Emőd—Jakóby: „Könnyűfémek kovácsolása“ c. (8) munkában a következő nikkeltartalmú ötvözeteket találjuk:

Ötvözet	Cu	Mg	Mn	Si	Fe	Ni	Ti	Zn	Megjegyzés
Al-Cu-Mg V.	4,5	0,6	0,8	0,1	0,6	0,15	—	—	Hiduminium 66
Al-Cu-Ni I.	2,0	0,9	—	0,7	1,3	1,3	0,1	—	RR 56
Al-Cu-Ni II.	4,0	1,5	—	—	—	2,0	—	—	Y
Al-Cu-Ni III.	4,0	0,5	—	—	—	2,0	—	—	185
Al-Cu-Zn	0,5	3,0	0,8	0,4	0,1	0,1	—	5,8	RR 77

A Ni tartalmú, kovácsolható Al ötvözetek szilárdsági értékei megfelelő hőkezelés után:

Ötvözet	σ_S kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	$\delta\%$	H_B
Al-Cu Mg V.	39	45	6	135
Al-Cu-Ni I.	35	44	8	130
Al-Cu-Ni II.	28	38	2	112
Al-Cu-Ni III.	28	39	10	115
Al-Cu-Zn	42	48	8	150

A nagy réztartalmú ötvözetek képlékeny alakítása az ötvözetben lévő rideg vegyületfázisok (pl. Al₂Cu, Mg₂Si) következtében eléggé körülményes, ezenkívül a szilárdsági értékek ma már csak jó közepesnek mondhatók. A fentidézett munkában az ötvözeteknek egész sorát találjuk, amelyek könnyebben elérhető ötvözőkkel készültek és ugyanolyan, vagy még jobb mechanikai tulajdonságúak. Tanulmányunkban nem szándékozunk az összes ötvözetrel foglalkozni, csupán két ötvözettypust emelünk ki:

1. Al—Mg—Si 0,8—1% Cu tartalommal.
2. Al—Mg—Zn 1—1,5% Cu tartalommal.

1. Az Al—Mg—Si—Cu ötvözet kovácsolása

Ez ötvözetrel alapsabban először Sz. M. Voronov: Processzi uprocsnyéjija szplavov aljumi nyiji-magnyiji-kremnyéji i jih novije promisle nyije kompoziciji (Alborongiz 1946) c. (2) munká-

jában foglalkozott. Voronov kísérleteket végzett különböző ötvözők tanulmányozására. Ugyancsak megvizsgálta a különböző nemesítési hőmérsékleteket, valamint az öregbítés hőmérsékletének és időtartamának befolyását. Eredményeinek hosszú sorából ki kell emelnünk a 0,55% Cu tartalmú Al—Mg—Si ötvözetet. Ez ötvözetben egyébként a Mg 0,8%, a Si 1%, Mn 0,43%, a többi alumínium. Ez ötvözetből készült kovácsolt darabot 540 °C-on homogenizálta és ezt követően 150 °C-on 6 óráig öregbítette. Ezzel az eljárással 47,3 kg/mm² szakítószilárdságot ért el, a nyúlás pedig 14% körül mozgott.

Ez ötvözetrel egyébként mi is foglalkoztunk, (3) azonban mi hengerléssel lemezt állítottunk elő. Hengerléssel megállapítottuk, hogy az alakítási technológia teljesen megfelel a normális Al—Mg—Si ötvözet gyártásmenetének, tehát eléggé képlékeny ötvözet. Meg kellett azonban állapítanunk azt is, hogy hengerléssel, bár lényegesen jobb mechanikai tulajdonságokat értünk el a Cu hatására, mint anélkül, de alatta maradtunk Voronov eredményeinek. E különbségek tisztázására levélváltás is történt Voronov professzorral, aki válaszában a jobb mechanikai tulajdonságokat a kovácsolás hatásának tulajdonítja.

Itt meg kell emlékeznünk az Al—Mg—Si ötvözettypus egyik különleges tulajdonságáról, amely annál is inkább jelentős, mert be nem tar-

tása esetén a megkívánt mechanikai tulajdonságokat nem tudjuk elérni. Ez a jelenség az, hogy homogenizálás után azonnal, de legfeljebb 2 órán belül az öregítést az előírt hőmérsékleten *meg kell kezdenünk*. E jelenség általában a világirodalomból nem volt ismeretes és különböző felszólalások alapján először 1949-ben, hengerelt Al—Mg—Si ötvözeteknél tapasztaltuk. A később hozánk került *Voronov* tanulmány megerősítette tapasztalatainkat és ő is azt ajánlja, hogy a homogenizálás és öregítés közötti idő feltétlenül a legrövidebb legyen. Később ezzel a kérdéssel részletesen foglalkozott *Benkő Andor* „Nagyszilárdságú Al—Mg—Si ötvözetek” c. (13) munkájában. Az 1949-ben még alig ismert és általában nehezen elfogadott jelenség ma már részletes tanulmányok alapján köztudomásúvá vált.

A Cu tartalmú Al—Mg—Si ötvözet jól használható különböző motoralkatrészek kovácsolt kivitelére.

2. Al—Mg—Zn típusú ötvözetek kovácsolása

A nagy szilárdság biztosítására eddig általában a nagy Cu-tartalmú Al—Cu—Mg és a Ni-tartalmú ötvözeteket használták. Az ezekkel elérhető legnagyobb szilárdság 44—48 kg/mm² volt. A réz és nikkel gazdálkodási nehézségek mindinkább megkívánták, hogy az ötvözőanyagok mennyiségét vagy teljesen kiküszöböljék, vagy csökkenték. Ez a gondolat adott lendületet az újabb ötvözetek kutatására. Csaknem egyidőben kezdtek foglalkozni a Szovjetunióban és más államokban is az ötvözettypussal. A Szovjetunióban annyira részletesen foglalkoztak e kérdéssel, hogy *Mihejev*a: Himicseszka ja priroda vi szokoprocso-nih szplavov aljuminijija sz magnijem i cinkom c. (1) munkájában már a legapróbb részletkéig foglalkozik az Al—Mg—Zn háromalkotós ötvözet állapotábrájával, az ötvözők befolyásával és kémiai tulajdonságaival.

Máskülföldi viszonylatban a németek, angolok, amerikaiak és a svájciak közöltek tanulmányokat. Ez ötvözettről 1949-ből olvashatók rövid, inkább propagandaízü ismertetések, amelyek csupán a mechanikai tulajdonságokat és az összetételt említik.

A 60 kg/mm² körüli szakítószilárdság, valamint a 10% körüli nyúlási értékek az eddig ismeretes alumínium ötvözetekkel szemben lényeges javulást jelentenek és így nem lehet csodálkozni, hogy a kutatók egész sora próbálkozott az ötvöztesoporttal és igyekezett a technológiát kidolgozni. Hazai viszonylatban *Boczor István* kohómérnökkel együtt közösen kidolgoztuk a sajtolási és hengerlési technológiát. Később részletesen foglalkoztunk a különböző ötvözők befolyásával és a mechanikai, valamint a korróziós tulajdonságok javításával. (10). Ugyancsak foglalkozni kellett az ötvözetek elősajtolás nélküli képlékeny alakíthatóságával is. A külföldi irodalom ugyan az elősajtolást előnyben részesíti, azaz elősajtolás nélkül a képlékeny alakítást nem tartják üzemszerűen jól keresztülvihetőnek.

A legutóbbi hónapokban számos tanulmány és külföldi értesülés alapján megállapíthatjuk, hogy az ötvözettypus kiszorítja a Dural-típusokat és elfoglalja azoknak helyét a járműiparban.

Az Al—Mg—Zn, illetve Al—Mg—Zn—Cu típusú ötvözetek összetételi értékei a következők: Mg = 2—3%, Zn = 4,5—7,5%, Cu = 1—2%, Cr = 0,2%, Mn = 0,3%, maradék = Al.

A Cu-mentes ötvözeteknél a szakítószilárdság 50 kg/mm² körül van. A Cu-tartalom növeli a szilárdságot és a nyúlást. Hazai kísérleteink igazolják ezenkívül, hogy a Cr-tartalom durvítja a szemcsét és rideggé teszi az ötvözetet (10). Ez ötvözőre azonban a korróziós tulajdonságok előnyös befolyása miatt van szükség. A Mn-tartalom ugyancsak a korróziós tulajdonságok javítására szükséges, mert — amint tudjuk — a Mn a vassal (MnFe)Al₆ oldhatatlan vegyületet képez, amely a Fe hátrányos tulajdonságait letompítja. A Si-és Fe-tartalom ridegíti az ötvözetet (5).

Ugyancsak megvizsgáltuk a Ti, V és Ca befolyását is. A Ti és V szemecsefinomító hatást fejt ki, amit a Ca adagolásánál is tapasztaltunk. Ez ötvözők főleg a korróziós tulajdonságok javítását célozzák. Hazai viszonylatban a Ti és V alkalmazása népgazdasági szempontból is figyelemre méltó, mert ezekkel a nehezen beszerezhető Cr helyettesíthető (10 és 14).

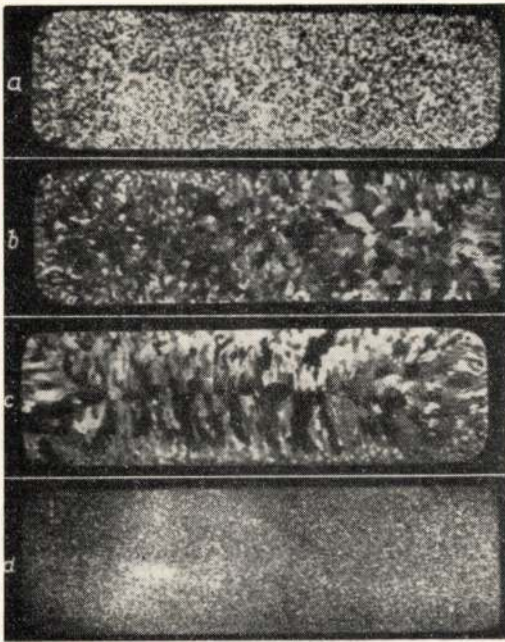
Fentiek alapján látjuk, hogy az alapötvözet-hez még bizonyos ötvözőket kell adnunk, hogy a különböző alakíthatósági, mechanikai és korróziós tulajdonságokat javítsuk. Ez adalékok 0,5% alatti mennyiségben vannak és így gazdasági szempontból nem jelentenek komoly tételt. Ha e kismennyiségű ötvözőket a belső szerkezetben vizsgáljuk, akkor errenézve még nyomot is nehezen találunk.

H. Hug (6) részletdiagrammot közöl az Al—MgZn₂ kvazibinér ötvözettről és foglalkozik a nemesíthetőség kérdésével (4). Szerinte a nemesíthetőséget a MgZn₂ vegyület okozza. Az ötvözetben ezenkívül Al₂Cu, Al₇Cr, Al₆Mn és Mg₂Si fázisok találhatóak. A Zn és Mg fázis a tuskóban hálót képez, ami nemesítésnél az Al-ban finoman diszpergál. Ezzel magyarázzák a nagy szilárdságot. Az Al₇Cr és az Al₆Mn felszaporodása a megmunkálhatóság szempontjából hátrányos.

Ha vizsgáljuk az ötvözettypus gyártási technológiáját akkor meg kell állapítanunk hogy a fiatal ötvözet technológiájában elsősorban azok az ötvözők segítettek amelyek szemecsefinomítást idéztek elő. Az első időkben ugyanis az ötvözetet léghütéses kokillákba kellett önteni, mert a fél-folytonos öntés után a tuskókban nagy belső feszültségek keletkeztek és ennek következtében repedés lépett fel. A léghütéses kokillákba öntött tuskók belső szerkezete durvaszemcséjű, viszont a fél-folytonos öntéssel készült tuskó szemcsézete lényegesen finomabb.

A durvaszemcséjű tuskót előzetesen meleg-sajtolással át kellett gyúrni, hogy a további képlékeny alakításra alkalmassá tegyék. A fél-folytonos öntés technológiájának beállítása után a melegsajtolás kiküszöbölhető. Ahol azonban ilyen öntőberendezés nincsen, a további szemecsefinomí-

tási célok érdekében megvizsgálták egyes ötvözők szemcsefinomító hatását az egyszerű léghütéses kokillában. Az 1. ábrán a felső kép Cr-nélküli félfolytonos öntéssel készült tuskó szemcse szerkezetét természetes nagyságban adja. Alatta a b) és c) képen a Cr-tartalom 0,25–0,5%-ig történő emelésével a szemcse erősen durvul. Ha viszont a b) összetétel mellett még 0,05% Ti-t is adagolunk, akkor a d) képen látható egészen finom szemcsézetet kapjuk.



1. ábra

A léghütéses kokilla használatáról le kellett térni azért is, mert az ilyen tuskóban nagymértékű fordított különválás mutatkozott. Különösen észlelhető volt ez a Zn-tartalomnál, amely a tuskó széle és közepe között 1%-os különbséget is mutatott.

Az öntési hibákat a folytonos öntéssel és megfelelő ötvözetek használatával annyira kiküszöbölték, hogy ma már öntött tuskó nagyon sok esetben közvetlenül is felhasználható képlékeny alakításra. Ez ötvözeteknél a képlékeny alakítási hőmérséklet 420–400° C. Ennél nagyobb hőmérséklet könnyen repedésekre vezethet, mert a kristályok közötti fázisoknak igen kicsi az olvadáspontjuk. A legtöbb ötvözetnél pl. 480° C-on már külsőleg is észlelhető „elégési” jelenség mutatkozik. Ez teljesen hasonló a Duralnál tapasztalható és a felületen narancshéjszerű dudorokat képező jelenséghez. Ha viszont kisebb hőmérsékleten dolgozunk, akkor érvényesül a Mg és Zn hexagonális kristályainak hatása és így szintén repedések lépnek fel. A kétféle repedés között a különbséget főleg az elrepedt anyag színe adja. A túlhevített anyag elhomályosodik és sötétszürke színbe megy át, míg hidegrepedésnél az anyag fémes-szürke marad,

A hőkezelésnél az imént elmondottakat szintén figyelembe kell venni. Hazai kísérleteink kiterjedtek ez ötvözet típusok hőmérséklet hatására történő változásainak vizsgálatára. Megállapítottuk a likvidusz — szolidusz — a legkisebb olvadáspontot és a rekrisztallizációs hőmérsékletet (10). E mérések igazolták, hogy az olvadáspont 620–630° C, a megdermedési hőmérséklet 570° C körül, míg a teljes megdermedés általában 470° C körül van. A rekrisztallizációs hőmérséklet 420° C körül mutatkozott. Vizsgálataink kiterjedtek a különböző inhibitorok (Cr, Ti, V és Ca) hatásának vizsgálatára és azt tapasztaltuk, hogy az ilyen kismennyiségű ötvözők az egyensúlyi hőmérsékleteket észrevehető mértékben nem befolyásolják.

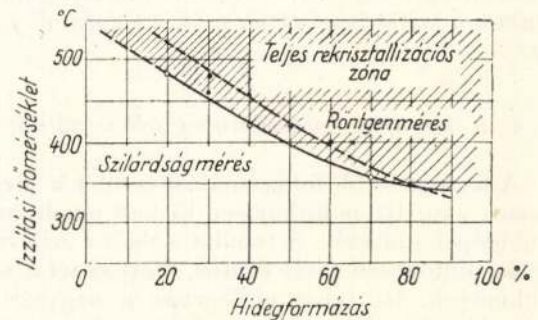
Ilyen megfontolások alapján a hőkezelést a következő módon tartjuk megfelelőnek:

1. Lágyítás. Itt meg kell különböztetnünk közbenső- és készlágyítást. A közbenső-lágyítás 310–330° C-on 4–6 órán át történhet, ezt követi a levegőnhűtés.

A készlágyítás 400–440° C-on 4–6 órán át tart, amikor megtörténik a rekrisztallizáció és utána 240–260° C-on 6 óráig utánkezeljük.

Ugyanolyan eredmény érhető el, ha a rekrisztallizációs hőkezelést 400° C-on 4 óráig végezzük, majd a kemencében lassan (10° C/óra) 260° C-ra hűtjük.

A rekrisztallizációs hőmérséklet az alakítási százaléktól függ (lásd 2. ábrát).



2. ábra

Az 2. ábra szerint röntgenográfiai mérések igazolják a rekrisztallizáció mértékét (6). Az ordinátán a lágyítási hőmérsékletet, az abszcisszán a hidegalakítási százalékot tüntettük fel. A folytonos görbe a szilárdsági értékeket adja, a szaggatott görbe viszont a röntgenográfiai vizsgálatok eredményeit ábrázolja. Megállapítható, hogy itt is, mint általában az alumínium ötvözeteknél, a hidegalakítási százalék növelésével a rekrisztallizációs hőmérséklet csökken.

2. Nemesítés. A homogenizációs hőmérsékletet úgy kell megválasztanunk, hogy az a legkisebb kristályközi olvadási hőmérséklet alá essen, azonban közelítse meg azt. Általában a homogenizációs hőmérséklete ez ötvözeteknél 450–470° C között mozog. Ha 400° C-ról vízben hirtelen lehűtjük, a szilárdság 80%-a már elérhető.

Öregbitési hőmérséklet 130—135°C 12—16 órán át. Öregbitésre ajánlják a következő eljárást : 135° C-on 2 óra és ezt követően 160° C-on 2—4 óra. Ha 160—170°C-on hosszabb ideig öregbítjük, akkor a szilárdság visszaesik (6).

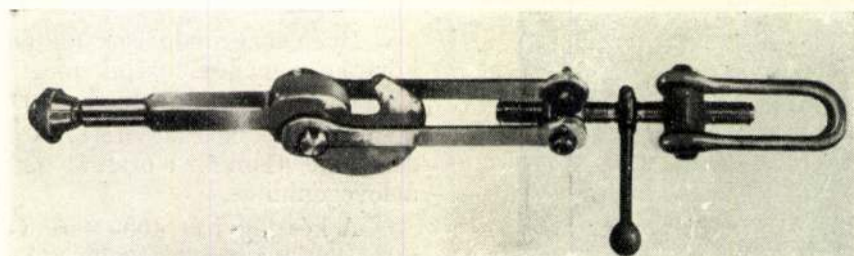
Szobahőmérsékleten is öregbíthetők az Al—Mg—Zn alapú ötvözetek, azonban ilyenkor legalább 30 napig kell elfektetnünk.

3. *Korróziós kísérletek*

A korróziós ellenállás (14) növelésére a Cr V, Ti, Ca vagy Zr adagolásán kívül a kész darabok

kovácsdarabok súlyához mért vastagsági tűrésekkel :

Kovácsdarab súlya súlya kg	Vastagsági tűrés mm	
	+	-
0—0,1	0,8	0,25
0,1—0,5	0,8	0,4
0,5—2	1	0,8
2—8	1,5	0,8
8—10	2	0,8
10—20	2,5	0,8
50—100	4,5	1,5
100-tól fölfelé	5,6	1,5



3. ábra

befestését vagy oxidálását használják. A feszültségi korrózió csökkentésére a Mn és Cr adagolásán kívül szokás a homogenizációs hőmérsékletet 450° C-ra beállítani, innen levegőn hűtik és 30—90 napig szobahőmérsékleten öregbítik. Ez esetben a feszültségi korrózió teljesen elhanyagolható, azonban a szilárdsági érték csak 42 kg/mm² körül van.

4. *Könnyűfém kovácsdarabok felhasználása*

A legfontosabb felhasználási terület a járműiparban van. Itt is különösen ki kell emelnünk a repülőgépek építését. A repülőiparban a szilárdság emelése különösen azért fontos, mert ezzel a súlyt csökkentjük. Itt tehát elsősorban a nagyszilárdságú Al—Zn—Mg típusú ötvözetek jöhetnek tekintetbe. Ma már nagy utasszállító repülőgépeket nagyrészt ebből az ötvözetből építenek. Rendszeres gyártását ma már a legtöbb ipari országban bevezették. A Szovjetunió kívül a szomszédos baráti Csehszlovákiában is gyártják.

A légijárműveken kívül a 3. ábrán látható vagonösszekapcsoló szerkezetet is építettek Al—Mg—Zn típusú ötvözetből, amely a célnak jobban megfelel, mint az eddig használatos acélkapcsolók.

5. *A kovácsdarabok tervezése (9,11)*

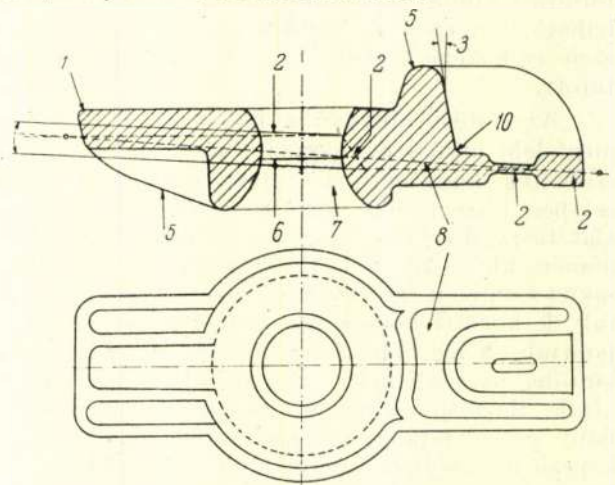
Az aluminium-ötvözetű kovácsdarabok tervezésénél az acél kovácsolásától eltérően különböző szempontokat kell figyelembe venni. Szükségesnek tartjuk tehát, hogy néhány példával szemléltessük a kovácsolási feltételeket.

Először is ismerkedjünk meg a különböző

Különböző hosszúságú, illetve szélességű kovácsdarabok hosszúsági tűrése :

Kovácsdarab hossz, illetve szélességi mérete	Hosszúsági tűrés mm
0—228	0,4
228—456	0,8
456—1200	1,2
1200—1800	1,6
1800—2400	2,4
2400—3200	3,2

Tanulmányunk további tárgyalása előtt állapodjunk meg a kovácsdarab részeinek elnevezésében, melyet a 4. ábrán láthatunk.



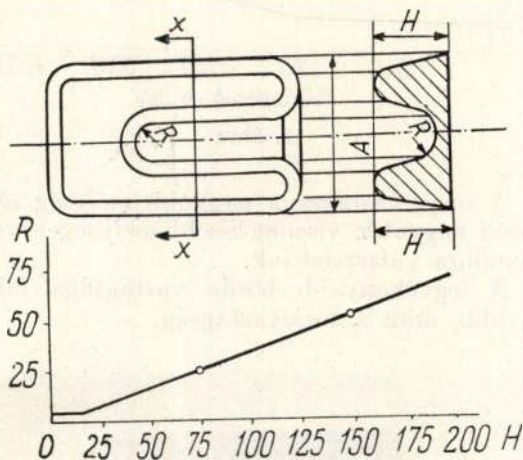
4. ábra

A 4. ábrán a számozásoknak a következő elnevezések felelnek meg :

1. és 10. a legömbölyítési sugár. (A külföldi irodalomban megkülönböztetnek élettörési sugarat

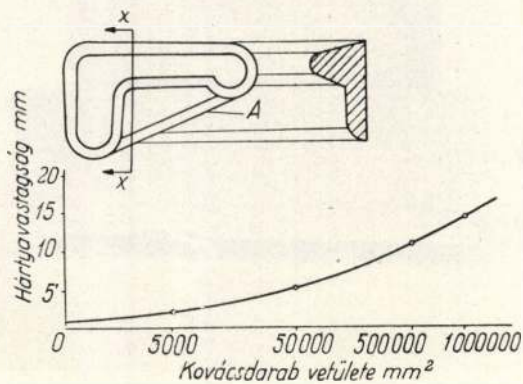
és vízszintesből függőleges síkba történő átmeneti sugarat. A magyar szakirodalom mindkettőt legömbölyítési sugárnak nevezi).

2. A süllyeszték osztóvonalára.
3. Húzás, rézsú, dőlés (oldalferdeség).
4. Süllyeszték zárása.
5. Borda.
6. Kilyukasztás helye.
7. Üreg, lyuk.
8. Kovácsolási alaprajz, vetület.
9. Hártya, fenékborda.



5. ábra

A könnyűfémeknél általában vastagabb bordát, nagyobb legömbölyítési sugarat és nagyobb dőlési szöget alkalmazunk, mint az acél és sárgaréz kovácsolásánál. A legtöbb könnyűfém kovácsolási süllyeszték kiskalapácsra készült. Összetettebb darabok, vagy magas borda és mély lyuk esetén a belső és külső dőlési szög 7° , hogy a darab a süllyesztékből könnyen kivethető legyen. A süllyeszték fenékdőlési szöge 1° .

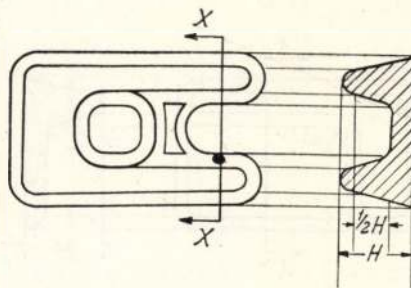


6. ábra

Könnűfém ötvözetű kovácsdarabok tervezésénél a kiszögelő keresztmetszetben a hirtelen átmenetet kerülni kell. Részletképzésre ajánlatos a 5—13. ábrán látható megoldások.

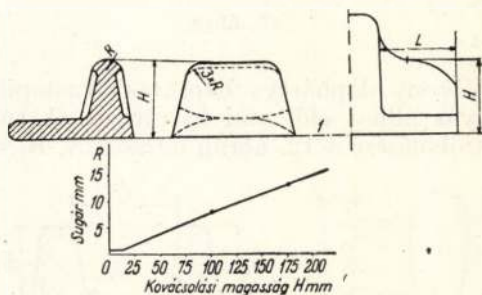
Az 5. ábrán, ha $A > 3 \times H$, akkor nagyobb legömbölyítési sugár kell. A legömbölyítési sugár a bordamagasságnak megfelelően az 5. ábra alatti diagrammból olvasható le. Az értékek zárt-súly-

lyesztékes kovácsolásra vonatkoznak. Nyitott súlylyesztékben történő kovácsolásnál a legömbölyítési sugár kisebb lehet (lásd 6. ábrát).



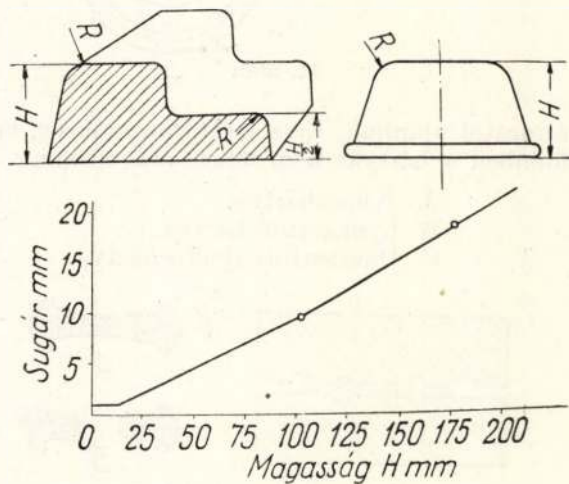
7. ábra

A benyomás az átmérő mélységig, vagy a nyílás átmérőjének 2—3-szorosáig bekovácsolható (lásd 7. ábrát). A legömbölyítések a magasságnak megfelelően az 5. ábrán olvashatók le.



8. ábra

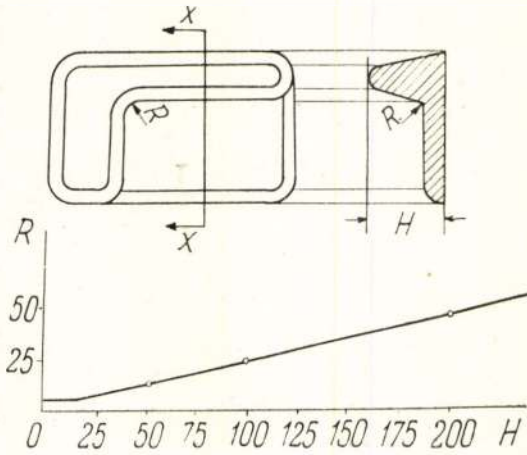
A borda legömbölyítési sugarai a 6. ábrán láthatók. A bordaváll végén a legömbölyítési sugár háromszorosa a megadott értéknek.



9. ábra

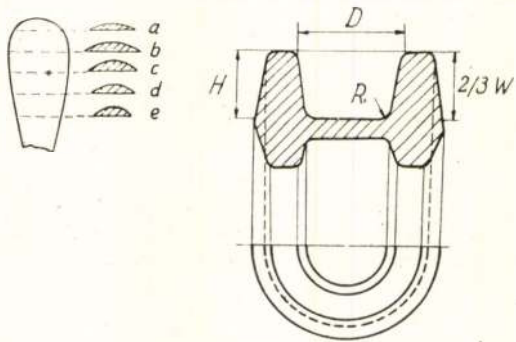
A domborulatok, vagy széles szárnyak élsugarai a kovácsdarab magasságának függvényében a 9. ábrán olvashatók le. A vékony bordák könnyen letörhetnek a hőkezelésnél, ezért a lehető legvastagabbra kell méretezni. A legkisebb bordavastagságot a kovácsdarab vetületének függvényében a 10. ábrán adjuk. A borda minél szélesebb és magassága is a tervrajz szerint megengedhető legnagyobb méretű legyen.

A központi borda magassága fele a szélső bordák magasságának (lásd 11. ábrát.) A borda élén a lehető legnagyobb legömbölyítési sugarat használjuk.



10. ábra

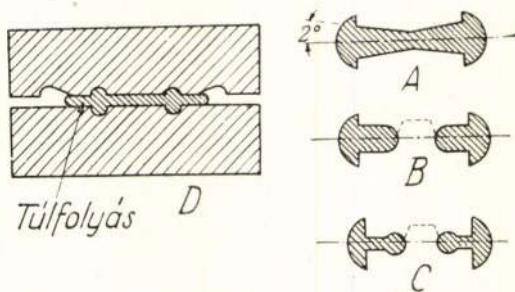
Vékony alaphártya fokozatos elvastagításánál túlfolyás állhat elő, ami hátrányos. A túlfolyás kiküszöbölésére a 12. ábrán látható A, B, vagy C



11. ábra

változatot ajánljuk. Erre azért van szükség, mert különben a hártyát nem lehet eltávolítani.

- A Kúposhártya.
- B Lyukasztott hártya.
- C Duzzasztott lyukú hártya.

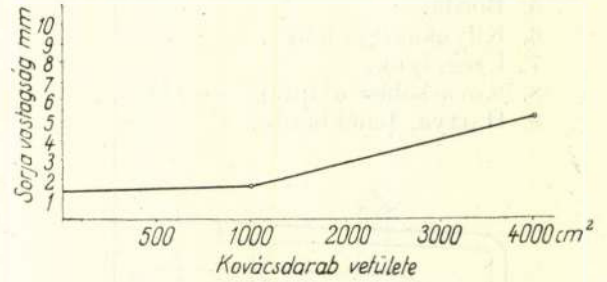


12. ábra

B és C esetében a középső fölös anyagnak eltávolítása a készrekovácsolás után következik be.

A sorjavastagság megállapítására nézzük a 13. diagrammot. A diagramm abszcisszáján a kovácsdarab vetületét tüntettük fel, míg az ordinátán a sorjavastagság olvasható le. A görbe a közepes

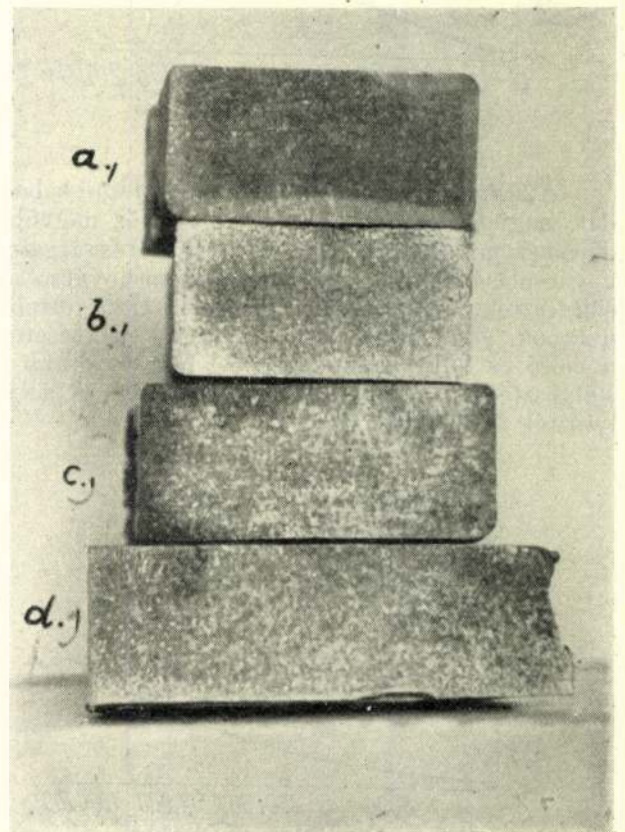
értéket adja. Ha lágyabb ötvözetet kovácsolunk, akkor ennél 25%-kal kisebb értéket kell venni. A keményebb Al—Mg 7—9, a Dural típusú, valamint az Al—Mg—Zn típusú ötvözeteknél a sorjavastagságot 25%-kal nagyobbra kell megválasztanunk.



13. ábra

A sorja vastagsága nagyobb mélység esetén szintén nagyobb, viszont kisebb mélységeknél vékonyabbra választhatjuk.

A legvékonyabb borda vastagsága mindig nagyobb, mint a sorjavastagság.



14. ábra

A Ti, V és Ca befolyásának vizsgálatánál említettük, hogy a vanádium szemcsefinomítóhatást fejt ki, amit azonban az említett bekezdésben sem irodalmi, sem gyakorlati adatokkal nem támasztottunk alá.

A kézirat beadásának idején nem állott még rendelkezésünkre a megfelelő bizonyító erejű fényképfelvétel, amit most az alábbi 14. ábrával póto-

lunk. Az ábrán látható *a* jelű tuskócsiszolat vanádium nélküli kokillaöntvény, a *b* 0,1%, a *c* 0,3%, a *d* 0,5% vanádiumtartalommal. A képen is megállapítható, hogy a vanádium 0,1% tartalomig szemcsefinomító hatást fejt ki, ezenfelül azonban a szemcse durvul. Bizonyos mértékig hasonlóan viselkedik, mint a Cr.

ÖSSZEFOGLALÁS

Tanulmányunkban a Ni-mentes Al—Mg—Si—Cu és Al—Mg—Zn típusú ötvözetek kovácsolástechnológiájával foglalkoztunk. Kitértünk a könnyűfém ötvözetek kovácsolásánál alkalmazott süllyesztékek néhány szerkesztési fogására is.

IRODALOM

1. *Mihejéva* : Chimieseszkaja priroda vi szokoprocsnih szplavov aljuminijja sz magnijjem i cinkom. Akadémiai kiadás, 1947.
2. *Sz. M. Voronov* : Processzi uprocsnyénijja szplavov aljuminij-imagnyiji-kremnyiji i jih novije promislenijje kompozicii. Aborongiz, 1946.
3. *Emőd Gyula* : Al-Mg-Si ötvözetű lemezek felhasználása körül szerzett tapasztalatok. Bányászati Kohászati Lapok, 1950., 8., 9.
4. *H. Hug* : Legierungen auf Al-Zn-Mg Basis. Metallurgie und Giesserei Technik, 1951., X.
5. *Mannchen* : Einfluss von Mn, Si, Fe auf die Al-Zn-Mg Legierungen. Metall, 1952., I.
6. *H. Hug* : Perunal, eine Hochfeste Aluminium Legierung auf Al-Zn-Mg-Cu Basis. Aluminium Suisse, 1952., 6.
7. *Emőd—Boczor* : Al-Mg-Zn-Cu ötvözetek technológiája. Kézirat.
8. *Emőd—Jakóby* : Könnyűfémek kovácsolása. Nehézipari könyvkiadó, 1951.
9. *Emőd Gyula* : Süllyesztéktervezés könnyűfémek kovácsolásához. Nehézipari Könyvkiadó, 1952.
10. *Emőd Gyula* : Kísérletek az ötvözők befolyására Al-Mg-Zn alapú ötvözeteknél. Kézirat. Akadémiai jelentés.
11. *C. D. Welty* : Designing light alloy forgings. Machinery vol. 77., No. 1978., Sept. 28., 1950.
12. *Cook Chadwick and Muir* : Observations on some Wrought Aluminium-Zinc-Magnesium Alloys. Journal of the Institut of Metals 1951., 79.
13. *Benkő Andor* : Az ötvözők befolyása az Al-Mg-Si típusú nemesíthető könnyűfém ötvözetek mechanikai tulajdonságaira. Kohászati Lapok, 1952., 5.
14. *Whitaker* : Corrosion resistance of Al (Metal Industry, V., 9., 1952.)

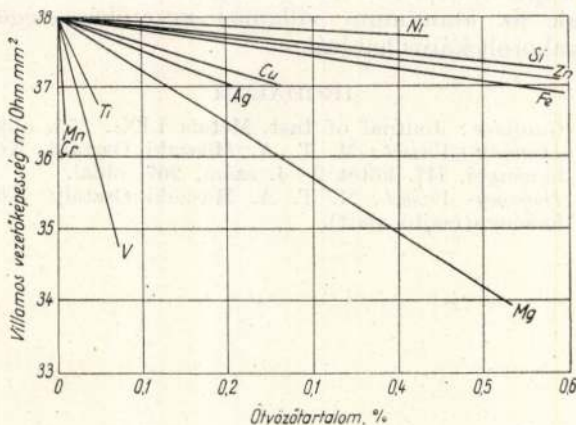
Bór ötvözés hatása a finomított és a kohóalumínium villamos vezetőképességére

DOMONY ANDRÁS, a műszaki tudományok kandidátusa és VASSEL K. RÓBERT

A kohóalumínium szennyeződéseinek és a fontosabb ötvözőknek az alumínium villamos vezetőképességére gyakorolt hatását *Gauthier* az 1930-as évek közepén már klasszikusnak tekint-

a) az alumínium villamos vezetőképességét a legnagyobb mértékben a Ti, V, Cr és Mn tartalom rontja (lásd 1. ábra),

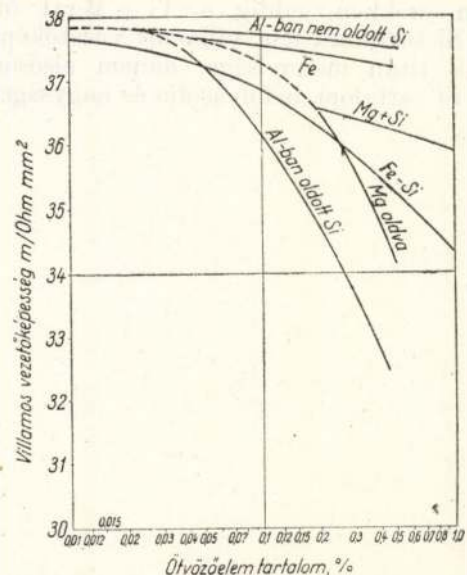
b) ha az ötvözők, vagy a szennyeződések egymással az alumíniumalapanyagban nem oldódó fémes vegyületeket képeznek, úgy az adalékok vezetőképességrontó hatása kisebb, mint az egyes az alumíniumban oldódó ötvözők hatásának összege (lásd 2. ábra).



1. ábra

hető diagrammban foglalta össze (1) (lásd 1. ábra). Kidolgozta továbbá a könnyűfémekben leggyakrabban előforduló ötvözőknek és szennyezőknek az alumínium villamos vezetőképessége szempontjából egymásra gyakorolt hatását is (Fe + Si és Mg + Si rendszert) (lásd 2. ábra).

A két ismert diagrammból megállapítható, hogy



2. ábra

Amint azt előző munkánkban ismertettük, bebizonyítást nyert (3), hogy alumíniumnak bórral történő ötvözésével a Ti és V vezetőképességre gyakorolt hatását nagyrészt semlegesíteni lehet. A tisztítási folyamatnál lejátszódó reakciók felderítése érdekében szükségessé vált a klasszikus Gauthier diagrammot bórral, valamint titánnal és bórral együttesen ötvözött alumínium villamos vezetőképességének vizsgálatával kiegészíteni.

Kísérleteink eredményeit az alábbi három pontban foglaljuk össze:

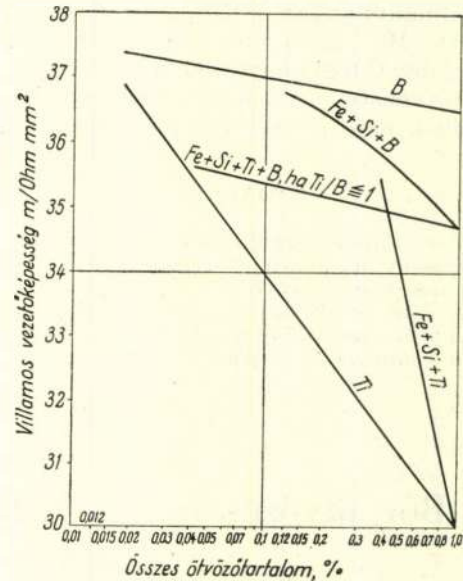
1. A mérések azt bizonyították, hogy a tiszta alumínium villamos vezetőképességét még 1% bór ötvözése sem csökkenti 0,5 m/ohm. mm²-nél nagyobb mértékben. A bór ötvözése az alumínium villamos vezetőképességét gyakorlatilag nem befolyásolja.

2. További kísérletek során megvizsgáltuk titánnal, valamint titánnal és bórral együttesen ötvözött alumínium villamos vezetőképességének változását. Megállapítható volt, hogy míg a titán egymagában az alumínium villamos vezetőképességét nagymértékben csökkenti, a titánnal és bórral együttesen ötvözött fém vezetőképessége — amennyiben a B : Ti arány 1-nél nagyobb — a titántartalomtól gyakorlatilag független. A különböző mennyiségű titánnal és bórral együttesen ötvözött anyag villamos vezetőképessége a csak bórral ötvözött fém jellemző diagrammjával párhuzamosan, az alatt kb. másfél m/ohm/mm² egységnyire halad. Amennyiben tehát a B : Ti súlyarány 1-nél nagyobb, a bór a titán vezetőképességre gyakorolt hatását — valószínűleg az alumíniumban oldhatatlan titánborid képződés következtében — ellensúlyozni képes (lásd a Fe + Si + Ti + B görbe első részét, 0,1% összes ötvözőtartalomig).

3. A fenti méréseket tiszta (Fe + Si < 0,1%) ötvözetekkel végeztük. Megvizsgáltuk továbbá a Ti és B ötvözésnek a Fe és Si tartalmú kohóalumíniumra gyakorolt hatását is. Ezek a mérések is azt bizonyították, hogy míg a csak titánnal ötvözött Fe + Si tartalmú alumínium vezetőképessége a titántartalom függvényében rohamosan csökken, addig a Ti + B-ral ötvözött Fe + Si tartalmú fém villamos vezetőképességét nem a titán mennyisége, hanem elsősorban a Fe + Si tartalom befolyásolja és nagyságrendileg

megközelíti a klasszikus Gauthier diagramm (2. ábra) Fe + Si vonalát (lásd a Fe + Si + Ti + B görbe második, 0,1% összes ötvöző tartalomnál nagyobb részét). Bór ötvözéssel tehát a vassal és szilíciummal szennyezett alumíniumnak titán adagolásával csökkentett villamos vezetőképességét nagymértékben javítani lehet.

Méréseink eredményeit a 3. ábrán foglaltuk össze. Ez az új diagramm az eddig ismert, 1. és 2. ábrában közölt adatokat kiegészíti és az úgy-



3. ábra

nevezett bóros tisztítási eljárás mechanizmusára adhat felvilágosítást. A vezetőképességmérések alapján ugyanis valószínűnek látszik, hogy a bór a folyékony alumíniumban lévő titán mennyiség egy részét alumíniumban oldhatatlan titánborid alakjában leköti és ezáltal megszüntetheti a titánnak az alumínium villamos vezetőképességére gyakorolt káros hatását.

IRODALOM

1. Gauthier : Journal of Inst. Metals LIX., 375. oldal.
2. Domony—Vassel : M. T. A. Műszaki Osztály Közleményei, III. kötet 2—4. szám, 267. oldal.
3. Domony—Vassel : M. T. A. Műszaki Osztály Közleményei (sajtó alatt).

Savkeverék nagy Si tartalmú ötvözetek oldására

BÁRTFAI FERENC

Бартфай Ференц:

КИСЛОТНАЯ МИКСТУРА, ДЛЯ РАСТВОРЕНИЯ СОДЕРЖАЩИХ КОЛИЧЕСТВО Si.

F. Bartfai:

An Acid-Mixture for dissolving of Alloys with high Silicon (and Mg) contents.

F. Bartfai:

Ein Säuregemisch zum Lösen von Legierungen mit hohem Si (und Mg) Gehalt.

Ismeretes, hogy sok Si tartalmú ötvözet oldása a szokásos savakkal igen heves, fény- sőt néha hangjelenséggel jár együtt. Ez az esetleges anyagvesztésen kívül még a használt üveg-edény törését is okozhatja. Az oldás sem a leg-tökéletesebb, mert a kovasav apró fémrészeket zár magába és ezeknek biztos feloldása igen körülményes és könnyen nem is ellenőrizhető. Efféle anyagokat (pl. Si = 50, Mg = 20, Fe = 10—30, Cu = 10% vagy Si = 50 és Ca = 50%) a következő módon lehet a fenti kísérő jelenségek nélkül könnyen oldatba vinni.

A finoman porított ötvözetet magasfalú platinatálba mérjük és hígított H₂O₂ oldatot (1 r. 30% H₂O₂ és 5 r. H₂O) ráöntünk, majd platina spatulával vagy huzaldarabbal jól keverjük, hogy

az anyag lehető tökéletesen nedvesedjék. Ezután cseppenként hidrogénfluorid oldatot adagolunk. Az oldás kb. 20—25 perc alatt tökéletes, vízfürdőn az időt esetleg rövidíthetjük. A képződött elektrolit analitikai feldolgozása a szokásos módon történik.

A reakció mechanizmusa bonyolult, kinetikáját részletesen nem vizsgáltam. Megfigyelhető pl. az említett ötvözetnél olykor a réznek szivacsos és egyidejűleg a tál falán leheletnyi bevonatot képező leválása is. Valószínű, hogy a H₂O₂ redukáló tulajdonsága játszik fontos szerepet, ezt a körülményt az is alátámasztja, hogy pl. az ötvözeteket az N₂H₄·H₂SO₄ szintén lángjelenség nélkül oldja. (Ennél a reakció megindulása után HCl-al is folytathatjuk az oldást.) Érdekes, hogy a kevésbé redukáló tulajdonságú NH₂OH·HCl vizes oldatát használva, szintén exploziós jellegű, nem tökéletes oldást tapasztalunk. Megemlítjük — mint felhasználási lehetőséget — hogy a savkerékkel pl. W/Ag, W/Cu kompozíciót is könnyen fel lehet oldani. Átnézett irodalom: Chemical Abstracts 1940—1952.

A szerző ezúton is köszöni Mika József professzor úrnak e tárggyal kapcsolatos szíves érdeklődését.

Kismennyiségű szilícium gyors meghatározása alumíniumfluoridban spektrográfiai módszerrel*

SZÁDECZKY-KARDOSS GÉZA és DR. BENKŐ ISTVÁN

Геза Садецки-Кардош и Иштван Бенке:
ЭКСПРЕСС-МЕТОД СПЕКТРОГРАФИЧЕСКОГО ОПРЕДЕЛЕНИЯ МАЛЫХ КОЛИЧЕСТВ КРЕМНИЯ ВО ФТОРИСТОМ АЛЮМИНИИ.

A Nehézvegyipari Kutató Intézet Szervetlen Kémiai Osztálya által előállított kalcinált AlF₃ 0,02—0,25% között mozgó SiO₂ tartalmának sorozatban elvégezhető gyors meghatározása új elemzési módszer kidolgozását tette szükségessé. A szilícium meghatározás fluor jelenlétében régi problémája az analitikai kémiának. Különösen nagyok a nehézségek, ha a szilícium tartalom kicsi. 0,1% SiO₂ tartalomnál kisebb koncentráció elemzésére az irodalomban közölt nedves módszerek nem adnak megbízható eredményeket. Megoldhatónak látszott azonban a kérdés spektrográfiai módszer segítségével.

Felszerelés

Spektrográf: Szovjet Állami Szövetségi Gyár által gyártott, ISzP22 jelű, középfelbontású kvarcspektrográf, amely a 2000 Å-tól 6000 Å-ig terjedő hullámhossz-tartományt 24 cm hosszú lemezre fényképezi.

Gerjesztő: A Nehézvegyipari Kutató Intézet Gépészeti Osztálya által összeállított egyenáramú ívgerjesztő. E gerjesztő egy 4,8 KVA-es, 1440 fordulátú aszinkron motorral meghajtott 2 db 4 KVA teljesítményű, 110 V-os egyenáramú dinamóból áll. Az aszinkron motor hajtja meg a két dinamó gerjesztő áramát szolgáltató gerjesztő-dinamót is. A két 110 V-os egyenáramú dinamó sorba kapcsolható és így a berendezés a szükségletnek megfelelően 110 vagy 220 V feszültséget szolgáltat. A megkívánt áramerősség beállítása az ív-áramkörbe iktatott öt ellenállás fokozattal történik; a finom beállítás és a feszültség ingadozás kiküszöbölése ugyancsak az ív-áramkörbe kötött toló-ellenállás kézi utánállításával eszközölhető.

Fotométer: A Szovjet Állami Szövetségi Gyár által gyártott, MF 2 jelű, nem regisztráló mikrofotométer.

Fényképezés.

Lemez: 9 × 24 cm méretű, Agfa „spektral blau extrahart.”

Előhívó: Codac D 19 (közepesen gyors előhívó).

* Nehézvegyipari Kutató Intézet, Veszprém.

Megszakító fürdő: 10%-os ecetsav.

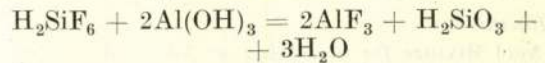
Rögzítő fürdő: $\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ 300 g, NH_4Cl 60 g NaHSO_3 45 g, desztillált vízben oldva, 1 literre feltöltve.

A $20 \pm 0,2$ C°-os előhívóban 4 percig történik az előhívás. Az előhívó kádat egy beállítható lengésidejű inga tengelyéhez rögzített asztalkára helyezve mozgattuk. Az előhívó oldat áramlásának iránya pontosan a lemez szélesség irányával esik egybe. E készülék segítségével a lemez érzékeny felülete felett erőteljes és egyenletes előhívó áramlás biztosítható, ami a lemez makróhibájának csökkentése szempontjából nagy jelentőségűnek bizonyult. Az előhívás után a lemez 10 másodpercére a megszakító fürdőbe kerül, azután ismét 10 másodpercig desztillált vizes mosás következik. Végül az ezüstbromid teljes kioldásának kétszeres idejéig (négy és fél—hat perc) erőteljes keverés mellett fixálunk. A lemezeket félóránál folyó vízben mossuk, ujjal mindkét oldalát folyóvíz alatt óvatosan áttöröljük, majd desztillált vízzel öblítjük. Ezután a lemezt zárt szekrényben, porszűrőn szűrt, 35 C°-os levegő áramban félóránál szárítjuk.

Standard minták

A spektrográfiai mennyiségi meghatározás minden esetben csak közvetett módszer, ezért a kiértékelő görbe felvételeihez a meghatározandó elemet ismert mennyiségben tartalmazó standard mintákra van szükség. A standard minták kétféle módon biztosíthatók: vagy az elemzendő mintákkal hasonló összetételű, de a meghatározandó elemet változó mennyiségben tartalmazó anyagokat kell valamely más kémiai módszerrel megemelni, vagy pedig az elemzendő mintákkal hasonló összetételű anyaghoz kell ismert, de változó mennyiségben a meghatározandó elemet hozzáadni (szintetikus standard) (1). Az első módszer szerint standard mintákat nem készíthetünk, mert alumíniumfluoridban 0,1%-nál kevesebb SiO_2 megbízható meghatározására nem volt lehetőség. Szintetikus standardok használatát az újabb spektrográfiai irodalom pl. (2), (3) nem javasolja, mert szintetikus standardok használata csak akkor ad biztosan helyes eredményt, ha a standard minta alap-alkotórészei és a meghatározandó elem is olyan vegyület formájában és olyan kristályrácsban vannak jelen a standard mintában, mint amilyenben azok a meghatározandó mintákban találhatóak. A meghatározandó elem vonalainak intenzitása változhat ugyanis a minta alapanyagának és meghatározandó elemének a mintában jelenlévő vegyülete és kristályrácsa szerint. Szintetikus standard alkalmazása esetén befolyásolhatja továbbá az eredményt az is, ha a standard minta és a meghatározandó minta között kémiai összetétel szempontjából jelentős különbség van, mert valamely elem koncentrációjának megváltozása a mintában az úgynevezett harmadik-elem-hatás értelmében a meghatározandó — vagy a belső standard vonalintenzitását jelentősen csökkentheti, vagy növelheti.

Ezért szükséges volt megállapítani, hogy az alumíniumfluorid a szilíciumot milyen vegyület formájában tartalmazza és hogy az AlF_3 -ot milyen vegyületek szennyezik. Az elemzendő AlF_3 előállítására a szuperfoszfát melléktermékeképpen nyert, híg H_2SiF_6 -ból és timföldhidrátból a következő reakció egyenlet szerint történik:



A kovasavat leszűrjük és az oldatot oltó-kristállyal beoltva kristályosítjuk, majd szűrjük és mossuk, végül kalcináljuk. A szilícium szennyezés az AlF_3 szűrése után alkalmazott mosás tökéletlenségére vezethető vissza és mivel a fenti reakció lejátszódása után az oldatban szilikófluorid marad vissza, ezért a kristályvíz tartalmú AlF_3 szilikófluorid vegyület formájában jelenlévő szilíciummal van szennyezve. E szilikófluorid vegyület kalcinálás közben részben SiF_4 -dá bomolhat, ami a távozó kristályvízzel hidrolizálva SiO_2 -dá alakul. Az AlF_3 szilícium szennyezése tehát nagyobb részben szilikófluorid vegyület, kisebb részben esetleg amorf SiO_2 . A kiértékelő görbe felvételéhez két standard minta sorozatot készítettünk: az egyikbe Na_2SiF_6 , a másikba pedig kvarcpor formájában adagolva a szilíciumot. Az elemzendő mintákban ugyan az SiO_2 amorf formában van jelen, de ez a kvarccal készült standard használata szempontjából nem lényeges, mert bármilyen módosulatú SiO_2 a felvételnél használt elektromos ívben az AlF_3 megbomlása és a távozó kristályvíz hatására, vagy amúgyis SiF_4 -dá alakul, vagy ha ez a reakció a rövid idő alatt por keverékben nem játszódik le, akkor az amorf SiO_2 a hőmérséklet hatására kvarccá kristályosodik át, majd pedig megolvad. Tehát a kvarcpor és az amorf SiO_2 az elgőzöltötés szempontjából az adott körülmények között mindenesetre hasonlóan fog viselkedni. A különbség legfeljebb az amorf SiO_2 és a kristályos kavare fluoriddal történő feltárhatóságának megfelelő mértékben adódhat, ez azonban az egyenáramú ív hőmérsékleti viszonyai között elhanyagolható. Az elemzendő AlF_3 minták spektrográfiai kvalitatív elemzés szerint szilíciumon kívül más számottevő szennyezést nem tartalmaztak, így a szintetikus standardokhoz tiszta AlF_3 -ot használhattunk.

A standard minták elkészítéséhez felhasznált vegyszerek a következők:

Kalcinált AlF_3 : A Nehézvegyipari Kutató Intézet által előállított különleges tisztaságú készítmény (továbbiakban „standard AlF_3 ”), melynek SiO_2 tartalma spektrográfiai módszerrel extrapolálás alapján meghatározva 0,0095%-nak adódott.

Na_2SiF_6 : p. a. belföldi gyártmány.

SiO_2 : természetes, tiszta kvarckristály pora.

A standard mintákat a szükséges arányban összemérve a mennyiségtől függően 1—2 óráig achát mozsárban kevertük. Az egyes keverékekhez a bemért mennyiségek megválasztása úgy történt, hogy a meghatározandó elem koncentrációk hígítása két fokozatban történt; így ezeknél a legnagyobb hiba $\pm 1\%$ lehetett.

Három standard keverék sorozat készült. Az első a standard AlF_3 szilícium tartalmának meghatározására szolgált. E keverék sorozat SiO_2 koncentrációja csupán a standard AlF_3 -hoz hozzá-mért szilícium vegyület alapján a következő volt: 0,993%, 0,100%, 0,0314%, 0,0151%, 0,0075%. A másik két standard keverék sorozat a kiértékelő egyenesek meghatározására szolgált és az egyik Na_2SiF_6 -al, a másik kvarcporral készült. E két sorozat egyes tagjainak SiO_2 koncentrációja figyelembevéve a standard AlF_3 SiO_2 tartalmát is, a következő volt: 0,330%, 0,106%, 0,0416%, 0,0255%.

Kísérletek a felvételi adatok megállapítására

Az elemzendő kalcinált AlF_3 -ban az alumínium gyakorlatilag állandó súlyarányban van jelen, ezért a módszer egyszerűsítése és az elemzés gyorsabb kivitelezhetősége céljából előnyösnek látszott összehasonlító vonalként az alumínium egyik vonalát használni. Az előkísérletek szerint azonban az alsó szénelektrod furatába betöltött vizsgálandó anyagból az alumínium sem egyen-áramú, sem váltóáramú ívben nem gőzölög el a szilíciummal párhuzamosan. A szilícium nagy-része az ív gyújtása után gyorsan eltávozik az alumíniumfluorid pedig viszonylag hosszabb ideig, a szén furatfalának leégésével párhuzamosan egyenletes sebességgel szublimál el. Ilyen körülmények között a kísérletek szerint az alumínium és szilícium vonalkülönbség megismételhetőséget csak akkor lehet biztosítani, ha a felvétel alatt a szilícium teljesen, az alumínium pedig legalább is nagyrésztben elgőzölög.

A jól ismételtetés szempontjából további követelmény (különösen az ISzP 22 spektrográf lencse átmérőinek kicsinyisége miatt), hogy az ív vagy állandóan az optikai tengelyben égjen, vagy pedig ha az ív az alsó elektrod furatának falán helyét változtatja, akkor ez az optikai tengelyhez viszonyított kimozdulás minden egyes felvételnél közelítőleg megismételhető legyen (pl. az ív a furat peremén körbe vándorol). Biztosítani kell továbbá azt is, hogy az expozíciós idő alatt lezajló áramerő-ség változása is megismételhető legyen.

A meghatározás egyik nehézsége az volt, hogy az első másodpercben hevesen eltávozó kristályvíz az alsó elektrod furatából az anyag egy részét kifújja. Mivel pedig az alumínium és szilícium nem párhuzamosan gőzölög el, ezért az anyag kiszóródása az alumínium és szilícium vonalfeketedésének különbségét is befolyásolta. Az anyag kiszóródását szénpor, LiCO_3 (4), SrCO_3 (5) adagolásával próbáltuk csökkenteni, de ezen adalék anyagok sem javították jelentősen a megismételhetőséget. Kísérleteztünk váltóáramú folytonos és szaggatott ív használatával is. Ez azonban igen rossz megismételhetőséget eredményezett, mert az ívnek a hálózati félperiódusonként történt újra gyújtása az anyagot erősen kiszórja. A meghatározáshoz tehát minden esetre előnyösebb az egyenáramú ív használata. A kalcinált AlF_3 -al vagy kalcinált AlF_3 és szénpor 1 : 1 arányú keve-

rékével töltött alsó szénelektrodot anódnak kapcsolva az ív nyugtalanul ég, az amper változik és az anyag az ívetetés elején jelentős mértékben kiszóródik. Nem sikerült az anyag kiszóródását megakadályozni kupferronos átítatással sem. Az alsó elektrodot anódnak kapcsolva további hiba volt, hogy az elgőzölögő anyag egy része a felső elektrodra csapódott le és az ív a felső elektrod csúcsáról néhány másodpercre elvándorolva ezt a szublimátumot is elgőzölögtette. Ez a jelenség a megismételhetőség szempontjából igen káros, mert részben az ív erősen változtatja a helyét, részben pedig az ív hosszának megnövekedése az áramerősség jelentős változását eredményezi. A felsorolt hibák nagyrészt kiküszöbölhetők voltak az alsó elektrodot kapcsolva katódnak. Ha a felső elektrod az anód és legalább 13 amper áramerősségű az ív, akkor a felső elektrod erősen átmelegszik és annak csak az ívtől távolos felső szakaszára csapódik le az alsó elektrodból elgőzölögő anyag.

Az elektrod furatába betöltött anyagmennyiséget úgy állapítottuk meg, hogy a mérendő vonalak feketedésgörbe egyenes szakaszára essenek.

Végeredményben 13,5 amper áramerősséget használva, 3,5 mm átmérőjű és 4 mm mély elektrod furatba 30 mg anyagot betöltve és a vizsgálandó anyagot katódnak kapcsolva megismételhető elgőzölögtetés biztosítható. Az elgőzölögés lefolyása a következő: Az ív az első másodpercben a felső elektrod csúcsa és az alsó elektrod furatperemének egy pontja között képződik. Az elszublimált AlF_3 az alsó elektrod furat peremén lecsapódik és ennek hatására az ív égési helye a furat peremen lassan és egyenletesen körbe vándorol. A furat perem felső szélén a körbe tovahaladó ív előtt olvadék-gyöngy képződik, mely az ív előtt vándorol. Az ív égése az első másodpercek után kb. 80 másodpercig a leírt módon játszódik le. 120 másodperc után az alsó elektrod kráterben 1—2 mg anyag marad vissza.

A minta előkészítése

A vizsgálandó kalcinált AlF_3 mintát ajánlatos az elektrodba való betöltés előtt achát mozsárban 10 percig porítani.

Felvételi adatok

Elektrodok: az alsó és felső elektrodok készítéséhez használt tiszta szénrudat a Központi Kutató Intézet Spektrográfiai Osztálya állította elő.

Az alsó és felső elektrod alakját és méreteit az 1. számú ábra mutatja.

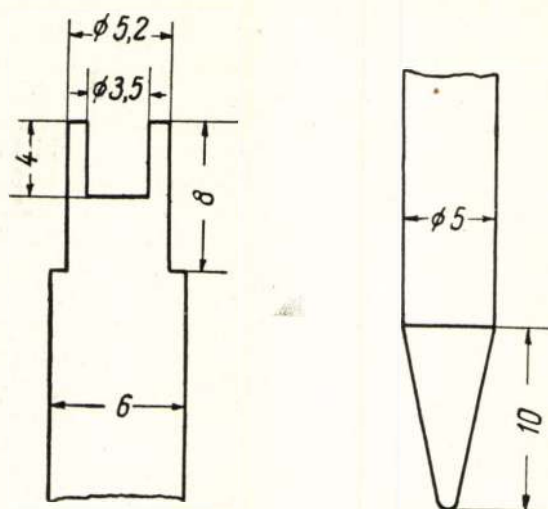
Gerjesztés: egyenáramú ív, 220 V, 13,5 amper; a vizsgálandó mintát tartalmazó alsó elektrod katódnak kapcsolva.

Elektrodtáv: 3,5 mm.

Résmagasság: 0,7 mm.

Expozíciós idő: 90 mp.

Furatba töltött anyagmennyiség: 0,03 g.



1. ábra. A szén-elektrodák méretei.

Optikai beállítás: Közép leképzés. A középső lencse előtt felszerelt diaframa nyílás magassága 5 mm. Az elektrodok képe a diaframa nyíláshoz viszonyítva szimmetrikus és ezt a beállítást az expozíció teljes ideje alatt kézi utánállítás biztosítja.

Az analízis vonalak kiválasztása

A kis szilícium-koncentráció miatt csak nagy intenzitású szilícium vonalak jöhetnek számításba. Ilyen vonalak a színek ultraibolya területén a 2881, 2528, 2524, 2519, 2516, 2514 és a 2507 Å hullámhosszú vonalak. Az irodalomban található adatok szerint (1), (2), (6), (7), (8), (9), (10), (11), (12), (13), szilícium mennyiségi meghatározására leggyakrabban a 2516, 2507 és a 2881 Å hullámhosszú vonalat használják. A 2881 vonal közelében nincs összehasonlító vonalnak alkalmas alumínium vonal, ezért az utána következő legnagyobb intenzitású 2516 vonal használata látszott legelőnyösebbnek.

Az alumínium összehasonlító vonalának kiválasztása nehéz, mert az alumínium színeképe vonalszegény. Az alumínium vonalak egyrésze erős önabszorpciós vonal, mennyiségi meghatározásra tehát nem alkalmas; e vonalak feketedése is túl nagy a nagy alumínium koncentráció miatt. Az alumínium vonalak másik része az intenzív vonalak közvetlen közelében fekszik, úgyhogy ezek takarják azokat. A 3050 Å és annál nagyobb hullámhosszú vonalak viszont azért nem alkalmasak, mert szénelektrodák használata esetén e hullámhossz tartományban a nagy alapfeketedés zavar.

A számításba jövő vonalak a következők: 2369, 2378, 2669, 2321 és 2258 Å. A felsorolt vonalak közül legelőnyösebb az alumínium 2378, mert e vonal intenzitása az adott felvételi körülmények mellett a feketedésgörbe egyenes szakaszára esik és ezt más vonal sem zavarja, továbbá ez van legközelebb a választott szilíciumvonalhoz. Ezenkívül e vonal jól megismételhető fekedést mutat. Az e célra végzett kísérletek szerint 24 fel-

vétel alapján a 2378 Å vonal feketedésének átlagos szórása a középértéktől $\pm 1,6\%$. Ugyanez pl. a 2369 Å vonalnál $\pm 4\%$, a 2669 Å-nél pedig $\pm 4,2\%$ -nak adódott. Az összehasonlító vonal jó megismételhetősége nem minden szempontból előny, mert pl. egy ilyen vonal a gerjesztés változásaiból adódó vonalkülönbség szórását nem csökkenti. Ezért a vonal kiválasztás helyességét a vonalkülönbség megismételhetősége alapján ellenőrizzük. E célból a következő vonalkülönbségeket képeztük:

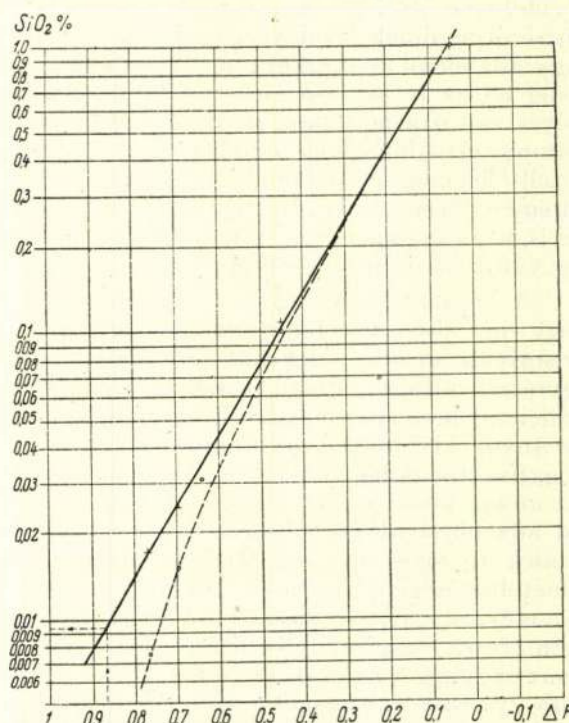
Al—Si	Al—Si	Al—Si	Al—Si
2378—2507	2669—2507	2369—2507	2321—2507
2378—2514	2669—2514	2369—2514	2321—2514
2378—2516	2669—2516	2369—2516	2321—2516
2378—2519	2669—2519		
2378—2528	2669—2528		

Ezek közül a különböző szilícium koncentrációnál kisebb szórást — azaz a legjobb megismételhetőséget — az Al 2378—Si 2507 és Al 2378—Si 2516 vonalpár adta. Ezért a kiértékelést e vonal-párokkal végeztük.

Kiértékelés

A kiértékelés az úgynevezett két vonalas módszerrel történt. A kiértékelő görbe megrajzolásához az Al és Si vonalának feketedéskülönbségét mértük fel az abszcisszára, az ordináta logaritmikus skálájára pedig a szilícium koncentrációt.

A vonalfeketedés kimérése MF2 jelű gyorsfotométerrel történt. A vonalfeketedések mérésénél a fotométeren 0,45 mm résszélességet és 30-szoros nagyítást használtunk. A galvanométer kitérések leolvasását a logaritmikus skálán végeztük, így közvetlenül a feketedés értékek 100-szoro-

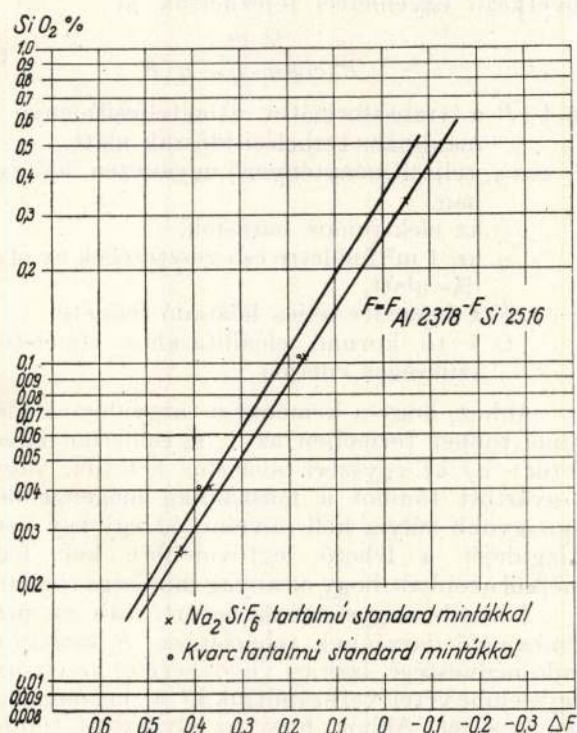
2. ábra. Standard AlF_3 szilícium tartalmának meghatározására felvett kiértékelő görbe.

sát mértük. Az alumínium és szilícium vonalak feketedéskülönbsége tehát a leolvasott galvanométer kitérések kivonása és 100-zal történt osztása után adódott.

Először a standard AlF_3 szilícium tartalmát kellett meghatározni. E meghatározás nedves elemzés hiányában csak spektrográfiai extrapolálás alapján történhetett. A standard AlF_3 mintához ismert mennyiségű szilícium vegyületet adunk hozzá és feltételezzük, hogy a szóbajövő alacsony koncentrációnál (0,01 $\text{SiO}_2\%$) a Si vonalak fényintenzitása egyenesen arányos a minta Si tartalmával. Ez esetben a kiértékelő görbének legalábbis a meghatározandó koncentráció körüli szakaszon egyenesnek kell lennie. A felvétel az előzőkben közölt adatok szerint történt. A kapott kiértékelő egyenes a 2. számú ábrán látható.

A standard AlF_3 -hoz hozzákevert szilícium vegyület alapján számított $\text{SiO}_2\%$ -nak megfelelő ΔF jelzett a szaggatottan rajzolt erősen meghajló görbét adták. A standard AlF_3 -ban 0,0095% SiO_2 -ot feltételezve a görbe a + jelzett pontoknak megfelelően kiegyenlíthető és a keveretlen standard AlF_3 pontja az egyenesre ráesik. A standard AlF_3 szilícium tartalma tehát 0,0095 $\text{SiO}_2\%$. A 2. számú ábrán minden pont három felvétel középértékét jelenti.

A közölt felvételi adatok szerint felvételt készítettünk egy lemezre a Na_2SiF_6 adagolásával készült standard mintákkal és ellenőrzésképpen a kvarcpor hozzámérésével készült standard mintákkal is. A standard AlF_3 szilícium tartalmának megfelelően korrigált koncentrációk alapján felrajzolt kalibráló egyeneseket az Al 2378—Si 2516 vonalpár alapján a 3. sz. ábra mutatja.



3. ábra. Kiértékelő egyenesek kalcinált AlF_3 Si tartalmának meghatározásához.

A 3. sz. ábra minden pontja 3 felvétel középértékéből adódott. A Na_2SiF_6 -os és a kvarcporos standard minták egymástól eltérő szögű kiértékelő egyenest adnak. 0,1 $\text{SiO}_2\%$ koncentrációnál a két egyenessel meghatározott koncentráció közötti eltérés 25%.

A kiértékelés alapjául — mivel az AlF_3 -ban a szilícium nagyobb részben mindenesetre sziliko-fluorid vegyület alakjában van jelen — a Na_2SiF_6 kiértékelő egyenest lehet elfogadni. Ezzel esetleg kisebb módszeres hiba adódhat, amely azonban 0,2 $\text{SiO}_2\%$ koncentráció határig biztosan kisebb, mint a módszer meghatározási eredményeinek Gauss-féle középhibája. E módszeres hiba következtében a meghatározással kapott szilícium koncentráció a ténylegesnél kisebb lenne.

Az ismeretlen szilícium tartalmú AlF_3 minták elemzése összehasonlító standard minták segítségével történt, tehát úgy, hogy minden lemezhez külön kalibrálógörbét szerkesztettünk a lemezre felvett összehasonlító próbák alapján. Minden lemezre három különböző, ismert koncentrációjú, a szilíciumot NaSiF_6 formájában tartalmazó standard mintát vettünk fel. Hogy a mérések hibáját csökkentjük, 1—1 mintából 3—3 felvételt készítettünk és a 3—3 felvétel középértéke alapján rajzoltuk fel a kiértékelő egyenest. Minden vizsgálandó mintáról 2—2 azonos felvételt készítettünk.

A módszer hibája

Három felvétel középértéke alapján meghatározott pontok Na_2SiF_6 -os kalibrálóegyenestől való eltéréseinek a Gauss-féle középhibája $\pm 10,7$ százalék. (Természetesen itt nem vettük figyelembe az előző szakaszban tárgyalt esetleg mutatkozó módszeres hibát). Ugyanez a standard AlF_3 szilícium tartalmának meghatározására szolgáló kiértékelő egyenesnél $\pm 5,9\%$.

Anyag- és időszükséglet

A meghatározást sorozatban előnyösen két személy végezheti. Egy meghatározásra eső összes munkaidő kb. 30 perc. A standard minták egyszerre elkészíthetők több száz meghatározás számára, így az összehasonlító mintákkal történő kiértékelés nagyobb idővesztéséget nem jelent. Egy 9 cm-es lemezre 0,7 mm-es résmagasságot használva 42 felvétel készíthető. Egy lemezen tehát minden egyes meghatározandó anyagból 3—3 felvételt készítve 10 minta elemzése végezhető el.

ÖSSZEFOGLALÁS

A leírt módszer segítségével alumíniumfluorid SiO_2 tartalma 0,01—0,30% határok között $\pm 10,7$ százalékos középhibával határozható meg.

A kísérleteket tovább folytatjuk abban az irányban, hogy egységes módszert találjunk kalcinált alumíniumfluorid és kriolit szilícium tartalmának nagyobb pontosságú meghatározására 0,05 és 5 $\text{SiO}_2\%$ koncentráció határok között.

Köszönetünket fejezzük ki Vaszkó Benedek munkatársunknak a kísérleti munka egy részének elvégzéséért, dr. Török Tibor docensnek a spektrográfiai munkánk megindításánál nyújtott értékes tanácsáért, és a Nehézvegyipari Kutató Intézet Szervetlen Osztályának a különleges tisztaságú AlF_3 elkészítéséért.

IRODALOM

1. *Ruszanov A. K.*: Szpektralnij Analiz Rud i Mineralov Goszgeolizdat, Moszkva, 1948.
2. *Jaycox*: J. of the Opt. Soc. of Amer. 37. 162 (1947).

3. *Gillis I.*:—*Eckholt I.*: Silicates Ind. 15. 213. (1950).
4. *Weaver J. K.*:—*Brottain R. R.*: Anal. Chem. 21. 1038 (1949).
5. *Kvalium A.*: J. of. the Opt. Soc. Amer. 37. 585. (1947)
6. *Wilson M. H.*: II. Optical Soc. Am. 34. 229. (1944).
7. *Korzh P. D.*: Zavodskaja Lab. 11. 187. (1945).
8. *Fitz. E. D.*: *Murray W. M.* Ind. Eng. Chem. Ed. 17. 145. (1945).
9. *Boettner E. D.*: Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 13. 861. (1942).
10. *Richter O.*: Arbeitsschutz 1940. 87.
11. *Kvalheim A.*: J. Optical Soc. Am. 37. 585 (1947).
12. *Eckhout*: Spectrochim. Acta. III. 5., 575. (1949).
13. *Traedwell W. D. Walti R.*: Helv. Chim. Acta. 23. 1446 (1940).

Korundolvasztó kemencék termelőképességének növelése az elektromos teljesítmény maximális kihasználásával

HARRACH VALTER

Валтер Харрах:

О ПОВЫШЕНИИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРУНДА ПУТЕМ МАКСИМАЛЬНОГО ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ИХ ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ МОЩНОСТИ.

ПОВЫШЕНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПЕЧЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА КОРУНДА ДОСТИГАЕТСЯ С ОДНОЙ СТОРОНЫ ПОВЫШЕНИЕМ ВЕСА БЛОКОВ ДО ПОЛНОЙ ГРУЗОПОДЪЕМНОСТИ КРАНОВ, С ДРУГОЙ СТОРОНЫ УЛУЩЕНИЕМ КОЭФФИЦИЕНТА ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ОБОРУДОВАНИЯ И ПОВЫШЕНИЕМ ЕГО МОЩНОСТИ. ПОСЛЕДНЕЕ НЕ ПРЕДЛАГАЕТСЯ ПРОИЗВЕСТИ ПУТЕМ ПОВЫШЕНИЯ НАПРЯЖЕНИЯ ТАК КАК ПРИ ПОВЫШЕНИИ НАПРЯЖЕНИЯ КАЧЕСТВО КОРУНДА СНИЖАЕТСЯ, ПРЕДЕЛ НАПРЯЖЕНИЯ ПРИ ПРОИЗВОДСТВЕ ОБЫКНОВЕННОГО КОРУНДА В СРЕДНЕМ 130 ВОЛЬТ.

Zusammenfassung: Zur Erhöhung der Produktivität von Korundöfen muss man einesteiis das Durchschnittsgewicht der Blöcke bis zur Tragfähigkeit der Betriebskräne erhöhen, anderenteils führt die Verbesserung des Wirkungsgrades und die Erhöhung der Leistung zum Ziel. Die Leistung darf nicht durch die Erhöhung der Spannung gehoben werden, weil die Qualität des Korundes bei höherer Spannung schlechter wird. Bei der Produktion von Normalkorund ist der durchschnittlich höchste Wert der Spannung 130 V.

Korundolvasztó kemencék termelőképességét a szakaszos gyártásra vonatkozó alábbi egyenlettel számíthatjuk ki:

$$M = \frac{h \cdot m}{T}, \quad (1)$$

ahol M az időszakra (év, hónap, nap) vonatkoztatott termelőképesség to-ban,

h az időszakra eső órák száma,

m egy olvasztásból termelt korund mennyisége to-ban (1 tömb súlya),

T egy olvasztás teljes ideje bekapcsolástól bekapcsolásig órában.

Az olvasztás ideje T négy tag összegéből adódik:

$$T = T_1 + T_2 + T_3 + T_4 \quad (2)$$

ahol T_1 a kemencecsere és elektródatolás ideje,

T_2 a felfűtés időtartama,

T_3 a transzformátor maximális teljesítményével történő olvasztás ideje,

T_4 az utóégetés időtartama.

Ezek közül csak T_3 függ a transzformátor teljesítményétől. T_1 alatt a transzformátor ki van kapcsolva, T_2 és T_4 alatt pedig csak csökkentett teljesítménnyel dolgozik.

A maximális teljesítménnyel történő olvasztási periódus idejét N. V. Okorokov nyomán a következő egyenlettel fejezhetjük ki:

$$T_3 = \frac{Q \cdot m}{P \cdot \cos \varphi \cdot \eta - q \cdot F} \quad (3)$$

ahol P a transzformátor átlagteljesítménye a maximális terhelési időszak alatt,

$\cos \varphi$ teljesítménytényező ugyanezen időszakban,

η az elektromos hatásfok,

q az 1 m^2 felületre eső veszteségek az olvasztás alatt,

F a kemence teljes hőátadó felülete,

Q 1 to korund előállításához elméletileg szükséges energia.

Ahhoz, hogy a kemence a tárgyidőszak alatt minél többet termeljen az 1. egyenletből következik: *a)* az egyszeri olvasztás betétjét, vagyis a gyártott tömböt a műszakilag megengedhető legnagyobb súlyig kell növelni, *b)* egy-egy üzem átlagidejét a lehető legrövidebbre kell fogni anélkül azonban, hogy az anyag minősége romlana.

A tömb nagyságának határt szab az üzem tömbemelő darujának teherbírása. A bauxit tapadó nedvessége, izzítási vesztesége és az elporzás figyelembe vételével számíthatjuk ki a beadagolható mennyiséget. Ahhoz, hogy az olvasztott tömbök átlagsúlya ne maradjon sokkal az elméletileg számított súly alatt, szükséges még, hogy minél

kevesebb olvasztásnál forduljon elő az idő előtti, üzemzavarok és géphibák miatti kényszerleállítás, amikor esetleg csak fél vagy háromnegyed súlyú tömbbel kell megelégednünk.

Mint a 2. egyenletből látszik, egy tömb teljes olvasztási ideje T négy tag összege. T_1 a manipulációs idő, amely alatt a transzformátor üzemén kívül van. Ezen idő hossza függ a kemencecsere és elektródatolás munkáinak jó megszervezésétől és a műveletek gépesítésétől. Optimális esetben, helyesen vezetett üzemen a csereidő lerövidítésével egy tömb teljes olvasztási idejének 4–6%-át lehet megtakarítani.

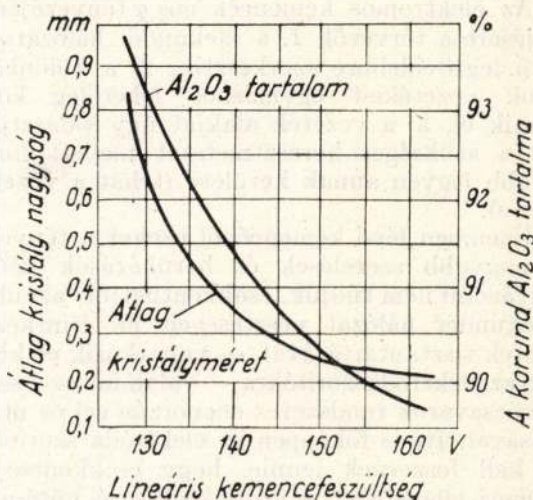
T_2 és T_4 , a felfűtés és utóégetés alatt a transzformátor csökkentett teljesítménnyel dolgozik, tehát nincs kihasználva. Ezeket az időket bizonyos fokon túl lerövidíteni nem lehet, mert a túl gyors felfűtés a kemence fenékelektrodájának időelőtti elhasználódásához, a hirtelen leállítás pedig hűlés közben bekövetkező kitorésekhez és ezen keresztül köpeny meghibásodásokhoz vezet.

T_3 időtartam alatt a transzformátor teljesen ki van használva. Cél az, hogy egy-egy olvasztás időbeosztásából a maximális teljesítménnyel történő olvasztásra minél nagyobb rész jusson, ugyanakkor azonban ezen időtartam abszolút értéke minél kisebb legyen.

Mivel a 2. egyenlet számlálójában szereplő elméleti energiaszükséglet Q állandó érték és a tömb súlya — egy olvasztásból termelt mennyiség m is az emelőberendezés teherbírásához alkalmazkodó mennyiség, T_3 időt csak a nevező növelésével csökkenthetjük. A transzformátor teljesítménye P a T_3 időszak alatt teljesen ki van használva. Mivel azonban a felfűtés és utóégetés alatt csak részben, kemencecsere alatt pedig egyáltalán nincs kihasználva, megengedhetőnek kell tartani, hogy az olvasztást a transzformátor bizonyos fokú túlterhelésének rovására siettessük. Természetesen ilyenkor gondoskodni kell az olaj fokozott hűtéséről és az olajhőfok, valamint a szekunder vezetékek gyakori és rendszeres ellenőrzéséről. Az olajhőfoknak 60 °C-ot tartósan túllépni nem szabad, rövidebb ideig 1–1,5 órán át megengedhető 70 °C olajhőmérséklet.

A teljesítmény növelésével csökken a fajlagos elektromos energia fogyasztás, egyrészt, mert kisebbeknek a kemence hőveszteségei, másrészt azért mert megjavulnak a folyamat lefolyásának körülményei. Ha a teljesítmény emelését a feszültség növelésével végezzük, ezzel együtt jár a kemence hasznosítható teljesítményének növekedése az áramerősség növelése, és következésképpen az ohmikus és induktív veszteségek változása nélkül. A teljesítménynek az áramerősség emelésével való fokozása a vezetékben és az elektródákon fellépő veszteségek négyzetes arányú növekedését vonja maga után, tehát romlik az elektromos energia kihasználása, csökken az elektromos hatásfok. Ezért elektrotechnikai megfontolások alapján legelőnyösebb a transzformátor legnagyobb feszültségi fokán elvégeznünk a maximális teljesítményű olvasztást, mint ezt mellékelt táblázat adatai is igazolják. A feszültsé-

sgel kapcsolatban azonban az elektrokorundgyártás igen szigorú követelményeket támaszt. A feszültség emelése ugyanis kedvezőtlenül hat a termék Al_2O_3 tartalmára és a képződő kristályok nagyságára.



1. ábra.

Golubkov, Kondakov és Filonyenko 7,5–10,0 modulusú bauxitokkal végeztek erre vonatkozó kísérleteket, melyeknek eredményeit az 1. sz. ábra tünteti fel. Golubkov a korundolvasztásnál megengedhető maximális feszültséget alábbi képlettel adja meg:

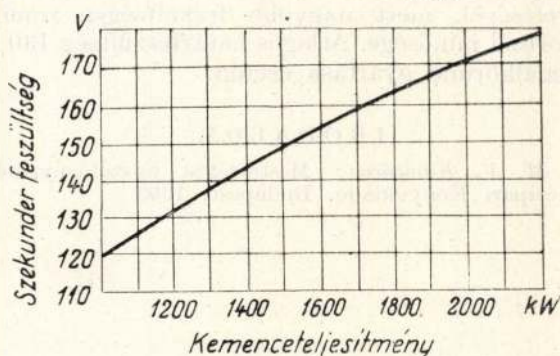
$$E \leq \sqrt{\frac{W \cdot r}{2 \cos^2 \varphi}} \quad (4)$$

ahol E a transzformátor szekunder feszültsége V -ben,

W a kemencében kiváltott teljesítmény W -ben,

z az olvadékban szükséges és az egész kemencében keletkező energiamennyiség aránya, mely 10 modulusú bauxitnál 0,53 Golubkov szerint,

r az olvadék átlagos fázisellenállása Ω -ban, ez ugyancsak Golubkov szerint üzemi kemencékben 0,008 Ω .



2. ábra.

Fenti képlet alapján a 2. sz. ábra mutatja a megengedhető maximális kemencefeszültség és a kemenceteljesítmény közti összefüggést 10–12 modulusú bauxit felhasználása esetén. Rosszabb

minőségű bauxit alkalmazása esetén a feszültségnek is kisebbnek kell lennie. Láthatjuk tehát, hogy a teljesítményt a korundgyártásnál nem a feszültség, hanem az áramerősség emelésével kell növelnünk.

Az elektromos kemencék $\cos \varphi$ tényezőjének növelésére a tervezők 1. a szekundér hálózatot a lehető legrövidebbre szerkesztik, 2. a különböző fázisok vezetőkeit egymáshoz lehetőleg közel helyezik el, 3. a vezeték alakját úgy választják, hogy a szükséges keresztmetszet mellett minél nagyobb legyen annak kerülete (tehát a vezeték felülete).

Űzemben lévő kemencénél ezeket a tényezőket nagyobb szerelések és beruházások nélkül befolyásolni nem tudjuk, csökkenthetjük azonban a szekundér hálózat veszteségeit az érintkezési felületek tisztántartásával, — vonatkozik ez különösen az elektródaszorítókra, — valamint az összes szorítócsavarok rendszeres ellenőrzésével és utánhúzásával. Itt is főképpen az elektróda szorítójának kell feszesnek lennie, hogy csökkentse az átmeneti ellenállást. A szorítópofák jó hűtése az érintkezési felület felmelegedését és oxidációját küszöböli ki.

A veszteségek csökkentése érdekében fontos, hogy minél rövidebbre fogott elektródákkal dol-

gozzunk anélkül azonban, hogy a túl rövidre fogott elektródák gyors leégése miatt az olvasztást idő előtt le kelljen állítanunk. A korundolvasztó kemencék hőveszteségei sugárzásból és a kemenceköpeny hűtése folytán keletkeznek. A sugárzási veszteségeket csökkenthetjük, ha az elektródák körül az ívet lehetőleg takarjuk, tehát „zárt garattal” dolgozunk. Kamencev és Kondakov kísérletileg kimutatták, hogy míg zárt garatnál 5%, addig nyitott garatnál 45,8% esik a kemence hőveszteségeiből a betét felszínén előálló veszteségre. Zárt garatnál a kemence összes hőveszteségei az összefogyasztás 24%-át, nyitott garatnál 59%-át teszik ki.

A köpenyhűtésnél fellépő veszteségek az összefogyasztás 5—10%-át teszik ki, de túlzott mértékű hűtésnél ez a veszteség 14% fölé is emelkedhet. Meg kell találni a középutat a túlerős és túlgynge hűtés között, mivel előbbi felesleges veszteségekhez, utóbbi pedig köpenykioldadásokhoz vezet.

Ahhoz, hogy a kemencébe táplált elektromos energiát maximális határfokkal hasznosítsuk, szükséges, hogy a legjelentéktelenebbnek látszó veszteség lecsökkentésére is megtegyük a szükséges intézkedéseket.

1. táblázat

Elektrokorundolvasztókemence különböző feszültségekre vonatkoztatott elektromos mérlege

Szek. fesz. V	Névl. fázis áram A	Névl. áram melletti telj. kW	V e s z t e s é g e k						Kemence haszn. telj.	
			transzform.		sínek		elektródák		kW	%
			kW	%	kW	%	kW	%		
130	5780	1325	36,3	2,7	12,6	0,95	43,0	3,2	1233	93,15
120	6260	1245	36,4	3,05	14,7	1,16	50,7	4,07	1141	91,7
110	6840	1228	41,1	3,4	17,7	1,4	60,4	4,9	1109	90,3
90	8350	1125	49,6	4,4	26,4	2,3	90,0	8,0	959	85,3
78	9650	1002	59,6	5,9	35,2	3,4	120,0	12,0	788	78,7

Összefoglalás: Korundolvasztó kemencék termelőképességének növelésére egyrészt a tömbök átlagsúlyát kell a daruk teherbírásáig emelni, másrészt a berendezés határfokának javításával és a teljesítmény emelésével érhetünk el eredményt. A teljesítmény emelése nem történhet a feszültség növelésével, mert nagyobb feszültségen romlik a korund minősége. Átlagos határfeszültség 130 V normálkorund gyártása esetén.

I R O D A L O M

M. V. Kamencev: Mesterséges csiszolóanyagok. Nehézipari Könyvkiadó. Budapest, 1952.

F. P. Jedneral: Elektrokohászat. Nehézipari Könyvkiadó. Budapest, 1952.

Liska József: Villamos gépek I. Tankönyvkiadó. Budapest, 1950.

Pázmándi László: A színesfémkohászat nagyteljesítményű villamosberendezései. Közoktatásügyi Jegyzet-ellátó Vállalat. Budapest, 1952.

Gedeon Tihamér: Műkorundgyártás. Alumínium I. (1949) 190—192. oldal.

Dobos György: Megjegyzések a műkorundgyártás kohászati problémáihoz. Alumínium III. (1951) 65—68. oldal.

Harrach Valter: Tapasztalatok a hazai műkorundgyártás terén. Alumínium III. (1951) 280—287. oldal.

A nomográfia új módszerének alkalmazása a metallurgiában

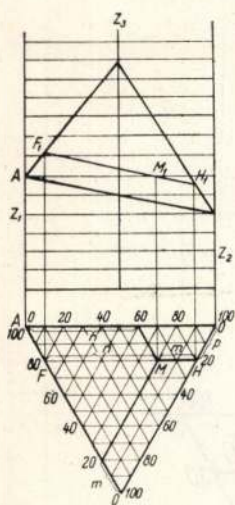
BALOGH ARTÚR

II. RÉSZ

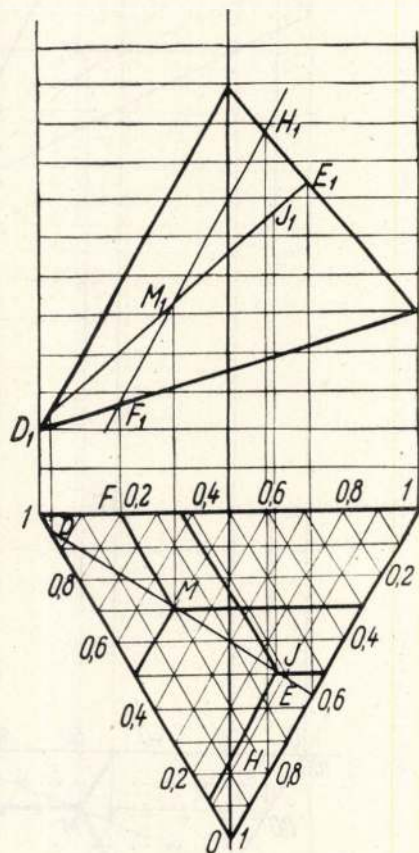
Az említett szerző ezt az eredményt a már jelzett és a nomográfiában ritkán használatos vetítési eljárással vezeti le, természetesen ugyanazzal az eredménnyel.

A fentiekből látható, hogy ha $m + n + p = 1$, akkor a szorzatok összege ezzel az egyszerű módszerrel ábrázolható.

kesztettük az M -hez tartozó M_1 -et. A szerkesztés egyszerűsítése kedvéért az M és I pontot DE egyenessel kötjük össze. Megkeressük e pontok vetületét a vetítési háromszögon, amelyet egye-



7. ábra

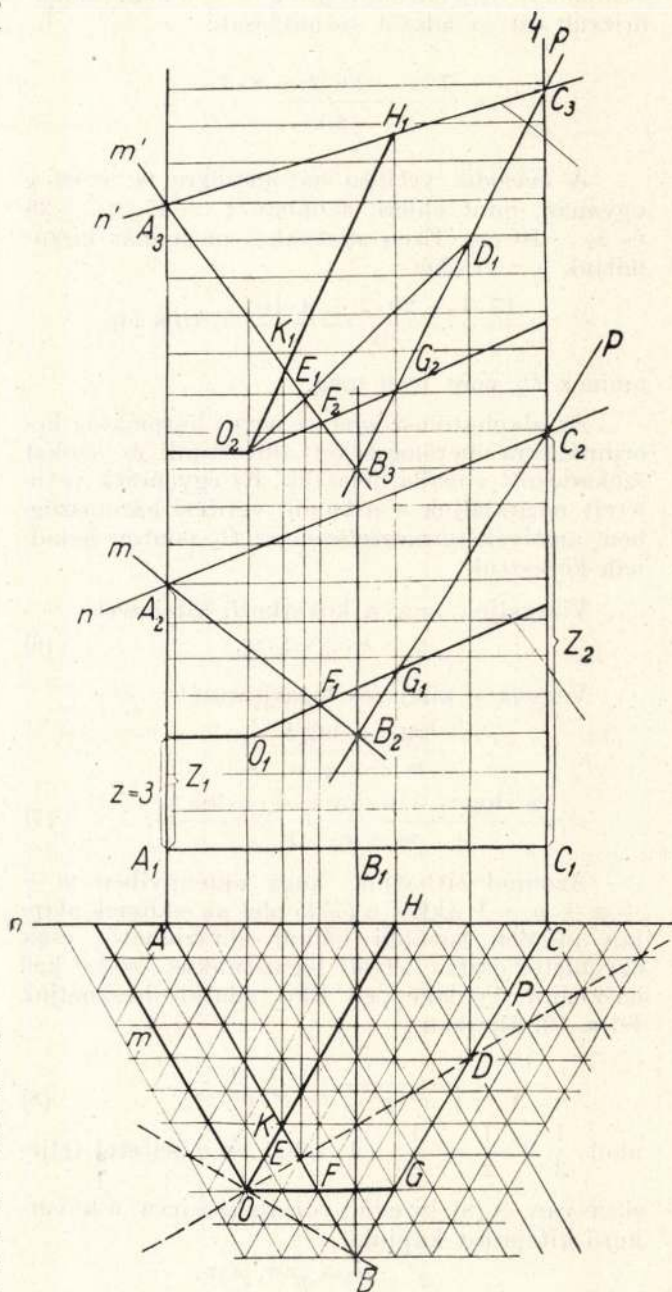


8. ábra

A 7. ábrán példát mutatunk be erre. $z_1 = 60$, $z_2 = 40$, $z_3 = 130$ mm. Ezen adatokkal megrajzoltuk a 7. ábra alsó vetítési háromszögét. Válaszunk az alapháromszögben az M pontot úgy, hogy $m = 20$; $n = 60$, $p = 20$ mm. Ezeknek megfelelő háromszög koordinátákat az alapháromszögbe berajzoltuk. Az alapháromszögben az FH egyenest felvetítjük e két pont segítségével a vetítési háromszögre és kapjuk az F_1H_1 egyenest. Erre az egyenesre vetítjük fel az M pontot és kapjuk az M_1 pontot. Az ábrában ennek megfelelő A pontot kapjuk, $z = 60$ -nal. Végezzük el az ennek megfelelő számítást az (5) képlet alapján és akkor:

$$\frac{2 \cdot 6 + 6 \cdot 4 + 13 \cdot 2}{10} = 5,9 \text{ cm} = AD.$$

A 8. ábrában az alapháromszögben két pontot választottunk: M és I . Az előbb ismertetett módon az FH egyenes felhasználásával megszer-



9. ábra

nessel összekötve, kapjuk a D_1E_1 egyenest. Ezen az egyenesen fekszik mind az M , mind az I pont vetülete, tehát M_1 és I_1 . Ismeretesek a z értékek, tehát az M és I pontokhoz tartozó háromszög koordinátáknak megfelelő z értékek leolvashatók.

A 9. ábrában két sorozat z érték adott. Ennek megfelelően tehát az ábrában két vetítési három-

szög jelentkezik. Mindkét esetre az O ponthoz tartozó háromszög koordinátákkal mutatjuk be a számítást.

Az O pont háromszög koordinátái a következők: $m = 40$, $n = -20$, és $p = 80$ mm.

Az egyik háromszögre nézve: $z_1 = 7$, $z_2 = 11$, és $z_3 = 3$ cm.

Az ehhez tartozó O_1 pontot az ismert szerkesztési eljárással az ábrában megtaláljuk. Az eredményt bejelöltük, és pedig $z = 3$ -mal. Ellenőrizzük ezt az adatot számítással:

$$z = \frac{7 \cdot 4 - 11 \cdot 2 + 8 \cdot 3}{10} = 3$$

A második vetítési háromszögre m , n és p ugyanaz, mint előbb, azonban $z_1 = 17$, $z_2 = 20$ és $z_3 = 10$ cm. Ezen adatokkal most már kiszámítjuk a z értékét:

$$\frac{17 \cdot 4 - 20 \cdot 2 + 8 \cdot 10}{10} = 10,8 \text{ cm,}$$

aminek O_2 pont felel meg.

Az alapháromszögbe az egyes háromszög koordinátákra merőlegeseket állítottunk és azokat szakadozott vonallal jeleztük. Ez egyenesek vetületeit megtaláljuk a második vetítési háromszögben, amelyek természetesen az O_2 ponton haladnak keresztül.

Vizsgáljuk meg a következő kifejezést:

$$z = k \cdot z_1^m \cdot z_2^n \cdot z_3^p \tag{6}$$

Vegyük e kifejezés logaritmusát:

$$\begin{aligned} \frac{\log z - \log k}{m + n + p} &= \\ &= \frac{m \cdot \log z_1 + n \cdot \log z_2 + p \cdot \log z_3}{m + n + p} \end{aligned} \tag{7}$$

Azonnal láthatjuk, hogy amennyiben $m + n + p = 1$, akkor a (7) képlet az eddigiek alapján minden további nélkül ábrázolható, csak egyenletes osztás helyett logaritmikus osztást kell használni. Példaképpen Elox adatait használjuk fel a 10. ábrában:

$$N = \sqrt[6]{x^2 \cdot y^3 \cdot z} = x^{\frac{1}{3}} \cdot y^{\frac{1}{2}} \cdot z^{\frac{1}{6}} \tag{8}$$

ahol $\frac{1}{3} + \frac{1}{2} + \frac{1}{6} = 1$, tehát ez a feltétel teljesítve van. A (8). kitevőit törtalakba írva, a következő kifejezést kapjuk:

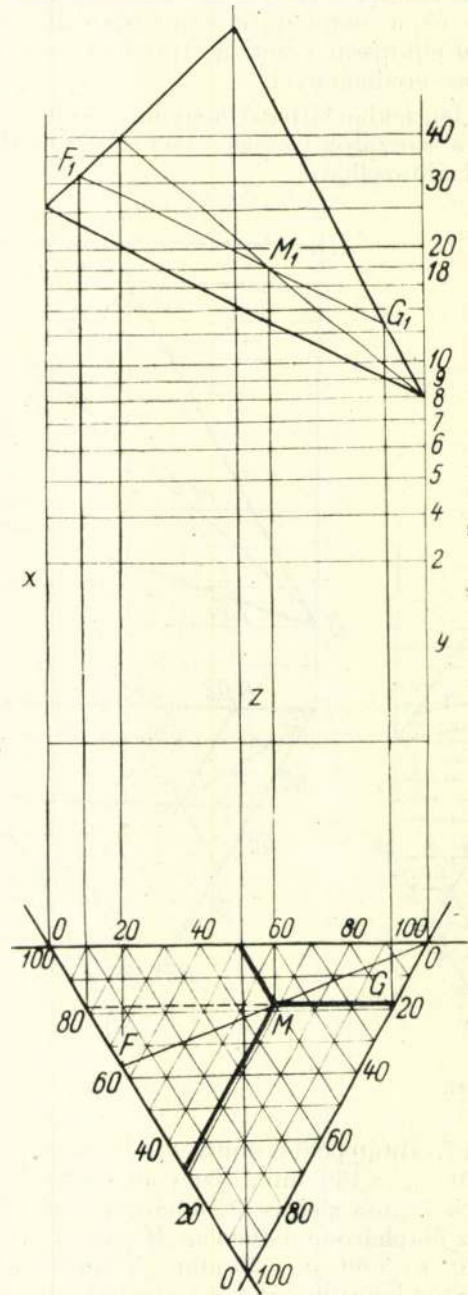
$$z = x^{0,33} \cdot y^{0,5} \cdot z^{0,17}$$

Ily átalakítások után a szerkesztés menete egyezik az előzővel.

Ezt az esetet a 10. ábrában rajzoltuk fel és példaképpen legyen $x = 27$, $y = 8$ és $z = 80$. Erre az esetre megrajzoljuk a már ismert módon a vetítési háromszöget. Az alapháromszögben a kitevőknek megfelelő háromszög koordinátákat berajzoljuk és a már ismertetett módon megszerkesztjük az M pont vetületét: M_1 -et, amelyhez

18-at, azaz 180-at olvasunk le. A számítás 178-at ad.

Abban az esetben, ha a kitevők összege nem egyenlő eggyel, csekély átalakítással ugyanezt az eljárást alkalmazhatjuk, amit szintén példán mu-



10. ábra

tatunk be a 11. ábra felhasználásával. A szerző példáját vesszük elő, és pedig:

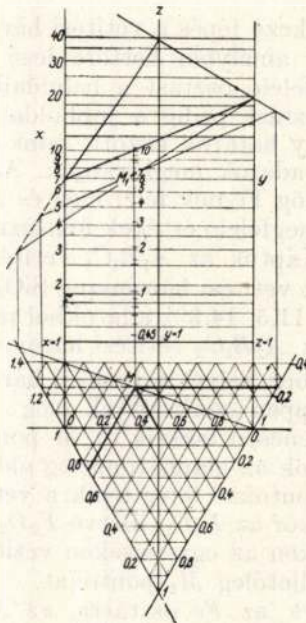
$$\begin{aligned} N &= 0,45 \cdot x \cdot \sqrt[3]{\frac{y^2}{z}} = 0,45 \cdot x \cdot y^{\frac{2}{3}} \cdot z^{-\frac{1}{3}} = \\ &= 0,45 \cdot x \cdot y^{0,666} \cdot z^{-0,333} \end{aligned}$$

Vizsgáljuk meg erre az esetre a kitevők összegét:

$$m + n + p = 1 + 0,666 - 0,333 = 1,333$$

tehát a kitevők összege nem 1. Végezzük el a következő átalakítást :

$$\left(\frac{N}{0,45}\right)^{\frac{1}{1,333}} = x^{\frac{1}{1,333}} \cdot y^{\frac{0,666}{1,333}} \cdot z^{\frac{-0,333}{1,333}}$$



11. ábra

Ha a törteket kiszámítjuk, a következő kifejezést kapjuk :

$$N^{0,75} = 0,45^{0,75} \cdot x^{0,75} \cdot y^{0,5} \cdot z^{-0,25}$$

Ha most megvizsgáljuk a kitevők összegét, a következő eredményt kapjuk :

$$m + n + p = 0,75 + 0,5 - 0,25 = 1$$

Tehát ezzel az átalakítással megkaptuk a szerkesztéshez szükséges képlet-alakot. Ha ezzel a kifejezéssel végezzük el a számítást, akkor eredményként az :

$$\left(\frac{N}{0,45}\right)^{\frac{3}{4}}$$

kifejezést kapjuk, amelyet az ismert osztásváltással az e célra szolgáló osztásegvényes felhasználásával állapítunk meg.

A 11. ábrában természetesen a vetítési háromszög megszerkesztéséhez logaritmusosztást használunk a következő adatokkal :

$$x = 7, y = 20, z = 40.$$

Ezekkel az adatokkal megszerkesztjük a vetítési háromszöget. Az *M* pontnak, amely a háromszög területén kívül fekszik, megszerkesztjük a hozzávaló koordinátákat, amelyek a kitevőkkel egyeznek. Az *M* pontban emelt függélyesre felrakjuk a $\frac{3}{4} \cdot 100 = 75$ mm-es osztásegységet, mert az ábrában a 100 mm-es logaritmikus osztást használtuk és esetünkben ennek $\frac{3}{4}$ részéről van szó.

Az osztás kiindulási pontját abból a feltételből állapítjuk meg, hogy ha $x = 1, y = 1, z = 1$, akkor $N = 4,5$.

Ilyképpen az eredményt leolvashatjuk, amely a következő :

$$N = 0,45 \cdot 7 \sqrt[3]{\frac{20^2}{40}} = 6,74.$$

Az alapháromszögeknek három oldala van. Minden oldalhoz csatlakozhat ilyen vetítési háromszög. Ilyenformán három *z*-sorozathoz tartozó egyenletrendszeret ábrázolhatunk.

Oly megoldás is lehetséges, hogy két egyenlő oldalú háromszög, amelynek közös oldala van, használata szükséges és ebben az esetben tehát két közös oldalú alapháromszög van 4 szabad oldallal. Ilyképpen tehát 4 vetítési háromszöget használhatunk.

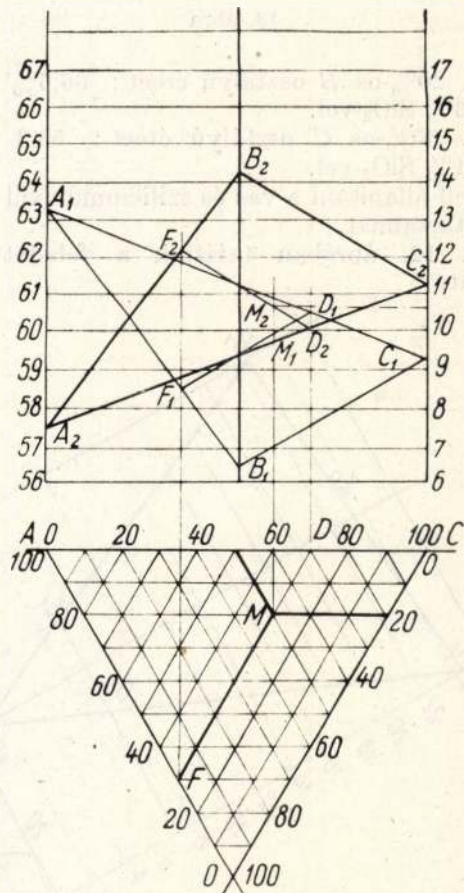
Bloh könyvében számos metallurgiai példát dolgozott fel a fenti eljárás felhasználásával és mint látható, ezekhez egyszerű és ismert mértani összefüggéseket alkalmazott. Ez az eljárás igen célszerű és főleg gyakorlati értékű, ezért úgy véltük, hogy az érdeklődők figyelmét erre fel kellett hívni.

Az eddigiekben ismertetett eljárást néhány példán fogjuk bemutatni, és felhasználjuk az idézett könyv néhány példáját ábrájával egyetemben.

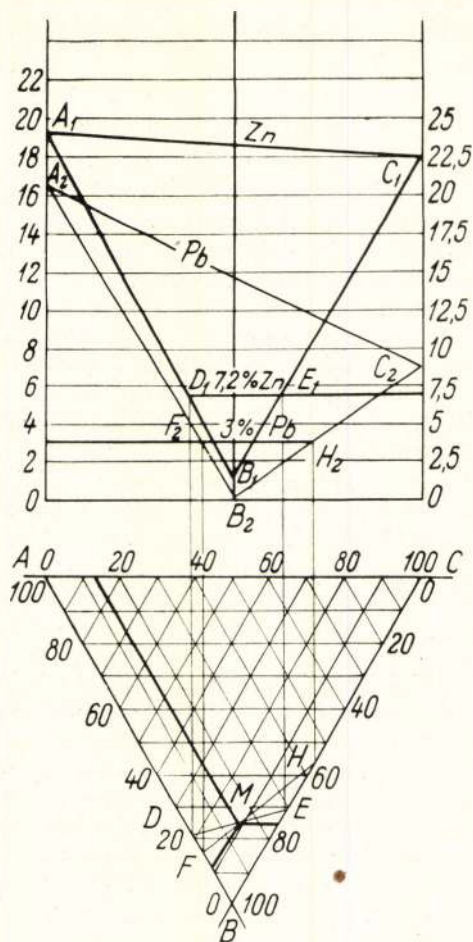
Példa. Agglomerációs rétegben lévő Fe és SiO₂ tartalomnak meghatározása adott ércettség szerinti százalékos tartalmának figyelembevételével.

Az agglomerációs réteg tartalmaz :

1. 30%-os A osztályú ércet : 63,2% Fe-vel és 7,5% SiO₂-vel.



12. ábra



13. ábra

2. 20%-os B osztályú ércet : 56,5% Fe-vel és 14,3% SiO₂-vel.

3. 50%-os C osztályú ércet : 59,3 Fe-vel és 11,1% SiO₂-vel.

Meg kell állapítani a vas és szilíciumdioxid százalékos tartalmát.

A 12. ábrában találjuk a feladat megoldását.

Megrajzoljuk az ABC alapháromszöget, amely a már ismertetett háromszögbe.

20, 30, 50% értéknek megfelelő pontokat az alapháromszög oldalain megjelöljük és a háromszög koordináták meghúzásával meghatározzuk az M pontot.

A következő lépés a vetítési háromszög megszerkesztése, amelyből kettőre lesz szükség. Az Fe-nek megfelelő osztást a baloldali, a SiO₂-nek megfelelő osztást pedig a jobboldali függélyesre rakjuk fel oly határok között, mint azt a rendelkezésre álló adatok megkívánják. Az egyik vetítési háromszög Fe-nek felel meg és az 56,5, 59,3, 63,2%-nak megfelelő értékek felhasználásával rajzoltuk fel. Kaptuk az A₁B₁C₁ vetítési háromszöget. A másik vetítési háromszög SiO₂-re vonatkozik és a 7,5, 11,5, 14,3% adatokból rajzoltuk meg és kaptuk az A₂B₂C₂ vetítési háromszöget.

Az M pont helyét a vetítési háromszögben a következőképpen szerkesztjük meg :

FD egyenesen fekszik az M pont, maguk az F és D pontok az alapháromszög oldalain fekszenek. Ha e pontokat felvetítjük a vetítési háromszögekre, akkor az F₁D₁, illetve F₂D₂ egyeneseket kapjuk. Ezekben az egyenesekben vetítéssel kijelöljük az M₁, illetve M₂ pontokat.

Az M₁-et az Fe osztásra, az M₂-öt a SiO₂ osztásra vetítjük ki és a következő eredményt kapjuk :

$$Fe = 60\%, SiO_2 = 10,6\%.$$

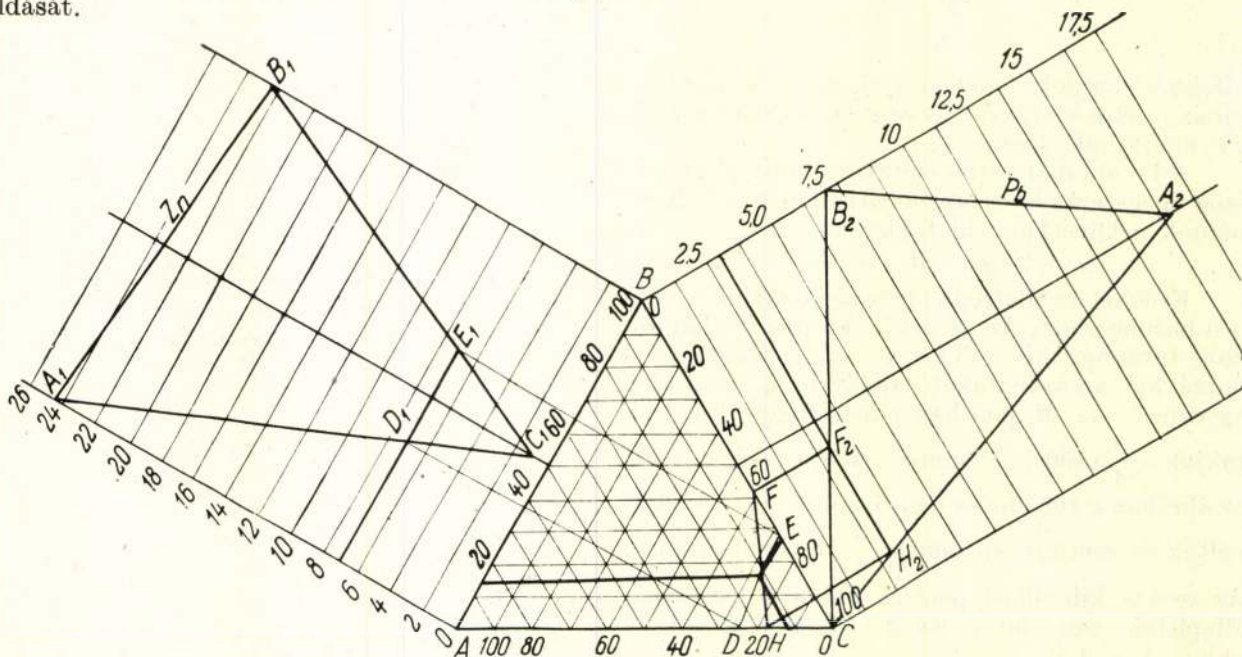
Ha számítással ellenőrizzük, akkor a következő eredményt kapjuk :

$$Fe = \frac{30 \cdot 63,2 + 20 \cdot 56,5 + 50 \cdot 59,3}{100} = 59,9,$$

$$SiO_2 = \frac{30 \cdot 7,5 + 20 \cdot 14,3 + 50 \cdot 11,1}{100} = 10,66.$$

Az eredmények jól egyeznek.

Példa. 7,2% Zn és 3% Pb tartalmú ércből előállítanak :



14. ábra

1. 24,5% Zn és 16,4% Pb tartalmú cink-koncentrátumot,
2. 22,5% Zn és 6,9% Pb tartalmú ólom-koncentrátumot,
3. 1,4% Zn és 0,1% Pb tartalmú maradékvegyületet.

Ellenőrizzük az általunk bemutatott eljárással ennek helyességét, ami lényegileg az előző feladat megfordítottja.

Megszerkesztjük a cink-háromszöget a következő értékek felhasználásával: 24,5, 22,5 és 1,4% Zn. Ugyancsak megszerkesztjük az ólom-háromszöget: 16,4, 6,9, és 0,1% Pb értékek felhasználásával. A 13. ábrában a cink-háromszög $A_1B_1C_1$, az ólom-háromszög pedig: $A_2B_2C_2$.

A cink-háromszögbe berajzoljuk a 7,2% cinknek megfelelő vízszintes egyenest, amely a cink-háromszöget E_1 és D_1 pontban metszi. E pontokat az ismert módon levetítjük az alapháromszögre és kapjuk az ED egyenest. Az ólom-háromszögben megrajzoljuk a 3% Pb vízszintes egyenest, amely az ólom-háromszögből az F_2 és H_2 pontokat metszi ki. Ezt a két pontot is levetítjük az alap-

háromszögre és kapjuk az FH egyenest. A DE és FH egyenesek metszéspontja a keresett M pont, amelyből meghúzzuk a háromszög koordinátákat és a következő eredményt kapjuk:

a cink-koncentrátum 12%, az ólom-koncentrátum 14%, a maradék pedig 74%, ami összesen 100-at tesz ki.

Ellenőrizzük ezt az eredményt számítással:

$$\frac{12 \cdot 25,4 + 14 \cdot 22,5 + 74 \cdot 1,4}{100} = 7,12,$$

$$\frac{12 \cdot 16,4 + 14 \cdot 6,9 + 74 \cdot 0,1}{100} = 3,$$

ami a felvett értékekkel jól egyezik.

Az előző szerkesztésnek az a hátránya, hogy a két vetítési háromszög egymást zavarja. Ha ezt el akarjuk kerülni, akkor a már előzőekben említett eljáráshoz folyamodunk és felhasználjuk a háromszög két oldalát a vetítési háromszögek előállítására. Ezt az esetet az előző példa adataira a 14. ábrában láthatjuk. A szerkesztés menete lényegileg az előzővel egyezik és természetesen az eredmények is ugyanazok.

Könyvismertetés

Verő József: Általános metallográfia I. kötet. Akadémiai Kiadó, Budapest, 1952.

A fémek anyagok előállításával, valamint feldolgozásával foglalkozó magyar és külföldi szakirodalmat olvasó mérnök, vagy technikus az utolsó évtized lélekzet-elállított műszaki fejlődését már-már képtelen követni. Metallográfiai folyóiratok, könyvek, közlemények ezer és ezerszám jelennek meg, elolvasásukhoz is vajmi kevés idő jut, rendszerezésükhöz, kritikai vizsgálatukhoz pedig jóformán semmi. Az „Általános metallográfia” szerzője az egyetemisták, az üzemi szakemberek és a kutatók minden, ebbe a tárgykörbe vágó problémáját ismeri és megosztja, számára éppen ezért szinte szükségszerű volt egy olyan munka megjelentetése, amely irányt mutat a metallográfia immár terebélyes tudományában, összefoglalva és ezen túlmenően mélyreható és sokirányú kutatásainak segítségével élményszerűen rendszerezve ennek a tudománynak legkorszerűbb ismereteit.

A tervezett munka nemrég megjelent első kötete, mely terjedelemben egymagában felülmúlja az egykötetes „Metallográfia”-t, a fémek és ötvözetek szerkezetével és a szerkezet vizsgálatának módszereivel foglalkozik.

Az első fejezet, a metallográfia története felsorolja a legelső metallográfiai munkáktól kezdve a századforduló jelentős kutatásain keresztül a két világégés között végzett vizsgálatokig az összes fontos mérőföldkövet, külön kiemelve a metallográfiának a Szovjetunióban végbement nagyarányú fejlődését.

Hazánk sem volt a metallográfia tudományának fejlesztésében az utolsó helyen. A selmecbányai Akadémia és a budapesti Műegyetem tudósainak ismertett munkásságából győződünk meg erről.

A könyv második fejezete a technikai fontos színfémeket sorolja fel, majd a fémek rácsszerkezetét ismerteti. A fémkristályok képződését vizsgálva, különösen a csíráképződés szerepét világítja meg. A poliéderes, dendrites és a sferulitos kristályosodás megismerése után a textúra mibenlétéről tájékozódunk.

A fémek anyagok lehűlésére jellemző összefüggést, a Newton-féle törvényt és gyakorlati segítségül hivatást olvashatjuk, majd a lehűlési görbék és az allotrop átalakulások, valamint a hiszterézis tárgyalása következik.

A harmadik fejezet az ötvözetek szerkezetével foglalkozik. Bevezetőül az ötvözés céljait és módszereit,

majd a kondenzált rendszerek egyensúlyi viszonyainak törvényszerűségeit fejtegeti. A kétalkotós ötvözetek egyensúlyi diagrammját az eutektikumot tartalmazó ön- és bizmut-rendszerrel kapcsolatban ismerhetjük meg. A diagramm-olvasás szabályaival számos példa segítségével kötünk barátságot. Az ötvözetek szövetelemeinek meghatározása után a szubsztitúciós és interszticiós szilárd oldat keletkezésének feltételeit, majd az ionvegyületek és az interszticiós vegyületek mibenlétét tanulmányozhatjuk. Az ideális egyensúlyi diagrammok kimerítő ismertetése során a kristályosodás menetének rendkívül könnyen érthető ábrázolási módja nagy segítséget jelent az egyetemi hallgatók metallográfiai kiképzésében. Az iparban dolgozó szakemberek pedig különösen azokat a megállapításokat értékelik, amelyek a tényleges kristályosodási viszonyoknak az ideálistól való eltéréseire vonatkoznak.

A háromalkotós ötvözet-rendszerek kristályosodási viszonyainak ismertetése után a gyakorlatilag fontos fémek binér ötvözet-rendszereit olvashatjuk. A vas- és szénrendszer igen beható példákkal illusztrált tárgyalását követően minden, technikailag fontos binér és ternér rézötvözet kristályosodási diagrammját megtalálhatjuk, majd a nikkelt, ólomot, ónt, nemesfémeket és a könnyűfémek ötvözet-rendszereit következik. A diffúzió problémájával szinte minden, fémek anyaggal foglalkozó műszaki dolgozó találkozik, akár az acélműben, akár hőkezelő üzemben, akár üzemi, vagy kutató laboratóriumban végzi munkáját. A Fick-féle törvény ismertetését gyakorlati példák bemutatása követi. A diffúzió lehetséges mechanizmusait sorra véve a cementálás, az öntvények homogenizálása, a reve képződés és a fémeken keresztül történő gázvándorlás érdekes kérdéseit illetően kapunk útmutatást.

A fémek és ötvözetek szerkezetének vizsgálata a negyedik fejezet tárgya. A termikus analízis elvégzéséhez szükséges berendezéseket számos gyakorlati tanács közbeiktatásával kimerítően ismerteti. A korszerű hőfokmérés, a termoelem hitelesítés, az egyszerű lehűlési görbe és a differenciális lehűlési, illetve felhevítési görbe felvételének problémáit a legrészletesebben tanulmányozhatjuk. Különösen érdekes és értékes a gyors lehűlés regisztrálására vonatkozó módszerek ismertetése.

A szövétvizsgálat problémakörében a próba előkészítés módszerét olvashatjuk, az elektrolitos fényesi-

tés alkalmazási területeivel, és a módszerek részletes ismertetésével. A fém mikroszkóp szerkezetének és helyes használatának leírása, a fényképezésre és a szem-nagyság mérésre vonatkozó útmutatások hézagpótlóak.

A kristályos szerkezet Röntgen-sugárral való vizsgálatát bőven ismerteti a könyv. A Debye-diagramm értékelésére gyakorlati példát találunk, majd a szilárd oldatok telítési határának megállapítására a szemnagyság mérésre, a fémek belső feszültségének, továbbá textúrájának meghatározására szolgáló Röntgen-vizsgálatokról tájékozódunk.

Az „Általános metallográfia” első kötete 205 kőtűnő, világos szövetképből álló atlással végződik. Nemcsak az egyes szövetelemeket, szövetfajtákat ismerhetjük meg segítségükkel félreérthetetlenül, hanem a mikroszkóp helytelen használatának a fénykép minőségére gyakorolt hatását is érzékelhetjük.

A 414 oldalas könyv felépítése igen jól áttekinthető. Szabatos, magyaros stílus jellemző a munkára, melyet az Akadémiai kiadó jó papíron, tetszetős kiállításban bocsátott útjára. Tárnyilagosan megállapíthatjuk, hogy a magyar műszaki irodalom az „Általános metallográfia”-ban olyan alkotást nyert, mely a maga nemében a világirodalomnak is kimagasló műve.

Szőke László

Acéltötvöző fémek és ferroötvözetek

A volt Kohó- és Gépipari Minisztérium I. Bronzbizottságának a megbízásából írta: *Visnyovszky László*. (Nehézipari Könyvkiadó Vállalat, 1952. Budapest. A/0 alak, 304 oldal, 71 ábra, 57 táblázat. Ára 28,50 Ft.).

Az a kevés számú munka, amely a nemzetközi irodalomban a tárgykörre vonatkozik, az acéltötvöző fémeket és ferroötvözeteket majdnem kivétel nélkül az acélgégyártásnál elfoglalt jelentőségük sorrendjében tárgyalja. Az idevonatkozó két legutóbbi megjelenésű és magyar nyelvre lefordított szovjet munka is (Jeljutin—Pavlov—Levin, Jednerál) a részletes részt az egyes fémek és ötvözetek jelentőségének sorrendjében ismerteti. A magyar szerzőnek a jelen könyvismertetés keretén belül bonckés alá vett munkája a fémeket és ötvözeteket nem jelentőségük sorrendjében, hanem egészen eredeti módon az elemek Mendelejev-féle periodusos rendszerében található besorolással vette alapjául. Azelemek természetes rendszeréből a 8., vagyis az utolsó főcsoporttal kezd a tárgyalást, azzal az indokolással, hogy ebben a főcsoportban foglal helyet iparunk jelenleg legfontosabb fémé a vas is.

A részletes tárgyalást a megelőző I—III. fejezet 26 oldalas elméleti része vezeti be, amely a fémek állapottal, a fémek előállításával, a szublimációs hővel, a vegyületek stabilitásával és a fémek előállításának rövid termodinamikájával foglalkozik.

A részletes tárgyalást a könyv a periodusos rendszer 8. főcsoportjával, illetve annak első tagjával a vassal kezdi. Ebben a IV. fejezetben rövid összefoglalásban találjuk a vas fizikai, mechanikai, mágneses tulajdonságait, valamint a tiszta vasnak ipari előállítására vonatkozó eljárásokat, tehát az elektrolízist, a metallurgiai és a karbonil eljárást. Ezt a részt, mint általában egy-egy alfejezetet is, bőséges és nagyterjedelmű, legújabb keletű irodalmi hivatkozás követi. A következő alfejezet a nikkellel és a kobalttal foglalkozik, amely után a platinafémek következnek mindig az acélgégyártás vonatkozásaiban.

A következő, V. fejezet a periodusos rendszer 7. főcsoportjába tartozó fémekkel, bőségesen főleg a mangánnal foglalkozik. Ez a könyv szűkre engedélyezett terjedelméhez képest, teljes részletességgel foglalkozik a mangánnal az acélgégyártásnál való jelentőségével s fémét a vas mellett, mint az iparban legfontosabb nehéz fémét kezeli. Ez a rész a mangán és mangánötvözetek előállításának nyersanyagaival a részletes tárgyalást. Mint általában az egész munkában tapasztalható, az összes ferroötvözetek gyártásánál a szerző különösen élesen domborítja ki a hazai vonatkozásokat, ami ennél a fejezetnél is már előnyösen állapítható meg, mert részletes adatokat találunk a magyarországi mangánelőfordulásokra is.

A ferromangányártás különböző lehetőségeit már a nagyolvasztóban történő gyártás során is részletesen ismerhetjük meg, amihez hozzájárul a ferroötvözetgyártó elektrokemencék eléggé részletes ismertetése, amelynek során a szilikomangán gyártás, a ferromangán-affin szintén ismertetést nyer. Az elektrolitikus fém-mangánelőállítás külföldi és hazai kísérletei is tárgyalás alá kerülnek (MÁVAG—Visnyovszky-eljárás, dr. Horváth, Forbáth-eljárás stb.).

A következő VI. fejezet a periodusos rendszer 6. főcsoportjának tagjaival a krómmal, a molibdénnel, a wolframmal és az uránnal foglalkozik.

A krómra vonatkozó rész a króm nyersanyagaitól kezdve az aluminotermikus ferrokromgyártásig 12 rövid, világosan fogalmazott alfejezetben foglalkozik az idevonatkozó anyaggal.

Ugyanez mondható el a molibdénről, a wolframról és az uránról is.

A VII. fejezet a periodusos rendszer 5. főcsoportjába vanádiummal, tantállal és niobiummal foglalkozik abban a terjedelemben, amennyire azok az acélgégyártásban jelentősek. Érthető tehát, hogy ennek a résznek a legterjedelmesebb vonatkozásai a vanádiumra esnek. Itt is bőséges hazai vonatkozásokat találunk pl. a hazai vanádiumforrások tárgyalásánál, ahol a wehrli és a vörösizap vanádiumra történő feldolgozására találunk hazai, gyakorlati tapasztalati adatokat.

A következő VIII. fejezet a periodusos rendszer 4. főcsoportjának elemeivel, főleg a titánnal foglalkozik, de röviden érinti a cirkont, a hafniumot és a toriumot, csak olyan vonatkozásokban, amennyire azok az acélgégyártást illetően érdekesek.

Az egyes fejezetek kritikai megítélésénél abból kiindultunk, hogy az egész felölelt tárgykörből mi állt közelebb a szerző gyakorlatához, vagy tanulmányaihoz, azt mondhatnánk, hogy a legközelebb állt hozzá a mangán- és ferromangányártás, de a legjobban feldolgozott része a titánrész, amely világos, áttekinthető képet ad a titán fém metallurgiájáról, a hazai titánércokről, a wehrli dúsításáról és a vörösizapnak TiO_2 -re történő feldolgozásáról. Ez a rész szinte mesterpéldája annak, miképpen lehet és hogy célszerű a könyv által megszabott szűk keretek között minden részletre kiterjedően, egy ilyen ágazat jó feldolgozása. Történelmi visszapaillanástól kezdve az eljárások egyszerű és világos ismertetésén át az adatoknak, a diagrammoknak egész sorozatát találjuk ebben a részben. E sikeres feldolgozásnak értékéből, semmit sem von le az, sőt előnyére szolgál, hogy minden vonatkozását, amelyet nem egyéni tapasztalatokon alapulnak, bőséges szovjet és egyéb irodalmi adattal támasztja alá.

A IX. fejezet a periodusos rendszer 3. főcsoportjába tartozó bórral, az újabban az acélgégyártásban divatba jött ferrobórral, a ferrobóros cementálással, az alumíniummal, a cériummal foglalkozik.

A X. fejezet a periodusos rendszer 2. főcsoportjába tartozó berilliumot, magnéziumot, kalciumot tárgyalja ismét az acélgégyártás szempontjából. A XI. fejezet a periodusos rendszer első főcsoportjával egész röviden, a XII. és utolsó fejezet az acél egyéb ötvöző elemeivel, így a nitrogénnel, a foszforral (ferrofoszfor), az ólommal, a rézzel és természetesen a szilíciummal is foglalkozik. Idekerült tehát sorrendben utolsónak az acélgégyártás egyik legjelentősebb segédötvözet csoportja a ferroszilícium, a szilikoaluminium, a ferroszilikoaluminium, és a kalciumszilícium. A szilíciumra vonatkozó fejezet magával a fémekkel, a ferroszilíciummal, a szilícium redukciójának elméleti alapjaival, a FeSi gyártás gyakorlati kivételével stb. foglalkozik.

Az előbb felsoroltakban ismertettük a munka tárgyi részét.

Kétségtelen, hogy a könyv kitűzött célját, mely szerint áttekintést óhajtott nyújtani az acél nemesítését szolgáló ötvöző elemekről, tökéletesen elérte, különösen gyakorlati vonalon.

A szerző nyilván rendelkezik azokkal az adottságokkal, amelyek szükségesek ahhoz, hogy az egyes fémek és ötvözetek ismertetésénél a termodinamikai és fizikai kémiai feltételeket is bőségesen tárgyalja. Ehhez azonban sokkal nagyobb terjedelmre lett volna szükség, mint amennyi a szerzőnek rendelkezésére állt. Egyébként

a szerző előszavában e tényre maga is kitér, amikor megjegyzi, hogy az egyes fémek ismertetésénél csak a legszűkebb elméletre volt módjában szorítkoznia és inkább a gyakorlati kivitel részesítette előnyben. Nyilván ezért választotta azt a szerencsés formát, hogy az előljáró I—III. fejezetekben kimondottan elméleti részekre szorítkozott, amit a Fémek előállításának termodinamikája című alfejezet bizonyít.

Az ipar kedvező fogadtatásban részesítette e munkát, ami arra enged következtetni, hogy ennek a munkának elméleti alapokon tágabb keretekben történő megírása nem volna hálátlan feladat, sőt iparunk ezirányú fejlődését nagyban elősegítené.

A könyv stílusa úgyszólván kifogástalan. Tünyomórészt rövid, egyszerű tömönatokban tárgyalja az egyes jelenségeket, ami különösen a fémek metallurgiai viselkedésénél és acélgégyártásnál való szerepükénél lényeges.

Persze ez a könyv sem mentes a sajtóhibáktól, bár lényeges értelemzavaró hibátömegekről nem lehet szó. Mindenesetre célszerű lett volna a könyvhöz egy hibajegyzék csatolni.

Nagyban emelte volna az egyébként így is értékes munkának az értékét egy bőséges, név- és tárgymutató. Ez, az ilyen nem tan-, hanem inkább kézikönyv jellegű munkának a használatát is megkönnyíti. Nyilvánvalóan a szerző is érezhette ezt a hiányt, mert a tartalomjegyzékét viszont erős tagolásban, bőségesen állította össze.

Végül a Kiadó felé meg kell jegyeznünk, hogy az ilyen munkák jobb papírt is megérdemelnének. A rajzok kitűnőek, felírásuk elsörendű, amit egy ilyen papíron ki lehet hozni az ábrázolás vonalán, ki is hozta, viszont az 50., 51., 52. ábrák enyhén szölvá nagyon silányak, erre a Kiadó legalább egy betélapot áldozhatott volna. Erre mind a szovjet munkákban, mind pl. az Akadémiai Könyvkiadónál is van már hazai példa.

A nyers wehrlit, 150-szeres nagyítású mikroszkópi képét, vagy a hidrogénnel és karbonnal redukált wehrlit jellemző képét nem lehet fapapíron közölni. Semmit nem ábrázolnak, semmit sem lehet kiolvasni belőlük.

J. B.

A. J. Beljaev és E. A. Zsemcsuzsina: Felületi jelenségek a kohászati folyamatoknál.

(Поверхностные явления в металлургических процессах)

(Metallurgizdat, Moszkva, 1952., 143. oldal).

A könyv különösen a könnyűfémek kohászatával összefüggő felületi jelenségek körét tárgyalja, jórészt a szerzők és munkatársaik saját kutatásai eredményeit ismertetve.

A könyv fejezetei:

I. Az olvasztott sók felületi feszültségéről.

(Általános fogalmak).

II. Felületi jelenségek az alumíniumkohászatban.

III. Felületi jelenségek a magnéziumkohászatban.

IV. Felületi jelenségek egyéb kohászati folyamatoknál.

Az I. fejezet a sóolvadék-gázfázis határfeszültségi viszonyaival foglalkozik. Sóolvadékoknál ezen érték mérési lehetőségei: ismert nagyságú gázbuborékok átnyomásához szükséges nyomás mérése, egy gyűrűnek az olvadék felületéről való kiszakításához szükséges erő mérése és a kapilláris emelkedés mérése. 7—800 °C feletti olvadáspontú sóknál csak a gázbuborék-módszer ad megfelelő eredményt.

Az ionrádiuszok és felületi feszültségi viszonyok összefüggése: az anion rádiusz növekedésekor a felületi feszültség csökken. Ugyanígy hat ki a kation rádiusz növekedése is. Keverékek esetén a felületi feszültség értékének alakulása a kettős rendszerben keletkező fázisok mibenlététől függ. A kriolit-olvadék — gázfelület — feszültségét a timföldkoncentráció változása mérhetően nem befolyásolja. A gázfázis felületi határfelületen mért felületi feszültség értéknek az elektrolízisben, az elektrolitban lebegő fémecseppeknek újra oxidációjánál van jelentősége (alumínium, alumíniumraffinálás, magnézium-

elektrolízis), mert az elektrolit kis felületi feszültsége esetén a védő sóhártva könnyen szétszakad és a fém-receszkék könnyen érintkezhetnek a levegővel.

A sóolvadékok szilárd testek határfelületén észlelhető felületi feszültségi viszonyai külön tárgyalást kívánnak. Ezekre az olvadék-gázfázis felületi viszonyok alapján következtetni nem lehet. Így pl. míg a timföld az olvadék-gázfázis határfelületi feszültségre indifferens, szilárd felületen erősen kapilláráktív és a felületi feszültséget csökkenti. A folyadék-szilárd határfelületen a felületi feszültség közvetlenül nem mérhető, csak a nedvesítés határszöge. Ennek alapegyenlete:

$$\cos \delta = \frac{\sigma_{13} - \sigma_{23}}{\sigma_{12}}$$

ahol: σ_{13} = szilárd-gáz határfelületi feszültség,

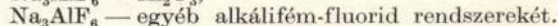
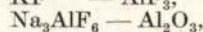
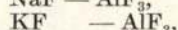
σ_{23} = folyadék-szilárd határfelületi feszültség,

σ_{12} = folyadék-gáz határfelületi feszültség.

Szerzők ismertetik a nedvesítési határszög mérésének optikai módszerét só- és fémolvadékokra alkalmazva. Röviden érintik két nemelegedő olvadékfázis felületi feszültségének mérési metodikáját.

Az alumíniumkohászati vonatkozású fejezet összefoglaló ismertetést ad a szerző és munkatársainak e területen végzett munkájáról. Egyrészt egységes képbe elrendezve megtaláljuk Beljaev 1947-ben megjelent könyvének (Fizikochimieszkije processzi pri elektrolize aluminja) a felületi feszültségi és nedvesítési viszonyokra vonatkozó anyagát, másrészt viszont ezen jóval túlmenően néhány, egyes hazai ipari problémák megoldása szempontjából is igen értékes új anyagot találunk e fejezetben.

Az ismertetett határszögmérési sorozatok részletesen feltárják különböző elegyrendszerek szénfelületre vonatkoztatott nedvesítési viszonyait. Így a



Ismerteti a magnézium és földalkálifémfluoridok, továbbá a 2 vegyértékű fémek és alkálifémek fluoridjainak egyidejű hatását a kriolitolvadék-szénfelület határára kialakuló határszögekre. A CaF_2 - NaF rendszer viszonyainak ismertetése után különböző oxid-adalékok hatását ismerteti kriolitolvadéokra. Külön tárgyalja a hőmérséklet és a szilárd anyag minőségének hatását az olvadék nedvesítési határszögre.

A kádák szénbélése, ill. ennek élettartama szempontjából igen nagy jelentőségű a fluorsók ebben végbemenő adszorpciója. Ez, mint ismert, nem egyforma erősségű minden sóalkatrészre, hanem a felületi feszültséget csökkentő (kapilláráktív) anyagok erősebben szívódnak fel. A legfontosabb ezen kiválasztó felszívódási jelenségekben a timföld és nátriumfluorid szerepe. Külön fejezetet képeznek ilyen szempontból a kálium vegyületei, amelyek igen mohón szívódnak fel és a szénanyag erős és gyors térfogatváltozását idézik elő (katódmeleg). Ezzel kapcsolatban a legvalószínűbb magyarázat, amelyet vegyi és röntgenkristályoptikai vizsgálatok támasztanak alá, hogy a kálium-ionok beépülnek a grafitterács bázisfelületei közé. Sikertült is C_3K és C_{16}K vegyületeket azonosítani. A bázisfelületek távolsága a kálium betelepülésének hatására 3,345 Å-ről 5,335 Å-re távol, ami a szén térfogatváltozásának oka. A káliumot minden formájában távol kell tartani a kádtól.

Érdekes, hogy az áramhatásfok szempontjából egyébként is káros P_2O_5 szintén erősen kapilláráktív, a szén pórusaiba szintén erősen felszívódik, tehát a katód élettartama szempontjából is romboló hatású. Ezzel egyidejűleg a szénsalakban is dúsulást mutat a szén-receszkék felületén való adszorpció miatt.

A katódok szénbélése élettartama az alumínium-elektrolízis alapvetően fontos kérdése. Hazai viszonylatban ezt tetézi, hogy katódanyagokból teljes egészében importra szorulunk. Ebben a kérdésben a könyv számunkra teljesen új szemléletet ismertet. A 7. és 9. alfejezet a katódblokkok kapilláris jelenségeit és felületi feszültségi viszonyok hatását az alumínium-karbidképződésre ismerteti.

A katódblokk pórusaiba az olvadék a kapilláris nyomás hatására hatol be. A kapilláris nyomás

$$P = \frac{2\sigma \cos \delta}{r} \text{ din/cm}^2.$$

ahol σ = a felületi feszültség a folyadék-gáz határfelületen,

δ = a határszög,

r = a kapilláris, ill. pórus sugara.

Várható, hogy a felszívódás és ezzel járó káros hatás annál erősebb, minél kisebb a pórusnagyság és nagyobb a $\cos \delta$, tehát minél kisebb a δ . E feltevést a szerző mérési sorozatokkal támasztja alá. Ennek során mikroszkópius módszerekkel megállapítja, hogy a katódblokkok porozitásának esikkenésével a pórusugár csökkenése jár együtt, várható tehát a kapilláris nyomások növekedése:

Porozitás %	Átlagos pórus-sugár mm-ben	Kap. nyomás NaF olvadéka din/cm ²	Kap. nyomás Na ₂ AlF ₆ + 12,5% Al ₂ O ₃ olvadéka din/cm ²
12,6	0,0201	141,300	17,700
13,8	0,0228	129,000	15,600
14,8	0,0330	85,600	10,750
15,5	0,0398	72,500	8,900
17,2	0,0457	61,950	7,250

A továbbiakban 40 mm élhosszúságú kockákat különböző sóolvadékokban 5 órán át, vákuum alatt itatva, meghatározták a pórustérfogat alapján számított elméleti súlynövekedéshez viszonyítva a tényleges súlynövekedést. Ez a viszonyszám a pórusoknak a felszívódás utáni telítettségi fokát jellemzi.

Porozitás %	Pórus telítettség %		
	NaF esetén	Na ₂ AlF ₆ + 10% Al ₂ O ₃ esetén	55% CaF ₂ + 45% NaF esetén
12,6	122,0	102	11,34
13,8	119,0	114	11,25
14,8	90,0	82	12,0
15,5	65,2	22	13,8
17,2	35,0	32,5	5,8

A 100% feletti számok értelmezése: az erős kapilláris nyomás alatt a szénben mikro-repedések jelenléte a minták hideg állapotban való elektromos ellenállás mérésével ellenőrizhető és igazolható volt.

Az alumíniumkarbidképződés folyamatával kapcsolatban, ami a katódok öregedésében szintén nagy szerepet játszik, szükséges volt a fémalumínium-szénbélés határfelület nedvesítési viszonyait tanulmányozni. Az alumínium-olvadék határszögeit különböző fémek adalékok jelenlétében és a szénfelület állapotának változtatásával vizsgálták. Jellegetes eredmény, hogy fémnátrium jelenlétében az alumínium jól nedvesít, tehát várható a karbidképződés fokozódása. Ez magyarázatul szolgál a lúgos fürdők karbidképzést elősegítő hatására. Elősegíti a nedvesítést, ha a szénfelületen már vékony Al₂O₃ hártya van jelen. Utóbbi lehet például egy elektrolit-élmelegedés következménye és ezek alapján érthető kiindulása a továbbiakban már rohamos karbidképződésnek.

A szénanyag minőségének befolyását is vizsgálták a szerzők. Különböző petrokokszókból, szivakkokszókból, grafitból és termoantracit nyersanyagból készült szének közül a karbidképződésre legnagyobb hajlamot a grafit és petrokokszu mutatja. A termoantracit a legkedvezőbb viselkedésű. Ezen következtetések alapjául szolgálnak egyrészt timföldtartalmú kriolitolvadék és alumíniumfémolvadékkal végzett határszögmérés sorozatok, másrészt kísérleti elektrolízis során a katód karbidtartalmának utólagos meghatározása.

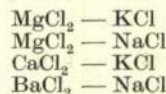
Fentiek alapján igen fontos következtetések vonhatók le. A technológiai rezsimben kerülni kell a lúgos fürdőket és átmeneti melegedéseket is. A katódszénenél kis porozitás veszélyes következményekkel járhat. A katód nyersanyag élettartamára következtetéseket engedő labora-

tóriumi vizsgálati módszerek dolgozhatók ki, gyorsított olvadék-adszorpciós alkalmazásának segítségével.

Egy alfejezet foglalkozik az anódeffektussal összefüggő felületi feszültségi vonatkozásokkal, különböző tényezők függvényében, párhuzamosan vizsgálva a határszögeket és kritikus áramsűrűségeket.

A magnézium kohászatával összefüggő problémákat tárgyaló fejezet nem kevésbé részletes. Az olvadék elektrolit és a fémalumínium olvadék felületi feszültségi viszonyai itt többrendbeli fontosságúak. Szilárd felületekként itt a grafitanódok, az acékatódok, a kerámiai cellabélésanyag és a diafragmák szerepelnek. Az elektrolitfémolvadék felületi feszültségi viszonyaitól függ elsősorban a kis fémcseppek egyesülésének sebessége, a katódon leváló cseppek nagysága viszont a katód, fém és elektrolit általi nedvesíthetőségének viszonyaitól függ. Az elektrolit-katód felületen a felületi feszültség növekedése, tehát a katódnak az elektrolit általi nedvesítése csökkenése esetén nagy fémcseppek keletkezésére és nagy áramhatásfokok eltérésére nyit lehetőséget. A grafitanódok rosszabb nedvesítése a nagyobb, tapadóbb gázbuborékok miatt az anód-elektrolit határfelületen fellépő feszültségesés növekedésével jár együtt.

Szerzők ismertetik grafitfelületen a következő só-olvadék rendszerekre vonatkozó határszögmérés sorozataikat:



Igen részletes a katódon lejátszódó folyamatokra vonatkozó anyag. Itt ipari elektrolitokra vonatkozó határszögmérések kivül (grafit, acél és samott) alkáli és alkáliföldfémfluorid adalékok, továbbá MgO, MgSO₄, FeCl₃ hatása a szilárd felület nedvesítésére képezte vizsgálat tárgyát. Mint jellemző mérőszámot, a szerzők laboratóriumi elektrolízis kísérletek során a magnézium-cseppek fajlagos felületét is meghatározták. Tanulmányozták alumíniumsók (AlF₃, Na₂AlF₆, AlCl₃) hatását úgy a fajlagos felületre, mint az áramhatásfokra.

A magnéziumkohászati fejezetet a laboratóriumi elektrolízis kísérlet sorozatok eredményeiről szóló fejezet zárja le. E kísérletek során egyébként jól definiált azonos körülmények mellett az elektrolit-összetétel függvényében a magnéziumfém fajlagos felülete és az áramhatásfok került meghatározásra. Ilyen sorozat készült az összetétel arányának változtatásával MgCl₂ + KCl, MgCl₂ + NaCl, MgCl₂ + CaCl₂, MgCl₂ + BaCl₂ kétalkotós és MgCl₂ + KCl + NaCl, MgCl₂ + CaCl₂ + KCl, MgCl₂ + CaCl₂ + NaCl háromalkotós rendszerekre. A magnézium-fejezet röviden érinti a grafiton és samotton fellépő szelektív elektrolit adszorpciót is.

A könyv IV. fejezete röviden néhány, a nemesfém- és acélkohászat, valamint a keményfémlapkák forrasztásának köréből kiragadott összefüggést ismerteti.

Szakál Pál

Kitüntetések április 4. alkalmából

A Népköztársaság Elnöki Tanácsa hazánk felszabadulásának 8. évfordulója alkalmából kiváló munkájuk elismerésül Egyesületünk tagjai közül a Munka Vörös Zászló Érdemrendjét adományozta *Lévárdi Ferenc* osztályvezetőnek (Dorogi Szénbányászati Tröszt); a „Szocialista Munkáért” Érdeméremet *Kántás Károly* egyetemi tanárnak és *Piukovich Sándor* főtítkárhelyettesnek (MTESZ); a Munka Érdemrendet *Borovszky Ambrusnak*, a Nehézipari Beruházási Vállalat helyettes vezetőjének, *Sziklavári János* főtechnológusnak (Diósgyőri Kohászati Üzemek), *Kovács D. László* igazgatónak (Nógrádi Szénbányászati Tröszt), *Stirling Béla* főmérnöknek (Buda-pesti Kénsavgyár), *Talabér József* osztályvezetőnek (Építőanyagipari Minisztérium), *Pattantyus Á Imre* egyetemi tanárnak (Rákosi Mátyás Nehézipari Műszaki Egyetem) és *Szádeczky-Kardoss Elemér* Kossuth-díjas egyetemi tanárnak; Munka Érdeméremet *Vécsey Béla* főosztályvezetőnek (Vasipari Kutató Intézet) és *Hegyi Kálmán* főmérnöknek (Zagyvai Szénbányák).

A L U M Í N I U M

Felolós szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója
Megjelenik: 1850 péld-ban. — Szerkesztőség: VI. Rudas László-u. 45. — Telefon: 129-699.

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉMKOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

59—60. szám

Aluminátlúgok SO₄ tartalmának gyors meghatározása

DR. ZOMBORY LÁSZLÓ, DR. VIGH GUSZTÁVNE SOMOGYI ADRIENNE, PINTÉR TIHAMÉR

ОПРЕДЕЛЕНИЕ АЛЮМИНАТНЫХ ТЕЛОЧЕЙ
НА SO₄ СОДЕРЖАНИЕ

От: Л. Зомбори, А. Виги-Шомодьи Т. Пинтэр

Über die Bestimmung des SO₄-Gehaltes in Aluminatlaugen.

von: L. Zombory, A. Vigh-Somogyi und T. Pintér.

Determination of the SO₄-content in aluminate-liquors.

by: L. Zombory, A. Vigh-Somogyi and T. Pintér.

Az aluminátlúgok számos járulékos alkatrésze, illetőleg szennyezése között egyik legkárosabb a lúgoknak olykor igen magas szulfáttartalma. Elsősorban azért káros, mert az aluminátlúgba kerülő SO₄'' a feltáráshoz szükséges nátronlúgot fogyasztja, esetleg olyan számottevő mértékben, ami a feltárológ aktivitásának csökkenésével jár; ezenkívül hozzájárul az a zavaró hatása is, hogy a keletkezett, jól oldódó Na₂SO₄ a lúgban erősen feldúsulhat és kellemetlen kiválásokat okoz.

A helyes üzemmenetben ezek a járulékos alkatrészek, amelyek közül az egyik legszámottevőbb az Na₂SO₄, a lúg körfolyamatából eltávolítandók. Ez a művelet az ú. n. vanádiumiszap vagy lúgsó szeparálásával megy végbe. A lúgsónak kb. 30%-a Na₂SO₄ lehet.

Az aluminátlúg szulfát szennyezésének két eredete van:

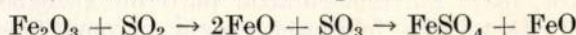
1. a bauxit szulfidos vegyületei, ill. SO₄'' tartalma;

2. pörkölő gázok SO₂ tartalma.

ad. 1. A bauxitok rendszeren több-kevesebb szulfidot és szulfátot tartalmaznak. A szulfidkén-tartalom — többnyire pirit formájában — 3%-ig is felmehet, a szulfátmennyiség általában 0,2—0,6%, gipsz és alunit formájában. Megemlítjük, hogy egyes hazai bauxitfélések lényegesen magasabb (6% sőt ennél nagyobb) SO₃ tartalmúak. A pörköléskor mindkét alkotórész mint SO₃ kerül a feltárológba, amely azt Na₂SO₄ formájában köti meg.

ad. 2. A másik forrás, amely a szulfátszennyezést okozza: a füstgázok (pörkgázok) SO₂ tartalma. Azokban az üzemekben, ahol a bauxitpörkölést generátorgázzal végzik, különösen, ha a generátorgáz előállítására felhasznált szén erő-

sen kéntartalmú, a pörkölés folyamán tetemes mennyiségű SO₂ gáz keletkezik. A forró bauxit Fe₂O₃ tartalma reakcióba lép az SO₂-vel:



A keletkezett ferroszulfát szulfát tartalmának megfelelően a feltárolólggal reagál:



A lúgot tehát, — mint fentebb említettük — jól oldódó, de inaktív vegyület formájában megköti, ill. fogyasztja a füstgáz SO₂ tartalma is.

Hozzá kell még tennünk, hogy a Na₂SO₄ alakban lekötött Na₂O, a timföldtermelés számára teljesen elvész, mert azt az Na₂SO₄-ből még meszes utókezeléssel sem lehet visszanyerni.

Természetes, hogy az üzemi laboratóriumok egyik elsőrendű feladata a lúgok SO₄'' tartalmának megállapítása, a zavartalan üzemmenet szempontjából pedig szükséges, hogy ezek a meghatározások a megkövetelhető üzemi pontosság mellett viszonylag gyorsak is legyenek.

Timföldgyári üzemi laboratóriumaink az aluminátlúgok SO₄'' tartalmának meghatározására általában a klasszikus BaSO₄ alakban való, súlyszerinti elemzési eljárást (1) használják.

E meghatározások olymódon mennek végbe, hogy az elemzendő lúgból kb. 10 ml-t HCl-lel addig savanyítanak, amíg a kezdetben kivált Al(OH)₃ újra feloldódik és az oldat már erősen savanyú (savfelesleg kb. 1 ml, 1,17 fs.-u HCl) lesz. Az oldatot felmelegítve 2 n. BaCl₂ oldattal — cseppenként hozzáadva — lecsapják a BaSO₄-t, kb. 1/2 óráig vízfürdőn melegítik, amíg a csapadék jól tömörül, majd keményített szűrőpapíron leszűrlik, kimossák, izzítják és mint BaSO₄-t mérik.

Minden analitikus tudja, hogy ez a módszer klasszikus volta mellett is, egyáltalán nem egyszerű és nem mentes a ± 0,5% pontatlanságtól. Hivatkozhatunk itt Winkler L. közismert megállapításaira (2), amelyek szerint igen szigorúan tartott előírások mellett is csak tapasztalati faktorokkal kapunk pontos eredményeket.

A nagymennyiségű idegen ion (Al, ··· Na', Cl', kisebb mértékben PO₄''', VO₄''', CrO₄''') jelenléte adszorpciós és okkluziós hibákat idézhet elő.

A csapadék rendszeren porszerű, lassan szűrődik. Így azután — és üzemi szempontból ez hátrányos — a meghatározás időszükséglete legalább 2 óra, tehát ott, ahol gyors sorozat-elemzésekre van szükség, viszonylag hosszú idő.

A hazai timföldipar kérésére tűztük ki feladatként olyan elemzési módszer (vagy módszerek) kidolgozását, amely lehetővé teszi az alumínátlúgok szulfáttartalmának lehetőleg egyszerű eszközökkel, gyors üzemi pontosságú meghatározását.

A kidolgozandó eljárás gyorsasága előfeltétel lévén, elsősorban tényleges módszerre gondoltunk. Az áttanulmányozott, rendelkezésünkre álló szakirodalomban az SO_4 meghatározására az alábbi tényleges eljárásokat találtuk:

1. *Kromátos eljárás*. (3). A lényege abban áll, hogy az SO_4 -t semleges oldatban $BaCrO_4$ -gyel lecsapjuk, és az SO_4 -nek megfelelő mennyiségű, felszabadult ClO_4 -iont jodometrikusan megtitráljuk. — A kromátos lecsapás történhet oly módon is, hogy először $BaCl_2$ oldattal lecsapjuk a szulfátot, majd nátriumacetáttal puffertolt közegből, $K_2Cr_2O_7$ -tel a Ba^{2+} felesleget, s végül, a kromát felesleget jodometrikusan visszatitráljuk (Kőszegi). Figyelemreméltó a Karijakin és Murasova szovjet kutatók által közölt eljárás, kriolit SO_4 tartalmának kromátos meghatározására.

A kromátos módszerek jó eredményeket adnak, de feladatunknál több hátrányuk van. Először is az alumínátlúgok rendszeren maguk is tartalmaznak csekély mennyiségű kromátot. Az alumíniumot a meghatározások előtt el kell távolítani, ezenkívül a báriumkromátot semleges közegben kell leválasztani, a csapadékot szűrni, stb. tehát nem egyszerű feladat.

2. *Benzidines eljárás* (4). A módszer azon alapszik, hogy oldható, semleges szulfátok benzidinnel (ill. sósavas sójával) vízben oldhatatlan vegyületet adnak. A leszárt és semlegesen kimosott benzidinszulfát csapadék vízben szétrázva olyan szuszpenziót ad, amelynek benzidin alkotója fenoltaleinnel nem mutat lúgos kémhatást (igen gyenge bázis), ezért a másik alkotó, a kénsav — amely a mennyiségileg lekötött szulfátnak felel meg — alkalimetricusan meghatározható. Az eljárás üzemi szempontból, a szükséges nagy óvatosságot és időt igénylő szűrés miatt, bonyolult.

3. *Nátriumrodizonátos eljárás* (5). Ez a módszer báriummal színesen reagáló vegyületet használ fel a Ba^{2+} és SO_4^{2-} között lefolyó vegyefolyamatnál indikátornak. Ez utóbbi: nátriumrodizonát kb. 0,2%-os vizes oldata, amely sárga színű, míg a báriumrodizonát élénk vörös. Az eljárás részleteire a továbbiakban még visszatérünk.

4. *Tetrahidroxikinonos eljárás* (6). Az előbbihez hasonlóan, ugyancsak a báriummal színváltozással reagáló indikátort — tetrahidroxikinon — (THQ) használ, a bárium és szulfát között mennyiségileg lefolyó reakció végpontjának jelzésére. Az eljárás semleges, vagy gyengén savas közegben használható, — ez a mi szempontunkból hátrányos —, de az irodalmi adatok szerint számos gyakorlati alkalmazásában, mikrotitrálásokat esetén is, jó eredményeket ad és egyenértékű a nátriumrodizonátos eljárással.

5. *$Pb(NO_3)_2$ -os titrálás* (7). Oldható szulfátok SO_4 -tartalma — szovjet kutatók közlése szerint — meghatározható alkoholos közegben; ólomnitrát oldattal való titrálással; az átmeneti pontot telített KJ oldat sárga színe jelzi. Ugyanebbe a csoportba tartozik az az eljárás is, amelynél a szulfátot ólomnitráttal leválasztva, az ólomfelesleget ammonmolibdátal titráljuk vissza, alizarinszulfosavas-nátrium, mint indikátor jelenlétében.

6. Azon tényleges eljárástól berendezés nem szükséges, megemlíthetjük még a vízelemzésnél használatos, *káliumsztearátos*, ill. *káliumpalmitátos eljárásokat*, amelyek, a benzidines módszerhez hasonlóan, a kémszerek igen gyenge bázikus voltát használják fel a meghatározásoknál (8).

7. Több szakirodalmi adatot találtunk olyan eljárásokra vonatkozólag, amelyek a bárium-szulfátnak az alkotóiból való képződését *turbidimetricusan* határozzák meg, vagy a képződött bárium-szulfát mennyiséget *nefelometricusan* mérik (9).

Az utóbbi módszereknek részünkre csak elméleti jelentőségük van, mert üzemi eljárások, sorozatelemzések céljaira bonyolultak.

8. Külön csoportba tartoznak a szakirodalomban az utolsó évtizedben egyre sűrűbben fellelhető *elektrokémiai titrálásos* eljárások, tehát olyan módszerek, amelyeknél a titrálás befekvezését az oldatban lefolyó elektromos változások megfigyelésével észleljük. — Ilyenekkel a rendelkezésünkre álló adatok szerint, szulfáttartalom meghatározása esetében legnagyobb részt szovjet kutatók foglalkoztak. A különböző fajtájú elektrokémiai titrálások közül — szulfátmeghatározáshoz — mind-egyikre találtunk számos szakirodalmi utalást, így: *potenciometricus* (elektrometrikus), (10), *konduktometricus* (11), *amperometricus* (12) titrálási módszereket és *polarografikus* eljárásokat (13).

Ezek közül főleg az *amperometricus* módszereket tanulmányoztuk közelebbről, mert az irodalmi adatok alapján ez látszott legcélszerűbbnek, és sikerült is, mint lentebb ismertetjük, egy ilyen használható eljárást kidolgozni.

Mindezen elektrokémiai titrálási eljárások korszerűek, aránylag gyorsak és pontosak, de üzemi szempontból van egy közös hátrányuk: kényes és viszonylagosan komplikált, magasabbfokú szakismeretet kívánó berendezések, ill. műszerek szükségesek hozzájuk.

9. A felsorolt titrálási módszereken kívül tanulmányoztuk még elsősorban az elemzések keresztülvitelének gyorsaságát célozva, az ú. n. *szedimentometricus* eljárást is. Az ide vonatkozó módszerek használatban vannak mind az üzemi, mind a laboratóriumi gyakorlatban (14). Igaz, hogy ezeknek az elemzéseknek keresztülviteléhez különleges felszerelés (centrifuga, kalibrált üvegcsövek) szükséges, de ennek mértéke nem haladja meg egy jól felszerelt üzemi laboratórium lehetőségeit. *Maga a meghatározás pedig egyszerű, gyors, és üzemi pontosságnak megfelelő eredményeket ad.*

A szakirodalmi adatok áttanulmányozása, valamint a feladat megoldásához a rendelkezésünkre álló lehetőségek kiértékelése alapján három

meghatározási módszerrel kapcsolatban végeztünk sorozatos kísérleteket, az eljárásoknak aluminátlúgok elemzésére való alkalmazása céljából. Ezek a módszerek a következők:

1. Csapadékos titrálási eljárás nátriumrodizonát indikátor jelenlétében.

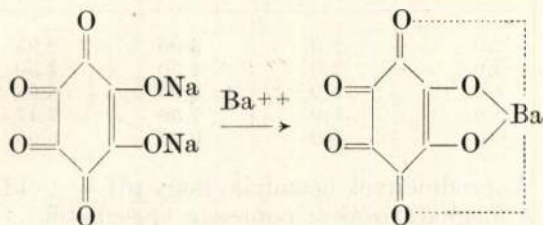
2. Amperometrikus titrálási eljárás ólomnitrát oldattal.

3. Szedimentometrikus eljárás.

A vizsgálataink részletezését és a kapott eredményeket a következőkben közöljük:

1. Csapadékos titrálási módszer, nátriumrodizonát indikátor jelenlétében

F. Henle, majd R. Nietzki és Th. Benckiser vizsgálataiból (5) már régebben ismert tény, hogy oldható bárium-sók semleges, vagy gyengén savanyú közegben rodizonsav, ill. nátriumrodizonát oldatával, élénk-vörös színű csapadékot adnak. A keletkezett vegyület színe, újabb megállapítások szerint (15), belső komplex képződés eredménye, mellék vegyérték kötéssel:



A Fajans féle adszorpciós titrálásokkal kapcsolatban kísérletek (16) folyamán jelen közlemény egyik szerzője (Z.) dolgozta ki a báriumnak és szulfátnak csapadékos titrálási módszerrel való meghatározását, nátriumrodizonát indikátor alkalmazásával. (5)

Az eljárás az első volt az analitikában, amely a báriummal színes vegyületet képező anyag jelenlétében, közvetlen titrálással ért el eredményt. (A THQ mint hasonló indikátor, csak 1933-ban került be, W. C. Schroeder révén, az analitikai gyakorlatba (6). Mint gyors módszer, élénk érdeklődést váltott ki és széleskörű alkalmazási területen dolgoztak ki számos, az eredeti elveken alapuló eljárást. Elsősorban szovjet kutatók alkalmazták, műtrágyák és technikai készítmények elemzésénél, de több, mint 40 értékezés ismerteti a módszernek, a különböző technikai (kazánvíz, pirit, víz, ércék, stb.) és laboratóriumi (vér, vizelet, stb.) makro-és mikro analitikai elemzéseknél való felhasználhatóságát (5).

Az SO_4 meghatározás, fenti módszerrel, közvetett és a Ba^{++} meghatározásán alapszik. Az eredeti közlemény szerint az oldható szulfátokat semleges, vagy gyengén savas közegben, feleslegben hozzáadott, ismert töménységű $BaCl_2$ oldattal lecsapjuk, és a Ba^{++} -felesleget frissen készített nátriumrodizonát oldat, mint indikátor, hozzáadása után, ismert töménységű alkáli- vagy ammónszulfát oldattal visszatitráljuk. Néhány ml. etilalkohol hozzáadása élesebbé teszi a színátmenetet, amely semleges közegben vörösből-sárga, savas közegben vörösből-fehér. (Ez utóbbi

a sav által elroncsolt nátriumrodizonátból keletkező rodizonsav színe).

Ehhez az eredeti eljáráshoz a későbbi közlemények — a lényeg változtatása nélkül — több módosítást ajánlottak. Ilyenek: a savas közeget nátriumacetáttal pufferolják; NH_4Cl -ot adnak a rendszerhez; alkohol helyett acetont, glicerint, izopropilalkoholt használnak; friss indikátor oldat helyett 1 : 400 arányú ammonkloridos diszperziót alkalmaznak; az átmeneti pont előtt néhány csepp 0,1 molos $AgNO_3$ oldatot adnak a rendszerhez; indikátorul báriumrodizonát szuszpenziót használnak, stb.

Kísérleteinket két részben végeztük: az előkísérletekkel az alapreakciónál próbáltuk ki a feladatoknak megfelelő legkedvezőbb körülményeket, majd ezek megállapítása után üzemi lúgokat elemeztünk.

Előkísérletek. Meghatározásainknál az alábbi oldatokat használtuk:

0,5 n. $BaCl_2$ oldat, p. a. sóból, beméréssel készítve, és gravimetriken ellenőrizve;

0,2 n. Na_2SO_4 oldat, hasonlóan készítve és ellenőrizve;

cca. 0,25%-os vizes Na-rodizonát oldat, frissen készítve.

A lenti táblázatokban közölt eredményeket pontos normalitású oldatokra átszámítottuk. 1 ml 0,2 n. Na_2SO_4 oldatban kb. 10 mg SO_4 van, tehát a szulfát tartalom kb. megfelel egy szulfátdúsabb üzemi lúgnak.

Az elemzéseknél titráló lombikba bemértünk 5 ml 0,2 n. Na_2SO_4 oldatot, hozzáadtunk 5 ml 0,5 n. $BaCl_2$ -oldatot, összeráztuk, adtunk hozzá 10 csepp indikátor oldatot és 2 ml alkoholt, majd 0,1 ml-es beosztású bürettából a 0,2 n. Na_2SO_4 oldattal addig titráltunk, amíg a vörös szín sárgába csapott át. Semleges közegben az átmenet pontosan észlelhetően éles. A módosítások közül kipróbáltuk az alkohol helyett glicerint, acetont és amilalkoholt adagolni; lényegesebb különbséget nem is lertünk. Legjobb volt a színátmenet az amilalkoholnál. Ugyancsak jobb a színátmenet, ha valamelyik alkoholt használjuk közegnek, de ez gyakorlatilag megdrágítaná az elemzéseket. — Kipróbáltuk frissen készített indikátoroldat helyett az NH_4Cl -ben diszpergált készítményt: ezzel sem kaptunk jó eredményeket; valamit nem kaptunk jobb színátmenetet $AgNO_3$ hozzáadásával sem. A semleges közegben történt meghatározások az eredeti előírás szerint kifogástalan eredményeket adnak.

Aluminátlúg esetében azonban feltétlenül savas közegben kell dolgozni. Az SO_4^{--} -ionok mellett rendszeren jelen vannak a timföldgyári lúgokban a PO_4^{--} , F^{--} , VO_4^{--} -ionok is, amelyek Ba -mal semleges közegben, ugyancsak oldhatatlan csapadékot adnak és így a helyes meghatározást eleve lehetlenné tennék. Ugyancsak zavarna eredeti állapotban a lúg sötétebb színe is.

A báriumfoszfát és báriumvanadát savas közegben könnyen oldódik, a F' savanyú közegben, az Al^{+++} -al forralás után olyan komplex vegyületet ad, amely Ba^{++} -ionokkal már nem képez csapadékot. Kísérlet-sorozatot végeztünk tehát, hogy mi-

lyen savanyítás mellett észlelhető még jól a színátcsapás. Figylembe kell venni itt azt az igen fontos tény, hogy az alumínátlúgok megsavanyításánál először alumíniumhidroxid csapadék válik ki és ez utóbbi öregedés nélkül $pH = 1$ körül oldódik fel teljesen, vagyis ilyen savasságnál tisztul ki a megsavanyított lúgot.

Meg kell jegyeznünk azt is, hogy a rendszerben legalább 0,06 g bárium felesleg (tehát 0,5 n. báriumklorid oldatból legalább 1 ml, de inkább több) szükséges, amit mutat az, hogy ebben az esetben báriumrodizonát a csapadékot élénk vörösré színezi. Kevés Ba^{++} -ionfelesleg esetén az indikátor nem jól működik. Az előkísérleteket egy Bayer-üzemi sűrűlúgnak megfelelő töménységű, mesterséges alumínátlúggal (modell-lúg) végeztük.

Korábbi tapasztalatainkból tudva, hogy az indikátor színátmenete csak semleges közegben éles, gyengén savas közegben is már bizonytalanabb (rózsaszínből-fehérből), először úgy jártunk el, hogy az $Al(OH)_3$ feloldása után az oldatot fenolftalein papír jelenlétében semlegesítettük, majd 1 csepp cc. HCl -t adtunk hozzá (az oldat térfogata kb. 50 ml volt), ezáltal a pH kb. 6 lett. Hozzáadtunk felesleges báriumklorid oldatot, majd 10 csepp indikátort és alkoholt, és 0,2 n. Na_2SO_4 oldattal vörösből szintelenig titráltunk. A kapott eredmények nem voltak kielégítőek. Az egyenérték pont előtt a vörös szín elgyengült és kb. az egyenérték pontig azonos volt, de nem jól definiálható. Lassú és kivárt titrálásnál is igen nehezen ment át a rózsaszín fehérbe.

Roschal szerint (5) a Cl^- -ionok a Cl^- koncentrációnak megfelelően erősítik a Ba -rodizonát csapadék vörös színét.

Ebből a megállapításból kiindulva, a színátmenetet megpróbáltuk NH_4Cl -lel erősíteni oly módon, hogy növekvő mennyiségű NH_4Cl -t adtunk a rendszerhez. Megállapítottuk, hogy több NH_4Cl hozzáadással egyrészt a Ba -rodizonát vörös színét valóban intenzívebbé teszi, másrészt a színátcsapás élességét is növeli.

A színátmenet erősségére vonatkozó, határértékekkel végzett eredményeket az 1. táblázatban közöljük.

1. táblázat

Oldat pH-ja	NH_4Cl mennyisége 25 ml oldathoz		
	semmi	1,0 g	4,0 g
3,0	jó	jó	jó
2,0	közepes	jó	jó
1,0	rossz	rossz	jó
0,5	„	„	jó
0,0	„	„	jó

Az eredményekből kitűnik, hogy a viszonylag nagymennyiségű NH_4Cl hozzáadása előnyös, mind a gyengén, mind az erősebben savas közegben. Érdekes, hogy ezt a megállapítást a részletes szakirodalmi adatokban sem találtuk.

Találtunk viszont olyan adatot, amely szerint az indikátor finoman elosztott Ba -rodizonát szuszpenzió formájában jó eredménnyel használható. Ennek alapján az indikátor adagolást soro-

zatos kísérletekben úgy végeztük, hogy az indikátort a Ba -kloriddal történt lecsapás után lassan, *állandó rázás* közben adtuk a rendszerhez, amikor a keletkezett Ba -rodizonátnak a $BaSO_4$ csapadékon való adszorpcióját elősegítettük. A kísérleti eredmények szerint a színátcsapás valóban jobb ilyen esetben, mintha az indikátort egyszerre és rázás nélkül adagolnánk.

A Charlot által ajánlott, $AgNO_3$ oldat hozzá-tételt — mint említettük — kipróbáltuk, de nem találtuk előnyösnek.

Végül megállapítottuk, hogy az eredetileg ajánlott 10 csepp indikátor helyett, savas közegben célszerűbb 2—3-szoros indikátor mennyiséget használni, tehát cca 1 ml-t.

Miután az indikátor érzékenységét fenti módosításokkal fokoztuk, sorozatos kísérletet végeztünk $pH = 1$ -es közegben, változtatva az SO_4^{--} és Ba^{++} koncentrációt. Az eredményeket a 2. táblázatban közöljük.

2. táblázat

0,2 n. Na_2SO_4 ml	0,5 n. $BaCl_2$ ml	Fogyott 0,2 n. Na_2SO_4	
		számított ml	talált ml
2,0	2,0	3,00	2,95
3,0	3,0	4,50	4,50
4,0	4,0	6,00	5,98
5,0	5,0	7,50	7,47
6,0	6,0	9,00	8,95

Az eredmények igazolják, hogy $pH = 1$ oldatban a meghatározások pontosan végezhetőek.

Üzemi-lúg elemzések. Az előkísérletek után üzemi lúgokat elemeztünk. Két lúggal kísérleteztünk (Dorr I.), az SO_4^{--} tartalmat mindkettőből súlyszerinti analízissel határoztuk meg. A szulfát-tartalom mindkét lúgnál közel azonos volt, és pedig jól egyező súlyszerinti középértékekből:

- A. 11,74 g/l
B. 11,25 „

A térfogatosságot meghatározásokat a következőképpen végeztük:

5 ml üzemi alumínátlúgot kb. 10 ml-re felhígítottunk, majd melegítés közben cc. HCl -lel annyira savanyítottuk, hogy a képződött $Al(OH)_3$ feloldódjék. Most kb. 4 g szilárd NH_4Cl -t adtunk hozzá és az oldatot felforraltuk. Ezután 5 ml 0,5 n. $BaCl_2$ -oldatot adtunk a rendszerhez, jól összeráztuk, lehűtöttük, kb. 3 ml etilalkoholt, majd állandó rázogatás közben kb. 1 ml indikátor oldatot adtunk hozzá. Ha a piros színeződést megkaptuk (elegendő $Ba!$), lassú ütemben a Ba^{++} felesleget 0,2 n. Na_2SO_4 oldattal színátcsapásig visszatitráltuk. —

Színváltozás: vörös → fehér. A fehér szín a lúg eredeti színének megfelelően, lehet kissé sárgás átmenetű. Az oldat kezdeti térfogata legfeljebb 25 ml volt.

A súlyszerinti elemzésre szükséges kb. 2 órával szemben, egy meghatározás időtartama kb. 10 perc.

Az eredményeket (5 ml-es lúgbemérés esetén), a következő képlet alapján számoltuk ki:

$$SO_4 \text{ g/l} = [(0,5 \text{ n. } BaCl_2 \text{ ml} \cdot 2,5) - 0,2 \text{ n. } [NaSO_4 \cdot ml] 0,0096066 \cdot 200$$

A kapott eredményeket a 3. táblázatban foglaltuk össze:

3. táblázat

Lúg	Fogyott $0,2 Na_2SO_4$ ml	Számított	SO_4 g/l Talált	Különbség
A.	6,40	11,74	11,71	-0,03
A.	6,40	11,74	11,71	-0,03
A.	6,45	11,74	11,61	-0,13
B.	6,60	11,25	11,23	-0,02
B.	6,50	11,25	11,52	+0,27
B.	6,55	11,25	11,42	+0,17

Az eredményeinkből látható, hogy az eljárás a súlyszerinti elemzéssel lényegileg azonos eredményeket ad. Pontosság kb. $\pm 1\%$.

Az eljárás használhatóságára nézve megjegyezzük még, hogy a módszer mikro-meghatározásokra is alkalmas, azonban gyors üzemi elemzéseknel ajánlatosabb a fent közölt mennyiségi határok között elemezni. Az alumínátlúgokból tehát annyit vegyünk, hogy a meghatározandó SO_4^{2-} tartalom 25–50 mg körül legyen. — Ez a mennyiség általában megfelel a jelzett 5 ml-es bemérésnek, mind hígabb, mind töményebb üzemi alumínátlúgoknál. Kisebb SO_4^{2-} tartalmú lúgoknál természetesen lehet valamivel többet is bemérni, de a kezdeti osztérfogat lehetőleg ne haladja meg a 25–30 ml-t.

A Ba minimális koncentrációjára a fentebb már közöltek iránytadók.

Az indikátor oldatot mindig *frissen* kell készíteni. Az oldat megadott 0,25%-os töménységét nem kell analitikai pontossággal minden alkalommal beállítani, gyakorlatilag kb. kis késhegynyi indikátort oldunk kb. 5 ml deszt. vízben.

A titrálásokat szobahőmérsékleten kell végezni! Meleg közegben az indikátor nem érzékeny.

Az eljárásnak üzemi szempontból — pontossága mellett — nagy előnye, hogy semmiféle különleges berendezést vagy előtanulmányt nem igényel; vegyszerfogyasztás csekély; az indikátor könnyen beszerezhető.

2. Amperometrikus titrálás ólomnitrát oldattal

Az amperometrikus titrálások lényege: elektrolit oldatban a meghatározások végpontját a diffúziós határáram erősségének változása útján észleljük (17).

A diffúziós áram intenzitása és az elektródon (katód) leváló ion töménysége közötti összefüggést Ilkovic munkássága alapján ismerjük (18), amely szerint az alább jelzett előfeltételek szigorú megtartása mellett a mért áramintenzitás, állandó hőmérsékleten, a kérdéses ion koncentrációjával arányos. Az előfeltételek:

1. *Igen jól definiált katód* szükséges a meghatározásokhoz. Erre a célra különösen alkalmas a csepegő higanykatód, amely lényegileg állandóan megújul és így végig jól definiált marad.

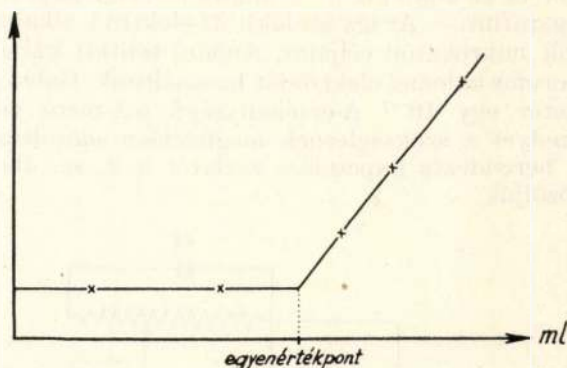
2. Gondoskodni kell arról, hogy a katód felületén kiváló ionok helyébe pótlás *csak diffúzió* útján juthasson, vagyis gyakorlatilag megszün-

tetjük az átviteli effektust. Ezt elérhetjük, ha a vizsgált elektrolit oldathoz nagy feleslegben indifferentens, a vizsgátnál sokkal nehezebben redukálható kationt tartalmazó elektrolitot adunk, pl. alkálifémsót.

Csepegő higanykatód helyett a szakirodalmi adatok szerint, forgó Pt-mikro elektródot is alkalmaznak (17). Ha ilyen esetben nagy felületű ellen-elektrodot használunk, (pl. telített KCl-os kalomelanód), és az elektródokra olyan feszültséget kapcsolunk, hogy vagy a meghatározandó ion, vagy a mérőoldat ionja diffúziós áramot adjon, úgy a mérőoldat feleslegbe jutását a diffúziós áram erősségének változásával egy, az áramkörbe csatolt érzékeny galvanométer (μA -mérő) segítségével észlelni, illetőleg mérni tudjuk.

Nagy előnye a forgó Pt-mikroelektrod használátának, hogy elmarad a komplikált, csepegő higanykatód, továbbá, hogy maga az elektród a forgó keverés által elősegíti a diffúziót.

A mérőoldat mennyiségének és a diffúziós áram intenzitásának összefüggését grafikusan ábrázolva, pl. abban az esetben, ha nem a meghatározandó ion, de a mérőoldat ionja adja a diffúziós áramot, az 1. sz. ábrán feltüntetett grafikont kapjuk.



1. ábra.

Ez az eset áll fenn, ha SO_4^{2-} -ionokat Pb^{2+} -ionokkal titrálunk. Amíg az SO_4^{2-} feleslegben van, $PbSO_4$ fog kiválni (alkoholos közegben!) az egyenérték pont után a Pb^{2+} -ion diffúziós áramot létesít, amely jelenséget galvanométer kitérése jelzi.

Megjegyezzük, hogy semleges közegben a Ba^{2+} is alkalmas SO_4^{2-} -nek¹ amperometrikus titrálására; savanyú közegben azonban — márpedig adott esetünkben ez előfeltétel — a hidronium ion korábbi zavaró töltés leadása miatt, a meghatározás nem vihető keresztül.

Az SO_4^{2-} -nek ólomnitrát oldattal való amperometrikus meghatározásával több kutató foglalkozott. Érdekes, hogy a rendelkezésünkre álló szakirodalomban valamennyi talált ilyenemű szakértekezés szovjet kutató munkája.

Mint kiegészítő adatot megemlíthetjük, hogy találtunk olyan amperometrikus eljárást¹, amely az SO_4^{2-} tartalmat metilalkoholos, vagy acetons közegben $Co(NH_3)_6Cl_3$ oldattal titrálja. — Egy másik eljárás pedig a szulfátot szulfidra redu-

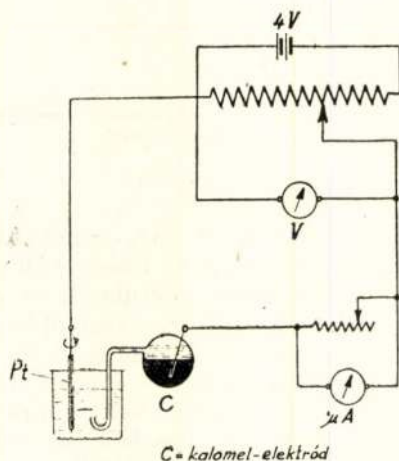
¹ H. I. Laitinen és L. W. Birdell l. c.

kálja, CdS-dá alakítja és ez utóbbinak Cd tartalmát polarografikus úton határozza meg.²

Részünkről a $Pb(NO_3)_2$ oldattal való titrálást tanulmányoztuk, és ezt alkalmaztuk alumínátlúgok elemzésére. A fent említett eljárások mind csepegő higanykatóddal dolgoznak. Ezzel a berendezéssel K. Á. Vasziljev és S. Ja. Gecsova (12) már végeztek alumínátlúgokból szulfát meghatározásokat. Ők az alumínátlúgot 1,4 fs.-u HNO_3 -mal addig savanyítják, amíg a kivált $Al(OH)_3$ feloldódott, annyi alkoholt adtak az oldathoz, hogy az, alkoholra nézve, kb. 30—40%-os lett, és 0,1 n. ólomnitrát oldattal titrálta. Elektrodok: csepegő higanykatód és telített káliumkloridos kalomel-anód; feszültség: 1,2 V.

Az általunk végzett vizsgálatok célja annak megállapítása volt, hogy az SO_4^{2-} és Pb^{2+} amperometrikus titrálásánál használható-e az igen kényes, csepegő higanykatód helyett forgó Pt mikroelektrod, és ha igen, milyen feltételek mellett? Ezekre vonatkozólag szakirodalmi utalásokat nem találtunk.

Előkísérletek. Az elemzésekhez használt készüléket az elektrogravimetrikus méréseknél használt forgó, gyors elektrolizálóból alakítottuk át. Ennek forgó Pt-anódját beparafinoztuk, és az alján kb. 3—4 mm-es részen lekapartuk a parafint. — Az így átalakított elektrod alkalmas volt mikrokatód céljaira. Anódul telített káliumkloridos kalomel elektrodot használtunk. Galvanométer egy 10^{-7} A-érzékenyséű μA -mérő volt, amelyet a szükségletnek megfelelően söntöltünk. A berendezés kapcsolási vázlatát a 2. sz. ábrán közöljük.



2. ábra.

Használt oldatok a következők voltak:

0,2 n. Na_2SO_4 oldat, (1. előbb);

0,1 n. $Pb(NO_3)_2$ oldat, p. a. sóból készítve és ellenőrizve;

telített $NaNO_3$ oldat, indifferens elektrolit céljaira.

Az elemzendő, változó mennyiségű Na_2SO_4 -t tartalmazó oldatban a szulfát koncentrációt a telített $NaNO_3$ oldattal 0,001—0,01 n.-ra állítottuk be. — Ezután 1 ml ce. HNO_3 -t, majd 10—15

² A D. Horton és T. F. Thomason l. c.

ml alkoholt adtunk hozzá és 0,1 n. $Pb(NO_3)_2$ oldattal — fél ml-es részletekben — titráltunk addig, amíg a μA -mérő erősen kitért. Az egyenérték pont után is végeztünk még észleléseket. — 2—3 leolvasás az egyenérték pont előtt és utána lehetővé tette a grafikus ábrázolást, ebből az egyenérték pont helyzetének meghatározását.

Az alkalmazandó feszültség vizsgálatánál azt találtuk, hogy a csepegő higanykatódnál általában használt 1,2 V helyett már 0,8 V is elég arra, hogy a Pb-ionok kisülhessenek. Ez az észlelésünk egyezik V. F. Toropova és munkatársainak közlésével (12). A végzett előkísérleti eredmények egy része a 4. táblázatban van összefoglalva.

4. táblázat

Bemért 0,2 n. Na_2SO_4 ml	Fogyott 0,1 n. $PbNO_3$		
	Számított ml	Talált ml	Eltérés ml
0,5	1,0	0,93	—0,07
1,0	2,0	1,92	—0,08
1,5	3,0	3,10	+0,10
2,0	4,0	4,00	±0,00
2,5	5,0	5,03	+0,03
3,0	6,0	5,85	—0,15

Megjegyezzük, hogy meghatározásainkat — annak ellenére, hogy tudatában voltunk a forgó Pt-elektrodos eljárás O_2 -re érzékeny voltánakevegő atmoszférában végeztük, éppen az üzemi lehetőségeket tartva szem előtt. Kísérleteink igazolják, hogy az üzemi pontosság a levegőn is elérhető!

Üzemi lúg elemzések: A rendelkezésünkre álló üzemi lúgokból a meghatározásokat alábbi módon végeztük:

2,5 ml alumínátlúghoz — melegítés közben — annyi 1,4 fs.-u HNO_3 -t adtunk, hogy a kivált $Al(OH)_3$ csapadék feloldódjék.³ Az oldatot deszt. vízzel kb. 20 ml-re hígítottuk, adtunk hozzá 15 ml alkoholt, és 0,1 n. ólomnitrát oldattal az előbb ismertetett módszer szerint addig titráltuk, amíg az árammérő kitérést jelzett. — Az egyenérték pontot itt is grafikusán határoztuk meg. A ráadott feszültség: 0,8 V volt. Az elemzési adatok — 2,5 ml bemérés esetén az alábbi egyenlet alapján számíthatók ki:

$$SO_4 \text{ g/l} = 0,1 \text{ n. } Pb(NO_3)_2 \text{ ml} \cdot 0,0048033 \cdot 400$$

Az előbbieken már említett kétféle üzemi alumínátlúg (A, B) elemzésénél kapott eredményeket az 5. táblázatban foglaltuk össze.

5. táblázat

Lúg	0,1 n. $Pb(NO_3)_2$ ml.	SO_4 g/l		
		Számított	Talált	Különbség
A.	6,10	11,74	11,71	—0,03
A.	6,15	11,74	11,82	+0,08
A.	6,00	11,74	11,52	—0,22
A.	5,92	11,74	11,37	—0,37
B.	5,80	11,25	11,14	—0,11
B.	5,90	11,25	11,33	+0,08
B.	5,85	11,25	11,23	—0,02
B.	6,00	11,25	11,52	+0,27

³ A pipettát kb. 2—3 ml deszt. vízzel utána-mostuk.

Amint az adatokból látható, az eljárás valamivel eltérőbb eredményeket ad, mint a rodizonátos titrálás. A pontossága cca. $\pm 2\%$, tehát az üzemi követelményeknek a levegőn történő meghatározásoknál is jól megfelel.

Egy elemzés időtartama itt is kb. 10 perc.

Anyagszükséglet: a többlet alkohol miatt valamivel drágább, mint a rodizonátos eljárásnál. Figyelembe veendő még, hogy a meghatározásokhoz drága műszereket igénylő, elég komplikált berendezésre van szükség.

3. Szedimentometrikus módszer.

Az eljárás azon az elven alapszik⁴, hogy egy oldatból a meghatározandó alkatrészrel (pl. SO_4), azonos kísérleti körülmények között képezett oldhatatlan csapadéknak (pl. $BaSO_4$) a térfogata a meghatározandó alkotórész koncentrációjával arányos, és így ez utóbbinak mértékéül használható anélkül, hogy a csapadékot kiszáritva, vagy kiizzítva, annak a súlyát mérnénk.

Szedimentometrikus SO_4 meghatározást a szakirodalomban több helyen találtunk ismerttelve (14). Így pl. a Szovjetunióban ezzel a módszerrel határozzák meg a Nikatalizátorok SO_4 tartalmát. Így történik a galvános Cr-fürdők elemzése is szulfátra. Orvosi laboratóriumokban a különböző testnedvek (vér, vizelet, stb.), mezőgazdasági kísérleteknél pedig a talajok szulfáttartalmának gyors meghatározására, ugyancsak a szóbanforgó eljárástehasználják.

Hasonló módszer fél-mikro elemzések esetén, ha a vizsgálandó oldatban leválasztott $BaSO_4$ csapadékból 1 cseppet a lombik aljára cseppentenek és a képződött csapadékgyűrű (area) nagyságának megfigyeléséből, ill. etalon értékekkel való összehasonlításból vonnak le mennyiségi következtetéseket.⁵

A gyakorlatban használatos ilyenmű meghatározások lényege az, hogy nagyjából azonos összetételű anyagból — lúgtípusokon belül az aluminátlúgok ilyeneknek tekinthetők —, azonos körülmények között dolgozva, jól definiált csapadékot létesítünk, éhez utóbbi azonos feltételek mellett centrifugáljuk, oly segédeszközöket használva (beosztott üvegcső), amelyekben a centrifugált csapadék térfogata mérhető. — Ilyen esetekben a csapadék térfogata a bennelévő anyag koncentrációjával arányos és összehasonlító vizsgálatokra alkalmas.

Vizsgálatainkat itt is két részben végeztük.

Előkísérletek. Az elemzések mesterséges aluminátlúgokból történtek, amelyeknek az összetétele, viszkozitása, általában megfelelt egy üzemi (Dorr I.) lúgnak, de csak Na_2O , Al_2O_3 és SO_4 tartalmú volt, a járulékos alkatrészek (PO_4 , F , VO_4 , stb.) nélkül. Ezekkel a modell-lúgokkal az eljárási elv gyakorlati használhatóságát (csövek, fordulatszám, idő, oldatok térfogata, töménysége stb.) próbáltuk ki.

Megállapítottuk, hogy aluminátlúgoknál SO_4 tartalom meghatározáshoz, az általában szokásos,

kónikus centrifuga cső helyett előnyösebben használhatók a biológiai méréseknél alkalmazott ú. n. protein meghatározó csövek, amelyeket a 3. sz. ábrán láthatunk.

A csőnek alsó nyulványa pl. $0,1\text{ cm}^3$ térfogatú, 20 részre osztva, ezt használtuk 10 g/l -es szulfát-tartalomig, vagy lehet $0,5\text{ cm}^3$ -es térfogatú, 25 részre osztva, ezt használtuk magasabb SO_4 tartalmú lúgoknál. Mindenesetre a bemérendő oldat térfogatát előkísérletekkel úgy kell megállapítani, hogy a keletkezett és lecentrifugált csapadék a beosztott csőrészben mérhető legyen. — Ez a térfogat, vizsgálataink szerint, aluminátlúgoknál általában 2 ml .

A centrifugálás készülékek szerint, általában 2—6 csővel történhetik, és ebből a tényből is adódik az eljárás egyik előnye, amely szerint *1 művelettel párhuzamos elemzések* végezhetők. — A centrifugálás végrehajtható kézzel hajtott készülékkel, amikor is gondosan ügyelni kell a lehetőleg azonos fordulatszámra és centrifugálási időre (ez gyakorlat dolga!) — Sokkal pontosabb és kényelmesebb természetesen az elektromos meghajtású, szabályozható fordulatszámú készülék.

Előnye a módszernek az is, hogy a bemérést és a csapadék térfogatának meghatározását, tehát végig az egész elemzést, *ugyanabban az edényben* végezzük, és így műveleti veszteség nem állhat elő.

A modell-lúgokkal végzett kísérlet-sorozatoknál 2 ml bemért lúghoz az üvegcsőben, lassan csepegtetve, $2,5\text{ ml}$ cc. sósavat adtunk, az oldatot megkevertük és vízfürdőn felmelegítettük. Ezután $0,5\text{ ml}$ laboratóriumi kb. (2-n) $BaCl_2$ -oldatot adtunk hozzá, lehűtöttük és centrifugáltuk. A csapadék feletti tiszta oldatot többször megvizsgáltuk és abban SO_4 -t nem tudtunk kimutatni, tehát a leválás és a centrifugálás kvantitatív volt. Az eredeti elemzési eljárás tapasztalataink alapján, (1. később) változtattunk.

A térfogat összehasonlítás céljára grafikont szerkesztettünk, az alábbi módon. A modell-lúgjaink SO_4 tartalma azonos viszkozitás mellett különböző volt ($4,22, 8,81, 13,40\text{ g/l } SO_4$). Ezt az SO_4 tartalmat súlyszerinti elemzéssel állapítottuk meg. Ezeket az adatokat (g/l) egy koordináta-rendszer vízszintes tengelyére vittük rá. A megfelelő ordináta értékeket a centrifugált csapadék térfogata, ill. a protein csőben lemért magassága (térfogat mértékszám) adta. Ez utóbbiak megállapítása céljából minden csőünkben (4 csővel dolgoztunk egyszerre), 2 ml azonos SO_4 tartalmú aluminátlúgból lecsaptuk a $BaSO_4$ csapadékot és lecentrifugáltuk. A csapadékok magasságát (térfogatát) leolvastuk. Ezt a műveletet tízszer megismételtük. A 40 adat középértékéből megkaptuk pl. a $4,22\text{ g/l}$ -es SO_4 tartalomnak megfelelő *térfogattértékszámot*. Ilyen középérték meghatározást a jelzett különböző SO_4 -tartalmakra elvégezve, 3 ordináta értékhez jutottunk. A súlyszerinti SO_4 és utóbbiakhoz tartozó térfogattértékszámok ábrá-

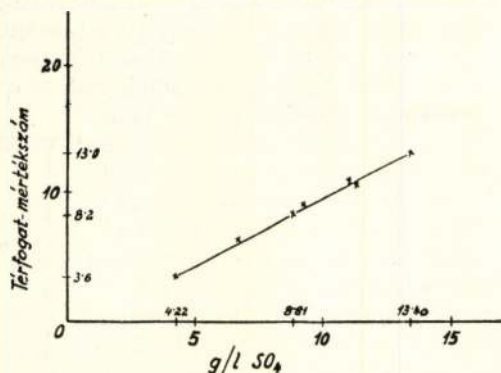


3. ábra.

⁴ H. Chromse l. c.

⁵ R. Danerell és P. Spemulli. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 9. 123. 1937.

zolásával megszerkesztettük a modell lúgunkra jellemző grafikont. Az összefüggés a g/l-ben kifejezett SO_4 tartalom és a hozzájuk tartozó térfogatok között *egyenes*. (4. ábra)



4. ábra.

Ennek a grafikonnak a felhasználásával — a modell lúgunk SO_4 tartalmát, hozzáadott ismert töménységű Na_2SO_4 oldat segítségével változtatva — a súlyszerint megállapított értékekkel, jól egyező, szedimentometrius eredményeket kaptunk. Szórás: kb. $\pm 4\%$ volt.

Üzemi lúgminták elemzése.

Előkísérleteink alapján az üzemi lúgok szul-fáttartalmának meghatározását a következőképen kell végezni:

1. Az üzemi lúgminták SO_4 tartalmát lúgtípusonként külön elemzéssel kell meghatározni. (Dorr, kikeverő, sűrű, stb. lúgok). Minden egyes lúgfajtából különböző SO_4 tartalmú variánsnak a szulfáttartalmát előzőleg súlyszerint (g/labszciszsaérték), majd az előbb leírt elv alapján ugyanezeknek a térfogatát szedimentometriusan meghatározva (ordináta érték), megszerkesztjük az egyes lúgtípusokra jellemző alapgrafikonok.

Ha az üzemi lúg SO_4 tartalma megközelítőleg azonos, úgy a grafikon megszerkesztéséhez szükséges, különböző SO_4 tartalmakat az eredeti lúg különböző arányú hígításával is elérhetjük, ebben az esetben azonban az eljárás kevésbé pontos, mert az idegen ionok mennyisége a bárium-szulfát csapadék szedimentálásánál nem elhanyagolható tényező.⁶

Minden egyes lúgtípusra megszerkesztendő a szedimentációs alapgrafikon! Ez kétségkívül időt és gyakorlatot kíván, azonban éppen olyan előművel, mint pl. a kolorimetralásnál egy kiértékelő görbe megszerkesztése!

2. A grafikonok birtokában ismeretlen SO_4 tartalmú üzemi alumínátlúg elemzését előkísérleteink tapasztalatai alapján, a következőképpen végeztük:

A centrifuga csőbe először 2,5 ml cc. sósavat mértünk be, majd cseppenként pipetából 2 ml alumínátlúgot. A pipetát 2 ml deszt. vízzel utána mostuk. Az oldatot dróttal összekevertük, de nem melegítettük, mert az exoterm reakciónál fejlődő hő

⁶ Pais I. Doktori értekezés. Bpest, 1948.

(cca. 48 °C) elég az $Al(OH)_3$ oldódásához. Ennek megtörténte után cca. 0,5 ml laboratóriumi $BaCl_2$ oldatot adtunk hozzá és lecentrifugáltuk. Megjegyezzük, hogy kb. 15—20 perces várakozás nem változtat az eredményen! Ford. szám kb. 2000; centrifugálási időtartam: 5 perc. Általában 4 vagy 6 elemzést végeztünk egyszerre. A centrifugálás után a csapadék magasságokat leolvastuk — középértékeltük —, és az illető lúgtípus grafikonján kikerestük a megfelelő SO_4 mennyiséget.

A megelemezett két üzemi lúg (B és C) gravimetriusan megállapított SO_4 tartalma a következő volt:

B	11,25 g/l
C	10,40 „

A szedimentometrius elemzésekből 2-, 3- és 4 csővel dolgozva, a 6. táblázatban feltüntetett értékeket kaptuk:

6. táblázat

Lúg	Középérték		
	4 csővel	3 csővel	2 csővel
B	11,30	11,20	11,15
C	10,35	10,50	10,30

Amint az eredményekből látható, az eljárás kb. olyan pontos, mint az előbbieket és üzemi ellenőrző módszernek jól megfelel. Pontosság — átlagban — kb. $\pm 2\%$. (A begyakorlás tehát fokozza a pontosságot.)

A meghatározások időtartama cca. 20 perc, de ez idő alatt párhuzamosan végezhető 2—6 elemzés, így tehát egyszerre három lúgfajta is elmezhető.

Vegyzerszükséglet jelentéktelen, csak a rendes laboratóriumi kémszeroldatokkal kell dolgozni. Az eljárás keresztülvitele egyszerű, könnyen elsajátítható.

A grafikonok megszerkesztése előképzettséget kíván, de ezeket csak egyszer kell megcsinálni a lúgtípusokra és így — ismételjük — lényegileg azonos feladat pl. a kolorimetrius görbék megszerkesztésével.

A szükséges felszerelés (centrifuga, beosztott mérőcsövek) jól felszerelt üzemi laboratóriumban nem jelent különösebb berendezést.

4. Összefoglalás

Alumínátlúgok SO_4 tartalmának gyors üzemi meghatározására három eljárást dolgoztunk ki:

1. Közvetett csapadékos titrálás $BaCl_2$ — ill. Na_2SO_4 — oldat segítségével, Na-rodizonát indikátor jelenlétében;

2. Amperometrius titrálás $Pb(NO_3)_2$ oldattal, forgó, Pt-mikroelektrod segítségével;

3. Szedimentometrius módszer, a leválasztott és centrifugált $BaSO_4$ csapadék térfogatának mérése segítségével.

Mindhárom módszer időtartama az eddig alkalmazott súlyszerinti eljárásnál sokkal rövidebb: a meghatározások időszükséglete 10—20 perc.

Vegyszerszükséglet egyik módszernél sem jelentős.

Apparatív szükséglet a 2. és 3. módszereknél komplikáltabb, de nem haladja meg a korszerű üzemi laboratóriumok lehetőségeit.

Mindhárom módszer pontossága kielégíti a megkívánt üzemi szükségletet.

*

Kísérleteinket párhuzamosan végeztük részint a Fémipari Kutató Intézet Vegyészeti Osztályán (Z. és V.), részint a Műszaki Egyetem Elektro-Kémiai Intézetében (P.)

Ezúton is őszinte köszönetünket fejezzük ki dr. Lányi Béla műsz. egy. tanár és dr. Papp Elemér osztályvezető, valamint Sági Lajos műegyetemi tanárságunk kartársaknak, a munkánk iránt tanúsított érdeklődésükért, és hasznos tanácsaikért, amelyekkel nagyban elősegítették kísérleteink sikeres befejezését.

SZAKIRODALMI ADATOK

1. W. D. Treadwell : II. 397., 1949.
2. L. Winkler : 1931., Stuttgart.
3. Andrew : Am. Chem. Journ. 2.567., 1902. — D. Kószegi : Z. f. anal. chem. 77 203., 1929. — P. N. Pavlov : Ukr. Khem. Zsurn. 2., 353, 1926. — Karyakin és V. Murasova : Zav. Lab. 12. 284., 1946.
4. F. Raschig : Z. F. ang. Ch. 617. 818., 1903. — J. Shunichi : Tok. Jap. Expl. Med. 7. 119., 1926. — B. G. Zapromotov : Bull. Univ. Asie Centr. 24. 91., 1927., 25. 40., 1928. — L. J. Hallett és J. W. Kuipers : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 12. 360., 1940.
5. T. Henle : Ber. 18. 1839., 1885. — R. Nietzki és Th. Benckiser : Pharm. Journ. 19. 173., 1904. — Zombory L. : Magy. Chem. F. 35., 1929. — R. Strebinger és L. Zombory : Z. f. anal. Chem. 79. 1., 1929. — M. L. Csepelevecki és S. J. Posdnjakov : Zs. prik. Khimi. 8. 42., 1931. — J. M. Kolthoff : Die Massanalyse, 1931. — M. S. Raeder : Kong. Norske. Vid. 5. 32., 1933. — M. N. Maruskin : Zs. Prikl Kim. 6, 951., 1933. — E. Ollaard : Biochem. Z. 274. 181., 1934. — D. T. Gibson és T. H. Caulfield : Analyst 60. 522., 1935. — W. C. Schroeder : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 5. 403., 1933. — J. C. Giblin : Analyst 58. 752., 1933. — R. B. Roschal : Anilin Farb. Ind. 4. 37., 1934. — Zombory L. : Magy. Kém. F. 41., 1935. — A. Mutschin és R. Pollak : Z. f. Anal. Chem. 108. 8., 309., 1937. — Müller R. : Vom Wasser 12. 290., 1937. — E. Seyb. : Vom Wasser 12. 307., 1937. — E. Abrahamczik : és F. Blümel : Mikrochim. Acta 1. 354., 1937. — L. Zombory : Z. f. anal. Chem. 110. 278., 1937. — G. G. Manov és P. L. Kirk : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 9. 198., 1937. — P. E. Chu és F. E. Hance : Hawaiian Plant. Rec. 43. 137., 1939. — J. Grant : Chem. Prod. 2. 43., 1939. — R. G. Hoon : Punjab Irr. Rev. Inst. 173., 1939. — H. L. Brunjes és M. I. Manning : Ind. Eng. Chem. anal. Ed. 12. 718., 1940. — C. C. Miller : J. Chem. Soc. 401., 1940. — G. V. Zavarov : Zav. Lab. 8. 993., 1939. — Bo Norberg : Acta Med. Scand. 104. 21., 1940. — M. E. Schub és Cs. L. Kaganova : Farmacsija 11—12. 17., 1941. — J. J. Michelson : Zav. Lab. 10. 316., 1941. — M. Konarev : Hidrochem. Met. 12. 87., 1941. — V. F. Toropova : Khim. Ref. Zsurn. 4. 48., 1941. — Tarján H. : Magy. Kém. Lapja., 1943. — S. S. Tomkins : Ind. Eng. Chem. anal. Ed. 14. 141., 1942. — F. Feigl és H. A. Schutter : Ind. Eng. Chem. anal. Ed. 14. 840., 1942. — F. Feigl és N. Braile : Chem. Anal. 32. 52., 1943. — Ch. Aberling : R. an. quim y farm. 24. 4., 1945. — C. L. Ogg. C. O. Willits és F. J. Cooper : Anal. Chem. 20. 83., 1948. — J. F. Alicino : Anal. Chem. 20. 85., 1948. — I. F. Alicino Chem. 20. 85., 1148. — M. L. Thompson : Metallurgia 39. 46., 1948. — G. Charlot és D. Bezier : 588., 1949. — Nagao Ikeola : J. Chem. Soc. Japan 70. 329., 1949. — G. Hidehiro és M. Kinichi : J. Jap. Inst. Met. 14. 73., 1950. — R. N. Walter : Anal. Chem. 22. 1332., 1950. — D. F. Waterhouse : Nature 167. 358., 1951. — H. Mestayer : Eau, 38. 81., 1951. — J. Tomitaro : J. Chem. Soc. Japán 52. 988., 1951.
6. W. C. Schroeder : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 5. 403., 1933. — D. T. Gibson és T. H. Caulfield : Analyst 60. 522., 1935. — G. A. Amt : Austr. Chem. Inst. J. et Proc. 2. 10., 1935. — H. W. Winsor : Ind. Eng. Chem. anal. Ed. 9. 453., 1937. — Ch. W. Wilson és Z. A. Kemper : Ind. Eng. Chem. anal. Ed. 10. 418., 1938. — W. A. Peabody és R. S. Fischer : Ind. Eng. Chem. anal. Ed. 10. 651., 1938. — R. T. Sheen és H. L. Kahler : Ind. Eng. Chem. anal. Ed. 10. 206., 1938. — H. L. Brunjes és M. J. Manning : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 12. 718., 1940. — J. F. Machoney és J. A. Michel : Ind. Eng. Chem. anal. Ed. 14. 97., 1942. — G. Charlot és D. Bezier : 588., 1949.
7. Z. Mindalev : Z. anal. Chem. 75. 392., 1928. — P. Grigorev és S. Korol : Zsurn. Prikl. Khim. 7. 1004., 1930. — R. Leclerc : Mem. serv. chim. etat : 32. 15., 1945.
8. H. Atkinson : Analyst 50. 590., 1925. — A. Bahrtdt : Z. f. anal. Chem. 70. 109., 1927.
9. R. L. Lorgor : Biochem. Z. 163. 476., 1925. — Treon és Crutchfield : Ind. Eng. Chem. anal. Ed. 14. 119., 1942. — W. Wolmer és F. Frölich : Z. f. Anal. Chem. 126. 401., 1944.
10. B. E. Christensen, H. Wyomore és W. H. Cheldelin : Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 10. 413. 1948. — N. J. Vorobev : Zav. Lab. 12. 375., 1946. — O. Carpena-Artés : Ann. Univ. Murcia. 288. 1948—49. — S. G. Zelikman, S. P. Makarova és A. B. Pakshver : Zav. Lab. 16. 1053., 1950. — K. Tagaki, I. Shimizu és S. Nishino J. : Elektr. Soc. Japan. 18. 123., 1950. — R. Duval : Compt. rend. 205. 1237., 1937.
11. G. M. Vainstein : Zav. Lab. 7. 778., 1938. — A. K. Kalbe : Khim. Ref. Zsurn. 4. 60., 1941. — A. J. Rybnikova és L. N. Balzanova : Zav. Lab. 11. 160., 1945. — L. J. Anderson és R. R. Revelle : Anal. Chem. 19. 264., 1947. — Qu. P. Peniston, V. F. Felizetta és L. L. Mc Carthy : Anal. Chem. 19. 332., 1947. — E. A. Quevedo : Rev. obreas. sanit. nacion. 14. 99., 1950. — R. B. Fischer és Wei Kuan Chan : Anal. Chim. Acta 5. 102., 1951.
12. Ja. P. Hohkstein : Zav. Lab. 5. 144., 1936. — G. A. Butenko és V. M. Pindas : Zav. Lab. 9. 634., 1940. — V. L. Balaja N. J. Puchenkina és J. A. Korshimov : Zav. Lab. 11. 644., 1945. — J. S. Syalikov : Zs. Anal. Khim. 1. 147., 1946. — V. F. Toropova, E. A. Zimkin és A. A. Popel : Zav. Lab. 15. 404., 1949. — N. G. Chovnykh, N. N. Kuzmin, A. N. Galkina és B. J. Starik : Zav. Lab. 15. 517., 1949. — K. A. Vasiljev és S. Ja. Getsova : Zav. Lab. 15. 1414., 1949. — H. J. Laitinen és L. W. Burdett : Anal. Chem. 23. 1265., 1951.
13. W. C. Davies : Ind. Chem. 19. 167., 1943. — A. D. Horton és P. T. Thomson : Anal. Chem. 23. 1759., 1951.
14. O. Arthenius és H. Riehm : Med. Vet. Nobelint. 6. 69., 1926. — R. T. Le Guyon : Bull. Soc. Chim. 41. 1387., 1927. — R. T. Guyon : Ann. chim. 10. 50., 1928. — C. Riebling : Z. Phys. Chem. 251. 41., 1938. — Girman és Csivina : Sborn. Vas. Nauk. Inst. Zhirov 127., 1939. — R. Vlodasco : Compt. rend 211., 1940. — Pfanhauser : Galvano technick 7. VIII., 1941. — H. A. J. Pieters : Chem. Weekbl. 39. 20., 1942. — H. Chromse : Mikr. Chim. Acta. 36. 1026., 1951.
15. Welcher : Organic anal. Reagents. I. 220.
16. K. Fayans és O. Hassel : Z. f. Elektrochem. 29. 1923., 495.
17. Erdey-Gruz T. és Proszk J. : V. 299., 1951.
18. Coll. of Czechoslov. Chem. Comm. 6. 498., 1934.

Az alumínium porkohászatának fejlődése

HALMOS GYÖRGY

Дьердь Халмош:

РАЗБИТИЕ ПОРОШКОВОЙ МЕТАЛЛУРГИИ АЛЮМИНИЯ: ТЕХНОЛОГИЯ ПРОИЗВОДСТВА ИЗДЕЛИЙ МАЛОГО УДЕЛЬНОГО ВЕСА, БОЛЬШОЙ ПРОЧНОСТИ И ЖАРОУПОРНОСТИ.

Die Entwicklung der Pulvermetallurgie des Aluminiums

A) Bevezetés

Amióta az emberiség a fémeket használja, feldolgozásukra jóformán egyetlen út az öntés és kovácsolás volt. Ettől eltér a látszatra legújabb, de valójában legrégebb eljárás, a porkohászat, amellyel az olvasztás és öntés elkerülésével állítható elő fémes test. Mint a kutatások kimutatták, többévezreddel ezelőtt az acél előállításának egyetlen módja — mivel a vasat megömlesztteni nem tudták — a szilárd darabokban redukálódott vasérc meleg összekovácsolása volt (1, 2, 3, 4). Az ókori népek és az inkább porfémekből készítették ékszereket (3, 5). Ez a mondjuk „tudatlan” és nem a mai fogalmakat fedő porkohászat a feledés homályába merült és első ízben ismét a XIX. század elején került előtérbe, most már „tudatos porkohászat” formájában. A technika akkori fejlettsége mellett a platinát nem tudták megolvasztani, ezért több eljárás kipróbálása után platinaport sajtoltak össze és ezt hevítve kaptak fémes darabokat (6). Ezt az eljárást első ízben Szoboljevskij orosz tudós alkalmazta 1826-ban, a platinapénz előállításának kidolgozásakor (7, 8, 9, 10). Az ezután ismét feledésbe merülő porkohászat az elektromos lámpák osmium-, majd wolfram-izzószálainak előállításánál jutott előtérbe és ettől kezdve hatalmas fejlődésnek indult.

Mint látjuk, az első időben csak olyan anyagok előállításánál került alkalmazásra, amelynél az előállítás egyetlen lehetséges módszere volt. Csak az utóbbi időben, technológiájának tökéletesedése és olcsóbbodásának arányában lett versenyképes olyan tárgyak és anyagok gyártásánál, melyek más úton is előállíthatók (11). Bár manapság még csak az egész világ fémtermelésének 0,1%-át teszik ki a porkohászati termékek (12), ez a szám állandóan növekszik és jelentősége elvitathatatlan.

B) Az alumínium porkohászatának irodalma

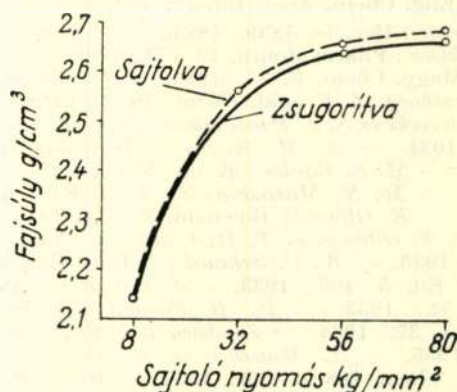
A technikával lépést tartó és szintén hatalmasan fejlődő porkohászati irodalomban azonban meglepően keveset találunk alumíniumról, illetve a könnyűfémekről. Egészen a legutóbbi időkig megfelelő jó tulajdonságokkal rendelkező és a szokásos eljárásokkal előállított anyagokkal versenyképes zsugorított alumínium-testeket nem tudtak előállítani. Kivételt képeztek az Al-Ni-Co és hasonló típusú porkohászati úton készült mágnesek, azonban itt az alumínium nem főalkotó-

rész és rendszerint ötvözet formájában alkalmazták.

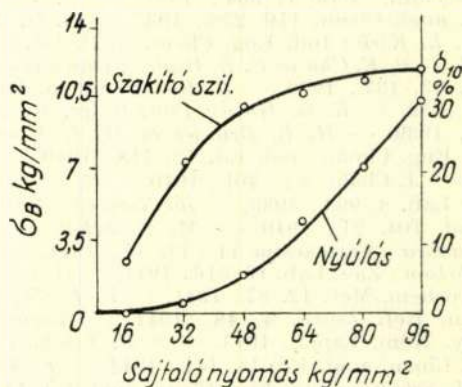
A sikertelenség okát abban látták, hogy a alumíniumot borító és a szokásos eszközökkel nem redukálható oxidhártya — mint általában a többi fémeknél — a gáz és levegőzárványokhoz, illetve zsír-, és nemfémes szennyezésekhez hasonlóan, a zsugorítási folyamatot gátolja, esetleg teljesen megakadályozza (13, 14). Emiatt a kísérletekhez lehetőleg minél kisebb oxidtartalmú porokat alkalmaztak, vagyis a legkisebb felületű, gömbös alakhoz legközelebb álló porlasztott (atomizált) port. Már a por gyártásánál az volt a cél, hogy az oxidtartalom minél kisebb legyen. Így remélték, hogy a minden egyes részecskét körülvevő vékony oxidhártya sajtolás közben, a plasztikus deformáció hatására átlukadva, a részecskék között elegendő fémes érintkezést biztosít (15).

a) Kísérletek nem ötvözött alumíniumporral

Ily módon sikerült is porlasztással előállított alumíniumporból 8–9 kg/mm² szakítószilárdságú és 20% nyúlású testeket előállítani (20), de tekintettel az eljárás nagy költségeire, a gyakor-



1. ábra.



2. ábra.

latban nem terjedt el. Kísérletek folytak ugyan a sajtolási nyomás, zsugorítás időtartama, zsugorítási atmoszféra — levegő, vákuum, ammóniákgáz — és

a zsugorítási hőfok befolyásának megállapítására, minden jelentősebb eredmény nélkül (21). A sajtolási nyomás befolyását a kész test fajsúlyára, szakítószilárdságára, valamint nyúlására Cremer és Cordiano vizsgálták. Az eredményeket az 1. és 2. ábra mutatja.

A szilárdsági értékek némi javulását érte el Bickerdike (22) a hidegen sajtolt pogácsák utólagos kismértékű melegsajtolásával, de így sem sikerült 10 kg/mm² szakítószilárdság fölé jutni (1. táblázat).

1. táblázat

48 kg/mm² nyomással hidegen és különböző hőfokon 8 kg/mm² nyomással melegen utánsajtolt testek szilárdsági értékei (22)

Sajtolási hőfok C	σ_B kg/mm ²	S %	H _B kg/mm ²
300	8,82	1,0	33,7
400	8,68	2,0	30,6
500	8,54	4,5	28,4
600	10,78	34,0	26,4

Ezért a szilárdsági értékek javítása céljából a porkohászati kísérletek két irányban haladtak. Az egyiknél a sajtolást és zsugorítást akadályozó oxidhártya kiküszöbölésével akartak eredményhez jutni. Ilyen eljárás volt pl. a hegesztésnél használatos halogén vegyületek hozzáadása a porhoz (16), továbbá a hidrid eljárás (17). Ennél a zsugorított mágnesekekhez használt alumínium-maradék oxidtartalmát távolították el 2% TiH₂ segítségével (statu nascendi hidrogén) (18). Ebbe a csoportba sorolható még az alumínium-részecskék nemesebb fémek (Cu, Sn, Zn, Fe) galvanikus úton történő bevonásával lefolytatott és a gyakorlatban nem elterjedt kísérlet (19).

b) Alumínium ötvözetekkel végzett kísérletek

A másik út a tiszta — helyesebben mondva kereskedelmi tisztaságú — alumínium por helyett alumínium ötvözet alkalmazása. Ilyen ötvözött terméket általában kétféle képen lehet előállítani. Vagy a kívánt összetételnek megfelelő súlyú színtém porokat keverik össze, sajtolják és zsugorítják, vagy maga a por készül a kívánt összetételből. Ilyen ötvözött porokat többnyire megömlesztett ötvözetek porlasztásával állítják elő. Különböző porok keverékénél kisebb sajtoló nyomás szüksé-

ges, viszont megfelelő diffúzió elérésére hosszabbsugorításra van szükség, ami kevésbé gazdaságos. Ötvözött poroknál nagyobb sajtoló nyomás, de rövidebb ideig tartó zsugorítás szükséges.

Az alumínium ötvözetek közül duralumínium por tulajdonságait R. Kikucki (23), az Al-Mg, Al-Zn, Al-Mg-Zn, Al-Cu ötvözeteket Kempf (ismeretese 5 és 15) az Al-Cu, Al-Cu-Mg, Al-Cu-Mg-Mn ötvözeteket Cremer és Cordiano (20), az Al-Cu ötvözeteket igen részletesen Bickerdike (22), különböző összetételű Al-Fe, Al-Mn, Al-Si és Al-Cu ötvözeteket Nachtigall (24), továbbá Al-Cu, Al-Cu-Si, Al-Si-Mg, Al-Cu-Si-Mg, Al-Si, Al-Si-Cu-Ni, Al-Zn, Al-Zn-Mg, Al-Zn-Cu, Al-Mg, Al-Ti, Al-Sn ötvözeteket Goetzel (15) Al-Mn, Al-Fe, Al-Pb ötvözeteket Wassermann és Weber (28) vizsgálták, illetve közölték az eredményeket.

Ezek közül néhány jobb szilárdsági értéket adó porkohászati úton készült ötvözetet érdekesség gyanánt kiemeltem és a 2. táblázatban közlöm.

Megfigyelhető, hogy a szilárdság a sajtoló nyomás és a hőfok növelésével általában emelkedik. Védőgáz, illetve vákum használata a kísérletek egy részénél szintén emelte a szilárdságot. Ezek a megállapítások nem általánosak, mert vannak esetek, ahol a fenti tényezők a szilárdság csökkenését vonják maguk után. Közbevetőleg megemlítem, hogy a Degussa cég alumíniumporhoz kevert forrasztóporral — mint ólom, horgany, ón, kadmium, bizmut és antimón, — vagy ezek ötvözeteivel kísérelt meg sajtolás után, 500° C zsugorítással, kész testeket előállítani (24).

Igen érdekesek Sauerwald 1947-ben végzett (25) kísérletei, mert ő egy újabb tényezővel, a rúdsajtólással igen nagy mértékben tudott javítani a szilárdsági értékeken. Rúdsajtolás hasznosságáról Nachtigall (26) is megemlíkezik. Sauerwald az egyébként értéktelen könnyűfém-hulladékból indult ki, amely tudvalevőleg csak nagy elégségi veszteséggel olvasható be. A könnyűfém-forgácsot kb. 10 kg/mm² nyomással hengerekké sajtolta, majd vasedényekben különböző hőfokon és idő alatt, argon atmoszférában zsugorította. A zsugorított hengereket rúdsajtón rudakká sajtolta.

Rúdsajtolás közben a forgácsot még borító oxidhártya felszakadozott, az egyes részecskék megfelelő fémes érintkezésbe jutva, jól összehegedhetek. Az ily módon Al-Mg 9, Mg-Al 9 és Al-Cu-Mg forgácsból készült rudak szilárdsági értékei nem maradnak el a szokásos eljárással ötvözött és rúdsajtolt anyagoktól (3. táblázat).

2. táblázat

%	Alkotó	Sajtolás kg/mm ²	Zsugorítás °C	Szakító σ_B kg/mm ²	Szilárdság nemesítve	Hiv.
90—10	Al-Zn		510	10,8		(5)
90—10	Al-Mg	89	530	17,4		(5)
90—10	Al-Cu	63	570	17,7		(15)
90—7—3	Al-Zn-Mg	63	510	28	32,1	(5)
95—5	Al-Cu	63	550	27		(5)
94—6	Al-Cu	80	590	33,6		(22)
95—4—0,5—0,5	Al-Cu-Mg-Mn	80	580	23,1	35,0	(20)

3. táblázat

Alumínium-ötvözet-forgácsból zsugorítással és rúdsajtólással készült testek szilárdsági értékei				
Ötvözet	Előállítás	σ_B	$\sigma_{0.2}$	δ_5
Al-Cu-Mg	Zsugorítva és \varnothing 16 mm-re rúdsajtoltva	34,4	22,0	9,5
	Öntve, rúdsajtoltva	35,5	22,6	17,8
Al-Mg-9	Zsugorítva és \varnothing 8 mm-re rúdsajtoltva	44,0	29,3	16,4
	Öntve, rúdsajtoltva	41,2	28,4	10,5
Mg-Al-9	Zsugorítva és \varnothing 16 mm-re rúdsajtoltva	31,8	22,6	8,1
	Zsugorítva és kétszeresen \varnothing 3 mm-re rúdsajtoltva	35,3	31,4	3,3
	Öntve, rúdsajtoltva	34,5	22,7	11,5
Al-Cu-Mg+ 10%Mg-Al9	Zsugorítva és \varnothing 16 mm-re rúdsajtoltva	25,0	20,3	2,4
Mg-Al9+ 10%Al-Cu-Mg	Zsugorítva és \varnothing 16 mm-re rúdsajtoltva	28,6	20,5	7,0
Mg-Al9+ 20%Al-Cu-Mg	Zsugorítva és \varnothing 16 mm-re rúdsajtoltva	28,8	21,4	5,5

Kétszeres rúdsajtólással ezeket az értékeket még javítani lehetett.

M. Stern 1951-ben közzétett kísérletei szerint (21) alumínium esztergaforgácsból, fúró forgácsból, fóliából és köszörüporból 400° C-on 24 kg/mm² nyomással melegen sajtolt illetve rúdsajtolt anyagok fizikai tulajdonságai megközelítik a szokásos anyagokét.

A porkohászati úton készült könnyűfémtestek jó szilárdsági tulajdonságaik ellenére azért nem lépték túl a laboratóriumi méreteket és nem terjedtek el a gyakorlatban, mert nem voltak olyan jó tulajdonságaik, amelyek miatt érdekesebb lett volna ezt a költségesebb eljárást használni az egyébként könnyen alakítható és megmunkálható, szokásos úton előállított alumíniummal, illetve alumínium ötvözetekkel szemben.

c) *Al-Cu bimetal testek*

Nem szilárdsági, hanem elektromos tulajdonságai miatt jelentősek a Villamosági Központi Kutató Laboratórium (Bohner és dr. Lukács) által kidolgozott melegen sajtolt alumínium-réz ötvözetek (32). Ezeket úgy készítették, hogy a melegsajtolt szerszám aljára helyezett tömör alumínium rúdra egy vékony réteg finom tiszta alumínium forgácsot szórtak. Erre egy 10% rézfor-gácsal kevert alumínium forgácsot, majd 20% rézzel kevertet és így tovább, míg a 100% réz forgácsig eljutva, annak tetejére egy tömör réz rudat helyeztek. Az egészet melegen sajtoltva, egy kb. 100 mm hosszú testet kaptak, aminek réz, illetve alumínium végéhez a réz és alumínium

kábelt hozzá forrasztva, illetve hegesztve, két anyag összeerősítése megoldható. Elektromos szempontból a megoldás megfelelő, ipari bevezetése megtörtént.

d) *Alumínium-metalloid testek*

Inkább érdekesek, mint jelentősek azok a kísérletek, melyek fém-metalloid testek előállításával foglalkoznak. Ilyenről számolt be E. Schmid 1924-ben, aki alumínium porból, vagy forgácsból készített pogácsákat, nitrogén atmoszférában zsugorítás után, az olvadáspontnál nagyobb hőmérsékleten nitridált. Így alacsony fajszűlyű, nagy keménységű, jó korrozio és hőállóságú testeket lehet előállítani. Hasonló eredmény érhető el, ha az alumínium porhoz alumínium-oxidot-nitridet vagy magnézium-oxidot kevernek (27). Ez utóbbival megegyező eljárással készülnek az alumínium vagy alumínium ötvözet alapanyagban ágyazott kemény karbid, vagy gyémánt boart szemcséjű csiszoló testek. Ezeknek a gumi és műanyag kötésű tárcsákkal szemben meg van az az előnyük, hogy a nagyobb szilárdság mellett keménységük és nyúlásuk — a könnyűfém ötvözet és előállítási körülmények határában belül — tág határok között változtathatók (26).

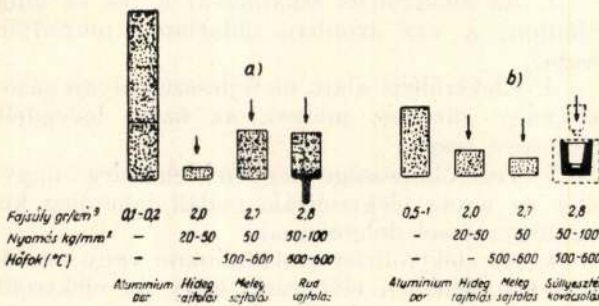
Végül az öntéssel csak tökéletlenül előállítható alumínium-grafit testeket említem meg, amelyek porkohászati úton könnyen készíthetők. Nagyszilárdságú alumíniumport 10% grafittal keverték össze, sajtolták és 600° C-on zsugorították. Szilárdsági értékek meglehetősen jók és érdekes, hogy az alumínium a szénnel már részben

Al₄C₃ vegyületet képezett. Barnaszén bányákban vezető sínekként próbálták használni ismeretlen eredménnyel (26). Balsin a porkohászati úton készült alumínium legfőbb alkalmazási területeként az összetétel és előállítási mód megadása nélkül (30) a csapágyat említi meg.

C) Nagyszilárdságú, hőálló testek előállítása

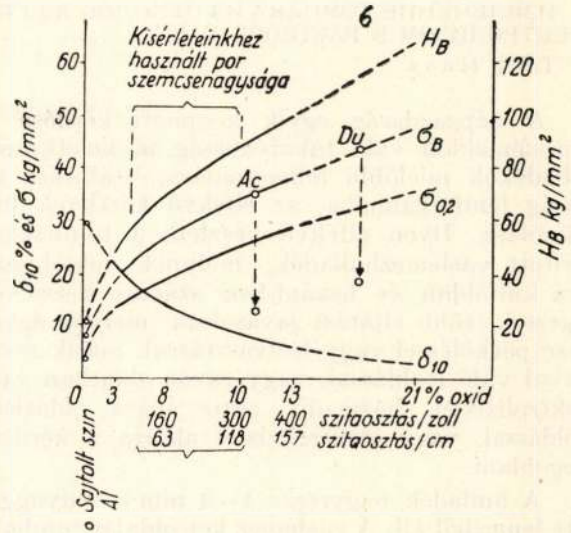
Jelentős változást jelentett az alumínium porkohászatának fejlődésében az első ízben Zeerleder (29) által ismertetett SAP (Sinter Alumínium Pulver) eljárás. Ennél kereskedelmi tisztaságú alumíniumból készült lemezke, illetve pikkely alakú port használtak, melynek vastagsága 1 μ alatt van, míg másik két mérete, előállításától függően, 100 μ-ig terjed. Ezt, a viszonylag nagy oxidtartalmú port hidegen 20–50 kg/mm² nyomással pogácsákká sajtolták és 500–600° C-on zsugorították. Az így nyert terméket ugyanezen a hőfokon 50 kg/mm² nyomással utántömörítették és rúdsajtón 50–100 kg/mm² nyomással kívánt méretű rudakká sajtolták, vagy sülyesztékben kovácsolták (3. ábra). Az ily módon előállított rudakat hideg, vagy melegalakítással tovább lehet munkálni.

töredezése lehetőséget ad részecskék közti kötésre, de azokat részben még elválasztja. Így a részecskék egyesülését — melyek bizonyos szempontból a zsugorított test kristallitjai — megakadályozza, vagyis zsugorított testeknél szemcsenövekedés és



3. ábra.

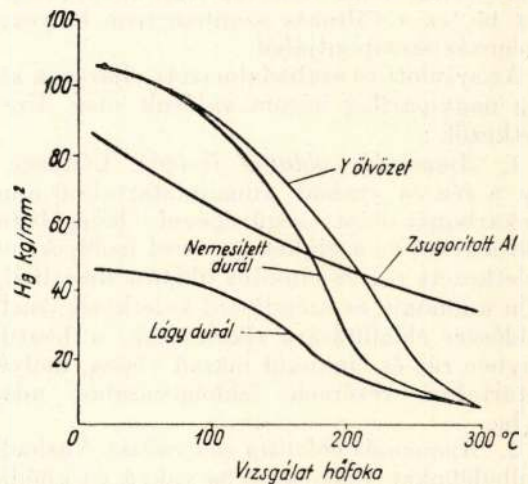
A kapott terméknek a por szemcsenagyságtól függő szilárdsága (4. ábra) többszöröse az ugyan ilyen szinalumíniuménak és azonos a nemesített képlékenyen alakított alumínium ötvözetekével. Ez ellentétben áll a szokásos porkohászati viszonyokkal, ahol a kapott termékek szilárdsága általában nem éri el az öntött és alakított anyagokét. A 4. ábrában a szokásos úton előállított, nemesített, antikorródál (Al-Si-Mg) szakító szilárdsága „Ac“-vel és durálé (Al-Cu-Mg) „Du“-val szintén meg van jelölve. Ezeknek az ötvözeteknek szilárdsága néhány órás 400° C-on történő hevítéssel a nyíllal megjelölt értékre esik vissza. Ezzel szemben a zsugorított testek egyik legfeltűnőbb tulajdonsága az, hogy akár hónapokig tartó 500° C-os hevítéssel sem lágyíthatók ki, vagyis szilárdságuk gyakorlatilag nem változik. Emellett melegsilárdsága is szokatlanul nagy és 250° C felett meghaladja az összes ismert alumínium ötvözetek — köztük a melegsilárdságuk ismert Y ötvözet (Al-Cu-Ni) — szilárdságát is (5. ábra). Az előbbi azzal magyarázzák, hogy az alumíniumszemcséket borító oxidhártya sajtolás és zsugorítás közbeni szét-



4. ábra. Por szemcsenagyságának befolyása a szilárdsági tulajdonságokra.

rekrisztallizáció nem léphet fel. A szokatlanul nagy szilárdság elméleti magyarázatát a későbbiekben közlöm.

Az előzőekben ismertetett vizsgálatokon kívül a zsugorított alumínium testek sztatikus meleg-



5. ábra. Keménység meleg állapotban. 30 napig a vizsgált hőfokon 250 kg terheléssel benyomott acélgolyó lenyomatából visszszámítva.

szilárdságát, tartós folyását nagyobb hőmérsékleten (6. ábra) és különböző változó irányú igénybevételek mellett szilárdságát vizsgálták, amelyek szinalumíniummal és alumínium ötvözetekkel összehasonlítva általában azoknál lényegesen jobb eredményeket adnak.

(Folytatjuk).

Tombakkal borított vaslemez hulladék feldolgozása nátriumcianidos oldatban való elektrolízissel

NAGY TIBOR okl. vegyészmérnök

ИЗВЛЕЧЕНИЕ ТОМПАКА ИЗ ОТХОДОВ ЖЕСТИ ЭЛЕКТРОЛИЗОМ В РАСТВОРЕ NaCN

Тибор Надь

A népgazdaság egyik központi kérdése a színesfémekkel való takarékoskodás, a keletkezett hulladékok mielőbbi felhasználása, beállítása az ország fémforgalmába, az elfekvő készletek felszámolása. Ilyen elfekvő készlete a tombakkal borított vaslemez hulladék, melynek feldolgozására külföldön és hazánkban számos kísérletet végeztek, több eljárást javasoltak, melyek egyik része pörköléssel vagy leolvastással, másik része savval való leoldással, vagy savas oldatban való elektrolízissel, harmadik része lúgos oldatban leoldással, vagy elektrolízissel akarta a kérdést megoldani.

A hulladék nagyrésze 1—3 mm-es kilyuggatott lemezből áll. A vaslemez két oldalát tombakréteg borítja olyan vastagon, hogy a tombak súlya az összsúlyhoz viszonyítva 10%.

A hulladék elméleti összetétele tehát:

Fe	90%
Cu	9%
Zn	1%

A több éve elfekvő rozsdás oxidálódott hulladékok esetén fenti összetételben némi változás állott be, ez a változás azonban nem lényeges a feldolgozás szempontjából.

Az ajánlott és szabadalmazott eljárások közül eddig nagyiparilag három valósult meg. Ezek a következők:

1. *Ammonias oldattal leoldás.* Lényege az, hogy a réz és szabad ammoniatartalmú ammóniumkarbonát-oldat segítségével, levegőbefúvatással a rezet és a cinket a vasról leoldják, majd a keletkezett réz és cinkdús oldatot desztillálják, midőn ammonia és széndioxid keletkezik, melyek új oldószer előállítására alkalmasak, a desztilláló edényben réz és cinkoxid marad vissza, melyeket cinktartalmú rézérciek feldolgozásához adagolnak be.

2. *Ammonias oldatban elektrolízis.* Vaskádban a hulladékokat vaskosarakba rakva és anódként kapcsolva, réz- és szabad ammoniatartalmú ammoniumsóoldatban elektrolizálva, a réztartalom a katódra kicsapódik, a cink az elektrolitban dúsul fel, ahonnan kinyerhető, a vas kosarakban marad vissza.

3. *Nátriumcianidos oldatban elektrolízis.* Vaskádban a hulladékokat vaskosarakba rakva és anódként kapcsolva, réz és cink-tartalmú NaCN oldatban elektrolizálunk, amikor megfelelő feltételek betartásával a katódon tombak válik le, míg a vas a kosarakban marad vissza.

A következőkben utóbbi eljárással fogunk bővebben foglalkozni, ismertetni fogjuk a Rákosi

Mátyás Vas- és Fémművekben végzett kísérleteinket, valamint az eljárás megvalósításához szükséges berendezéseket.

Ahhoz, hogy elektrolízis jöhessen létre, szükség van elektrolit, legalább 2 db elektróda, áramvezető sín és egyenáramú vagy közel egyenáramú áramforrás jelenlétére.

A célunk az, hogy a feltételeket vizsgáljuk meg abban az esetben, ha az elektrolit réz- és cinktartalmú alkálicianidoldat, az elektródák közül az anód tombakkal borított vaslemez hulladék, a katód réz- vagy tombaklemez, az áramvezető sín a gyakorlatban alkalmazott réz vagy alumínium, az egyenáramú áramforrás pedig valamilyen típusú egyenirányító.

Az elektrolit

Tombakkal borított vaslemez hulladék feldolgozásánál az elektrolitnak a következő követelményeket kell kielégítenie:

1. Az elektrolízis alkalmával a réz és cink oldódjon, a vas azonban oldatlanul maradjon vissza.

2. Elektrolízis alatt ne fejlesszen olyan gázokat vagy gőzöket, melyek az üzem levegőjét mérgezővé teszik.

3. Vezetőképessége legyen lehetőleg nagy, tehát az egyes elektrolizáló cellák lehetőleg kis feszültségesséssel dolgozzanak.

4. Az elektrolízist szobahőfokon vagy annak közelében lehessen elvégezni, hogy az elektrolit felmelegítése ne igényeljen sok energiát.

5. A segítségével keletkező katódikus csapadék legyen tömör, tiszta, az iparban közvetlenül felhasználható.

6. Az elektrolit legyen nagy szóróképességű, hogy a kosarakba rakott hulladékot fel tudja oldani az egymásra tapadó részeken is.

7. Az elektrolízis alatt lehetőleg ne bomolják fel, ne tartalmazzon drága vegyszereket, regenerálása használat után legyen könnyű, a gyártási költségeket ne emelje meg olyan mértékben, hogy az eljárás gazdaságatlanná váljék.

8. Az elektrolit befogadására szolgáló edények legyenek lehetőleg olcsók, kis beruházási költséggel előállíthatók, ne tartalmazzanak drága, bonyolult alkatrészeket.

Fenti követelményeket eddigi ismereteink szerint két elektrolit elégíti ki, az egyik az ammonias, a másik a cianidos. Mindkét elektrolit esetén a vas oldatlanul marad vissza, előállíthatók olyan körülmények, melyek között az üzem levegője nem mérgező, vezetőképességük aránylag jó, 35—40 C°-on az elektrolízis jó hatásfokkal megy végbe, a keletkező katódikus csapadék tiszta és közvetlenül felhasználható, az üzem gazdaságos és a beruházás nem nagy, mert az elektrolízis vaskádban történik.

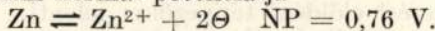
A kénsavas rézszulfát elektrolit, melyet az elektrolitikus rézfinomításnál alkalmaznak, jelen esetben nem használható, mert a kénsavban a vas is oldódik, az elektrolitot elszennyezi, az áramkihasználást lerontja, a keletkezett vasszulfát pedig nem értékesíthető.

Egy elektrolit tanulmányozásánál meg kell vizsgálnunk az elektrolízisnél szereplő fémek potenciálját, a kérdéses elektrolit vezetőképességét, előállíthatóságát és regenerálási lehetőségeit. A réz egy és két vegyértékű ionokat alkot, így az elektródokon az alábbi három folyamat játszódhat le, három különböző normál potenciálon (NP).

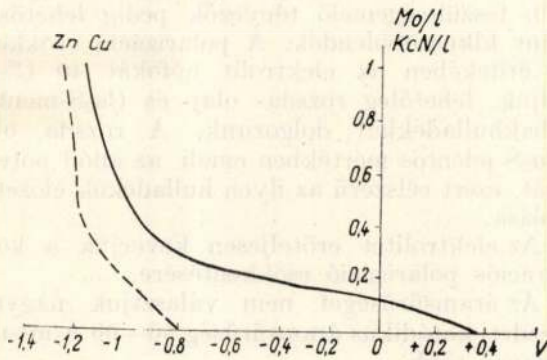
1. $Cu \rightleftharpoons Cu^+ + \Theta$ NP₁ = + 0,51 V
2. $Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + 2\Theta$ NP₂ = + 0,34 V
3. $Cu \rightleftharpoons Cu^{2+} + \Theta$ NP₃ = + 0,17 V

ahol Θ a leadott elektronokat jelzi.

A cink normál potenciálja



Ha a normál potenciálját mutató elektród körül lévő oldatban az ionokat komplex vegyületté alakítjuk át, az elektródpotenciál mindig negatívabbá válik.

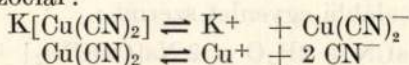


1. ábra.

Az 1. ábra mutatja az egyensúlyi potenciál változását abban az esetben, ha normál Cu SO₄, ill. Zn SO₄ oldatot fokozatosan KCN hozzáadásával komplex vegyületté alakítunk át. Látható tehát, hogy a réz potenciálja sokkal erősebben tolódik el a negatívabb irányban, mint a cinké, a két fém potenciálja KCN hozzáadására egymáshoz közeledik, míg a normál szulfátoldatok jelenlétében a cink potenciálja a normál hidrogén elektródhoz viszonyítva NP_{Zn} = - 0,801 V, a rézé NP_{Cu} = + 0,308 V, a közöttük levő különbség 1,109 V, addig 1 mol/l KCN jelenlétében a cink potenciálja 1,231 V, a rézé 1,169 V, a közöttük levő különbség 0,062 V.

E jelenség oka az, hogy a rézkomplexben sokkal kevesebb ion van szabadon, mint a cinkkomplexben, amit bizonyít az is, hogy káliumkuprocianidból a kénhidrogén nem választ le Cu₂S-t, míg a káliumcinkcianidból igen, annak ellenére, hogy a Cu₂S kevésbé oldható, mint a ZnS.

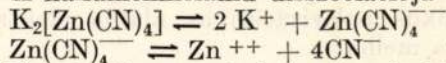
A káliumkuprocianid az alábbiak szerint disszociál:



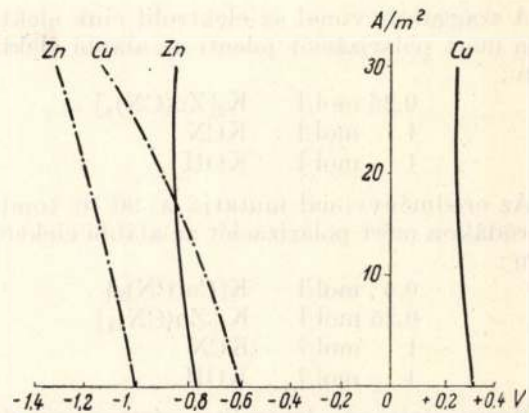
KCN feleslegében K₃Cu(CN)₄ keletkezik, mely az

előbbi vegyületnél még kevésbé disszociál. Ezen utóbbi vegyületből a réz már H₂S-sel nem mutatható ki.

A káliumcinkcianid disszociációja



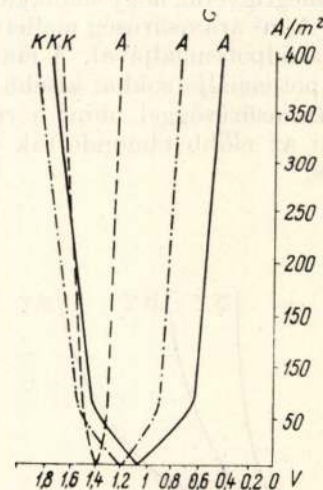
KCN feleslegében nem keletkezik erősebb komplex, így marad az oldatban annyi cinkion, hogy H₂S-sel kimutatható.



2. ábra.

A 2. ábra azt mutatja, hogyan változik a katódpotenciál az áramsűrűséggel normál CuSO₄ és normál ZnSO₄ oldatban (folytonos vonal), továbbá 0,1 mol/l. CuCN és 0,1 mol/l Zn(CN)₂ tartalmú 0,2 mol/l KCN oldatban (eredményvonal).

Fenti ábrából látható, hogy a polarizáció komplex oldatok esetében sokkal nagyobb, mint egyszerű elektrolitok alkalmazásánál, komplex oldatok esetében is a réz polarizációja nagyobb mértékű, mint a cink polarizációja.



3. ábra.

A gyakorlatban azonban jó vezetőképesség elérése végett az előbbieknél töményebb oldatokkal szoktunk dolgozni, ezért megállapítottuk az üzemi elektrolithez hasonló elektrolitek polarizációját is. Méréseinket 40 C°-on végeztük, hogy így az üzemi hőmérsékletekhez közelálló hőmérsékleten kapjunk a polarizációról képet.

Az eredményeket a 3. számú ábra diagramm-jában foglaltuk össze.

A folytonos vonal jelenti az elektrolit réz elektródokon mért polarizációt (A = anódikus, K = katódikus polarizáció) az alábbi elektrolit alkalmazása mellett:

0,5 mol/l	K[Cu(CN) ₂]
1 mol/l	KCN
1 mol/l	KOH

A szaggatott vonal az elektrolit cink elektródokon mért polarizációt jelenti az alábbi elektrolitban:

0,25 mol/l	K ₂ [Zn(CN) ₄]
1 mol/l	KCN
1 mol/l	KOH

Az eredményvonal mutatja a 90/10 tombak elektródokon mért polarizációt az alábbi elektrolit esetén:

0,5 mol/l	K[Cu(CN) ₂]
0,25 mol/l	K ₂ [Zn(CN) ₄]
1 mol/l	KCN
1 mol/l	KOH

Mérés alatt az elektrolitot sima üveggel kevertük 200 ford/perc sebességgel.

A legnagyobb a polarizáció a réznél, ahol 50 A/m² áramsűrűségnél a katódikus polarizáció K_p = 0,406 V, az anódikus polarizáció A_p = 0,529 V, az összpolarizáció Ö_p = 0,935 V.

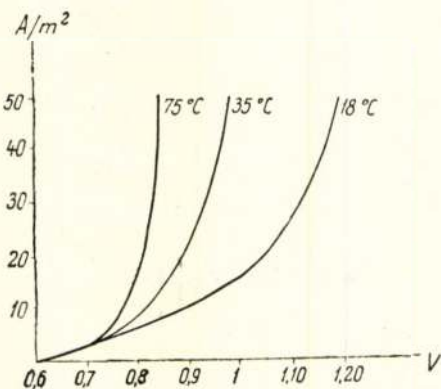
A cink esetében 50 A/m² áramsűrűségnél K_p = 0,155 V.

A_p = 0,035 V, Ö_p = 0,190 V.

A tombak elektróda használatakor az előbbi áramsűrűség mellett K_p = 0,315 V, A_p = 0,272 V, Ö_p = 0,587 V.

Látható tehát, hogy a cink jelenléte a polarizációt csökkenti, ez által csökken a cellafeszültség.

Érdekes megfigyelni, hogy a cinkkatód potenciálja kb. 150 A/m² áramsűrűség mellett egyenlővé válik a réz katódpotenciáljával. A cink anódikus és katódikus potenciálja sokkal kisebb mértékben változik az áramsűrűséggel, mint a réz vagy a tombaké, ami az előbb elmondottak értelmében természetes is.



4. ábra.

A 4. ábra mutatja a katódpotenciál változását az áramsűrűséggel rézelektrodánál 0,1 mol/l Cu(CN)₂ + 0,2 mol/l KCN oldatban, különböző hőmérsékleteken. Fenti ábrából látható, hogy a

polarizáció a hőmérséklet emelésével jelentős mértékben csökken. Megvizsgálva a cink elektród katódpotenciálját, hasonló körülmények között a megfelelő cinkoldatban, megállapítható az, hogy a cink polarizációja a hőmérséklet emelésével kevésbé csökken, mint a réz, a réz- és cinkgörbék tehát egymástól eltávolodnak.

Ha réztartalmú KCN oldatban réz- vagy tombak elektródok alkalmazása mellett elektrolizálunk, akkor azt tapasztaljuk, hogyha a cellafeszültség 1,5 V fölé emelkedik, az elektrolit bomlásnak indul.

A cellafeszültség (E) a következő tényezőkből tevődik össze:

$$E_c = A_p + K_p + E_e + \epsilon$$

Ahol E_e az elektrolit ellenállásának legyőzésére szolgáló feszültségesezt, míg ϵ az egyéb feszültségesezt előidéző tényezőket jelenti.

Az elektrolit bomlását tehát úgy kerülhetjük el, ha E_c < 1,5 V. Ha tehát az elektrolit bomlása nélkül gazdaságosan akarunk dolgozni, szükséges, hogy az anódikus és katódikus polarizáció legyen kicsi, az oldat vezetőképessége legyen nagy, az egyéb feszültségemelő tényezők pedig lehetőség szerint kiküszöbölendők. A polarizáció csökkentése érdekében az elektrolit hőfokát 40 C°-ra emeljük, lehetőleg rozsda-olaj- és Cu₂S-mentes tombakhulladékkal dolgozunk. A rozsda, olaj és Cu₂S jelentős mértékben emeli az anód potenciálját, ezért célszerű az ilyen hulladékok előzetes pácolása.

Az elektrolitot erőteljesen keverjük a koncentrációs polarizáció csökkentésére.

Az áramsűrűséget nem választjuk nagyra. A kezdeti katódikus áramsűrűség 50–60 A/m²-nél ne legyen több.

A vezetőképesség emelése érdekében lehetőség szerint koncentrált 10–15%-os oldattal dolgozunk, melyet 40 C°-ra melegítünk fel, az elektródokat egymáshoz közel helyezük el.

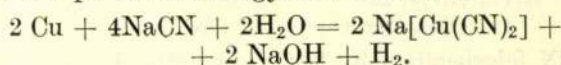
Már az előbbieken megemlékeztünk arról, hogy az anód vaskosarakba rakott tombakhulladékból áll. Szükséges, hogy a kosár és a hulladék között jó kontaktus alakuljon ki, mert különben az átmeneti ellenállás megnő, ami szintén a cellafeszültséget emeli.

A ciánhidrogén a leggyengébb savak közé tartozik, sőt még a széndioxid is bontja. Fenti ok miatt, valamint a vezetőképesség javítása érdekében is célszerű az elektrolithez alkálihidroxid adagolása.

A nátriumvegyületek olcsóbbak lévén a káliumvegyületeknél, az az elektrolitot nátriumcianid segítségével szokás készíteni az alábbiak szerint:

Az elektrolizáló kádat megöltjük anódoskosarakba rakott tombakkal borított vaslemez-hulladékkal, majd 10–15%-os NaCN-oldatot bocsátunk rá.

A nátriumcianid a rezet és a cinket feloldja, a rezet pl. az alábbi egyenlet szerint:



Látható tehát, hogy az oldásnál nátriumhidroxid keletkezik, ami megvédi a ciánsót a levegő széndioxidjának bontó hatásától. Az oldást addig kell folytatni, míg az elektrolit réztartalma az 5%-ot el nem éri.

Az elektrolit cinktartalma az elektrolízis alatt önmagától áll be olyan koncentrációra, hogy a végén a katódon $^{90}/_{10}$ tombak keletkezik.

Az elektrolízis alatt az elektrolit bomlást szenved, ezenkívül a levegő széndioxidja is bonthatja a ciánsót és a NaOH-val is Na_2CO_3 -at képez. Bizonyos mennyiségű oldat elcsepeg, vagy az elektródok cseréjével kerül ki a rendszerből.

Kis Na_2CO_3 tartalom az elektrolízisre káros hatással nincs, mert a vezetőképességet javítja és az áramkihasználást szabályozza. Ha azonban a Na_2CO_3 tartalom 5–6% fölé emelkedik, különösen ha egyidejűleg a NaOH tartalom 1% alatt van, az elektrolízisben zavarok állhatnak elő, $\text{Zn}(\text{OH})_2$ válhat ki, a szabad cianidtartalom csökkenése miatt az anódon passzíválódási jelenségek keletkezhetnek.

Fentiek miatt az elektrolit összetételét állandóan vizsgálni és a cianidtartalmat pótolni, ezenkívül az elektrolitot időközönként regenerálni kell.

Regenerálás céljából az elektrolitot keverővel ellátott kádakban megfelelő mennyiségű $\text{Ca}(\text{OH})_2$ -vel kezeljük, midőn a szódából NaOH keletkezik CaCO_3 mellett. A CaCO_3 leszűrése után az oldat az elektrolízishez visszavezethető.

A réz a nátriumcianidos elektrolitban egy vegyértékű alakban van jelen, ezért elméletileg 96 500 coulomb töltés mennyiség, vagy ezzel egyenértékű 26,8 amperóra 63,57 g-ot választ le és nem $\frac{63,57}{2} = 31,785$ g-ot, mint a kénsavas réz-

szulfát elektrolit alkalmazásával, ahol a réz két vegyértékű alakban van jelen. Ezzel magyarázható az, hogy bár a polarizáció jóval nagyobb, mint a kénsavas rézszulfát elektrolitnál, ahol hasonló áramsűrűségnél üzemi oldatban a polarizáció 0,02–0,03 V, a vezetőképesség is rosszabb, a 100 kg katódára eső kWó-fogyasztás viszonylag nem nagy, 70–100 kWó.

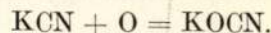
Az anód

Az anód az elektrolízis folyamán vaskosarakba rakott tombakkal borított vaslemez-hulladék, minek következtében az anóda oldódásánál különleges helyzet áll elő.

Mint a 3. ábrán is látható, a tombakelektroda a rézhez és cinkhez viszonyítva egy középpotenciált vesz fel, melynél az oldódás megkezdődhet. KCN elektrolitban a réz egy vegyértékű alakban oldódik, mert a $\text{Cu}^{2+} + \text{Cu} = 2\text{Cu}^+$ egyenlet szerint az egyensúly a jobboldal felé tolódik el, az egy vegyértékű kationok komplex anionokká kötődnek meg. Ha káliumréz(cianid)ot és főlegesen káliumcianidot tartalmazó elektrolitban oldható rézanódával és rézkatóda jelenlétében elektrolizálunk konstans áramsűrűséggel, az elektrolit vezetőképessége, az anód és a katódpotenciál konstans, tehát konstans a kádfeszültség is.

Ha azonban az anód kosarakba rakott tombakkal borított vaslemez-hulladék, csak a tombakréteg oldódik le, a vas változatlanul marad vissza. A tombak kezdetben a hulladék egész felületét borítja, később azonban ez a felület állandóan csökken, az áramsűrűség tehát nő, az anódpotenciál növekvő áramsűrűséggel mind pozitívabba válik.

Az anódpotenciál növekedésével elérünk egy olyan ponthoz, amikor a réz oldódása helyett az elektrolit cianid tartalma kezd cianáttá oxidálódni

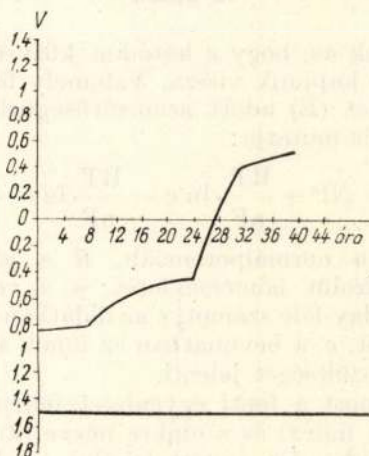


A keletkezett cianát azonban tovább bomlik, miközben ammonia és széndioxid keletkezik. Végeredményben tehát az elektrolit cianidtartalma fogy.

A cianidtartalom fogyása következtében azonban eljutunk egy olyan állapotig, amikor az anódtérben már nem lesz jelen elég CN^- ion ahhoz, hogy az oldódó réz és cinket komplexként megkösse, az anód oldhatatlan rézcianiddal vonódik be, aminek következtében teljesen passzíválódik, az anódpotenciál erősen megnő és az anód teljes egészében oldhatatlan anódként viselkedik.

Az elektrolit cian feleslegét fenti jelenségen és a levegő CO_2 tartalmának hatásán kívül még az is csökkenti, hogy az anódikus oldódás gyorsabb ütemben, nagyobb „áramkihasználással” történik az elektrolízis kezdetén, mint a katódra való kicsapódás.

E jelenség valószínű oka az, hogy az anód felülete jóval nagyobb lévén, mint a katódé, a kémiai oldás sokkal nagyobb mértékű az anódon, mint a katódon.



5. ábra.

Az 5. ábra mutatja az anód és a katódpotenciál változását az idő függvényében. Az elektrolit 0,5 mol/l $\text{K}[\text{Cu}(\text{CN})_2]$, 0,25 mol/l $\text{K}_2[\text{Zn}(\text{CN})_4]$, 1 mol/l KCN és 1 mol/l KOH tartalmú volt. Katódként $^{90}/_{10}$ -es tombaklemez, anódként 250 g 1 mm-es rozsdás tombakkal borított vaslemez-hulladékot alkalmaztunk. Az elektrolit hőfoka 35 °C volt, a keverést N_2 gáz átbuborékoltatásával végeztük. A katódikus áramsűrűség 50 A/m² volt.

Az 5. ábrán levő diagrammból látható, hogy amíg a katódpotenciál a kísérlet alatt nagyjából állandó maradt, addig az anódpotenciál csak a kísérlet kezdetén volt konstans, az elektrolízis megindulása után 8 órával, előbb lassabban, majd rohamosan emelkedni kezdett, mutatva azt, miként fogy a lemezen lévő tombakréteg.

Az anód zavartalan oldódása érdekében tehát biztosítanunk kell azt, hogy az anódtérben megfelelő számú CN^- ion legyen, hogy az anódikus áramkihasználás egyenlővé váljék a katódikus, és hogy az anódpotenciál egy határértéket ne haladjon túl.

A CN^- ionok biztosítása érdekében az elektrolit erős áramban kell keverni, meg kell akadályozni az anódikus cianbomlást, az anódikus áramkihasználást egyenlővé kell tenni a katódikus, az egyéb veszteségeket pedig alkálicianid adagolásával kell pótolni.

Az anódikus áramkihasználást a katódikus egyenlővé tehetjük, ha az anódkosarak cseréjét meghatározott időben végezzük, a kosarakat nem vesszük ki a kádból, csak a kísérletileg megállapított időben, az anód és a katód között a rövidzárlatot lehetőség szerint kiküszöböljük, az elektrolit összetételét megfelelő határok között tartjuk.

Az anódpotenciálnak bizonyos határon való tartása végett, ami által az anódikus cianbomlást megakadályozhatjuk, az áramerősséget az oldás előrehaladásával egyidőben fokozatosan csökkentenünk kell, úgy hogy a kádfeszültség bizonyos határértéket ne haladjon túl.

Igy a végső áramerősség a kezdetinek $1/10$ — $1/20$ része is lehet.

A katód

Célunk az, hogy a katódon közvetlenül $90/10$ tombakot kapjunk vissza. Valamely fém leválási potenciálját (E) adott áramsűrűségnél az alábbi összefüggés mutatja:

$$E = NP + \frac{RT}{nF} \cdot \ln c - \frac{RT}{nF} \cdot \ln c' - \pi,$$

ahol NP a normálpotenciált, R a gázállandót, T az abszolút hőmérsékletet, n a vegyértéket, F a Faraday-féle számot, c az oldatban lévő ionok aktivitását, c' a bevonatban az ionok aktivitását, π a túlfeszültséget jelenti.

Ha most a fenti egyenletet felírjuk a rézre nézve (Cu index) és a cinkre nézve (Zn index), a két fém akkor fog együtt leválni, ha $E_{Cu} = E_{Zn}$, tehát ha

$$NP_{Cu} + \frac{RT}{n_{Cu}} F \cdot \ln c_{Cu} - \frac{RT}{n_{Cu}} F \cdot \ln c'_{Cu} - \pi_{Cu} = NP_{Zn} + \frac{RT}{n_{Zn}} F \cdot \ln c_{Zn} - \frac{RT}{n_{Zn}} F \cdot \ln c'_{Zn} - \pi_{Zn}$$

Ez a feltétel az oldatban levő ionok aktivitásának helyes megválasztásával teljesíthető, lehetőség van tehát a két fém együttes leválására, az aktivitások helyes megválasztásával a katódon a kívánt összetételű réz-cink ötvözet keletkezik.

Hogy a cink és a réz együttes leválására cianidos oldatokból a lehetőség megvan, azt a 3. ábra görbéi is bizonyítják, ahol a cink katódpotenciálja bizonyos áramsűrűségnél ($125 A/m^2$) egyenlő a réz katódpotenciáljával.

Az anódnál az anódtérben réz-ionok és cink-ionok keletkeznek, egyben a jelenlevő alkálicianid feleslegével komplexekké kötődnek meg, a katódnál, a katódtérben az ionok töltésüket veszítik, miközben alkálicianid válik szabaddá.

Az anódtérben tehát kationdúsulás és anionszegénység, a katódtérben kationszegénység és anion dúsulás áll elő.

Az anódtér és a katódtér között, még a legintenzívebb keverés mellett is koncentrációkülönbség van, ez az oka a koncentrációs polarizációnak.

A katódtérben is a legnagyobb a kation elszegényedés a katód közvetlen közelében, ahol $0,02$ — $0,2$ mm vastag réteg alakul ki, mely az áramsűrűség növelésével növekszik. E réteg, melyet katódhártyának neveznek, összetétele határozza meg tulajdonképpen a katódpotenciált és ezen keresztül azt is, hogy a katódon milyen összetételű csapadék válik le.

Minden olyan tényező, mely a katódhártya összetételét megváltoztatja, megváltoztatja tehát a csapadék összetételét is. E tényezők: az áramsűrűség, a hőmérséklet, a keverés, az elektrolit viszkozitása, a diffúzió, a katódhártya mögötti elektrolit összetétele.

Minél nagyobb az áramsűrűség és viszkozitás, minél kisebb a hőmérséklet, a keverés mértéke és a diffúzió sebessége, minél szegényebb a katódhártya mögötti elektrolit kationban, annál negatívabbá válik a katódpotenciál.

Mint ahogy hosszabb időn keresztül fenti tényezőket nem lehet konstansnak tartani, természetes az, hogy a katódikus csapadék sem lehet olyan egyenletes összetételű, sima és tömör, mint a kén-savas rézszulfát oldatban való elektrolízis esetén. A vastag rétegben előállított tombak-katóda laza szerkezetű és bogyós lesz. Ez a katóda kb. $0,5\%$ elektrolitsót zár magába ez azonban a további feldolgozásra káros hatással nincsen, sőt az olvasztásnál az alkálihidroxidok és cianidok tisztító és salakosító anyagként működnek.

A félüzemi kísérletek

Az eljárás gyakorlati kivitelezése tisztázására 1951. április 7 és július 14 között számos félüzemi kísérletet végeztünk, melyeknek fontosabb adatait és a leszűrhető tapasztalatokat az alábbiakban közöljük:

A berendezés állt 1 db $850 \times 400 \times 800$ mm-es, 3 mm-es vaslemezről készült kádból, 2 db $750 \times 100 \times 700$ mm-es vaskosárból, kezdetben 1 db $750 \times 0,8 \times 700$ mm-es rézlemezről, mely a katódát alkotta, 1 db vas centrifugálszivattyúból, mely az elektrolit keverésére szolgált, 1 db 70 A-es dinamóból, a megfelelő motorral, kapcsolótáblával, vezetékkel együtt. Az elektrolit 220 l volt, készítése úgy történt, hogy a vízben a megfelelő sókat oldottuk.

Kísérletek rozsdás hulladékkal

Az elektrolit összetétele :

1. táblázat

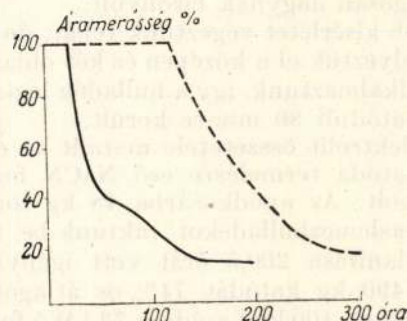
Megnevezés	Összetétel g/l	
	a kísérlet előtt	kísérlet után
NaCN	07,5	74
NaOH	12,8	11
Na ₂ CO ₃	57,3	59
CuCN	45,03	33,3
Zn(CN ₂)	Nyom.	12,6
Fe	1,3	0,9

Az összes cianidtartalom a kísérlet kezdetétől a végéig 0,77 g/l-rel csökkent, aminek megfelel 320 g NaCN fogyás. Az elektrolit hőfoka a kísérlet alatt átlag 35 C° volt. A kosarakat 118 kg régi rozsdás hulladékkal töltöttük meg, ezután megkezdtük az elektrolízist 50 A áramerősséggel, 47,5 A/m² katódikus áramsűrűséggel, a feszültséget átlagban 1,2 V-on tartva, az áramerősséget fokozatosan 8 A-ig csökkentettük.

A tombaktalanítás 291 órát vett igénybe, ami alatt 11,20 kg katódát termeltünk, 54,5%-os áramkihasználással.

A rossz áramkihasználás oka részben a rövidzárlatok keletkezése, részben pedig az elektrolit bomlása volt.

100 kg katódára egyenáramú oldalon 87,5 kWó fogyasztás esett. A NaCN felhasználás 2,86 kg/100 kg katóda volt.



5a ábra.

Az áramerősség csökkentését az idő függvényében az 5/a. ábra mutatja (szaggatott vonal).

A 6. ábrán azt tüntettük fel, hogyan változik százalékosan a réztelenedés mértéke az áramerősséggel.

Az egyes mérések eredményeit az alábbi táblázatban foglaltuk össze :

2. táblázat

Kísérlet száma	Idő óra	Áramerősség			Katóda-gyarapodás		Áramkihasználás	100 kg katódára eső kWó fogy.
		%	A	%	kg	%		
I.	64	21,9	50	100	2,75	24,5	37,2	104
II.	22	7,6	45	90	1,70	15,2	72,6	64
III.	17	5,9	50	100	1,05	9,4	52,2	81
IV.	24	8,3	50	100	1,30	11,6	45,8	125
V.	47	16,2	24	48	2,10	18,7	79	70
VI.	93	31,8	11	22	1,95	17,4	80	76
VII.	24	8,3	9,5	19	0,35	3,2	65	96,5
Össz. :	291	100	29,3	58,5	11,20	100	54,5	87,5

3. táblázat

Kísérlet száma	Idő óra	Áramerősség			Katóda-gyarapodás		Áramkihasználás	100 kg katódára eső kWó fogy.
		%	A	%	kg	%		
VIII.	22	11,9	44,3	100	1,85	37,8	80,5	70,8
IX.	23	11,5	18,0	40,7	0,70	14,2	71,5	53,2
X.	24	11,9	15,5	35	0,80	16,4	75	66,3
XI.	23,5	11,7	11,4	25,8	0,45	9,2	71,5	84,5
XII.	23	11,5	6,65	15,1	0,30	6,1	83,3	72,6
XIII.	23	11,5	6,45	19,6	0,25	5,1	71,5	84
XIV.	22	11,3	7	15,9	0,25	5,1	68,6	85
XV.	40	19,9	6	3,6	0,30	6,1	52,5	112
Össz. :	200,5	100	—	—	4,90	100	—	—

Az áramkihasználás különösen az I., III., IV. kísérleteknél igen kicsi volt, jeléül annak, hogy az anód és a katód között rövidzárlat állt elő.

Ezzel magyarázható az, hogy a réztelenedés ideje igen erősen elhúzódott, továbbá az, hogy látszólag 100%-os áramerősség mellett az anód tombaktartalmának 60,8%-a rakódott rá a katódra.

A későbbi kísérleteknél majd részletesen látjuk, hogy zárlatmentesség esetén rozsdás hulladéknál 100% áramsűrűség mellett az összes tombaktartalomnak csupán 38%-a rakódik rá a katódra.

Ez a körülmény igen fontos az elektrolízis ideje miatt, mert minél nagyobb áramerősséggel az összombaktartalomnak minél nagyobb %-át tudjuk a katódára kicsapni, annál rövidebb ideig

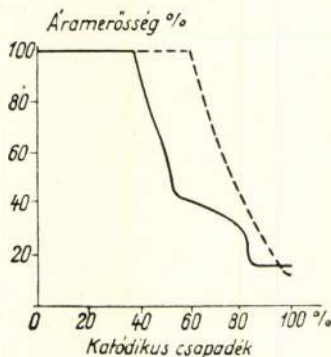
tart a tombaktalanítás, annál nagyobb az üzem termelése.

A tombaktalanítás hosszú idejének másik oka az volt, hogy e kísérletnél 2 db anódkosár közé helyeztünk 1 db katódot. Így a hulladék legtávolabbi része a katódtól 130 mm távolságra volt, ami túlságosan nagyknak bizonyult.

Újabb kísérletet végeztünk tehát, de most az anódot helyeztük el a középen és két oldalán 2 db katódát alkalmaztunk, így a hulladék legtávolabbi része a katódtól 80 mm-re került.

Az elektrolit összetétele maradt az előbbi, a 100 kg katóda termelésre eső NaCN fogyasztás 3,76 kg volt. Az anódkosárba 48 kg tombakkal borított vaslemez-hulladékot raktunk be, melynek tombaktalanítása 200,5 órát vett igénybe. Termeltünk 490 kg katódát 74%-os átlagos áramkihasználással, 100 kg katódára 73 kWó fogyott az egyenáramú oldalon. A kezdeti áramerősség 44,3 A, a végső 6 A volt.

Az egyes mérések eredményeit a 3. számú táblázat mutatja.



6. ábra.

Az 5/a., ill., 6. ábrán folytonos vonal ábrázolja e kísérlet eredményeit. A tombaktalanítási idő megrövidülését egyfelől a zárlatmentesség, másfelől az anód-katód távolság csökkenése okozta.

Érdekes adatokat kapunk, ha megvizsgáljuk az óránkénti katódagyarapodást, összehasonlítva a teljesítménnyel. Az eredményeket a 4. táblázat mutatja.

4. táblázat

Kísérlet száma	Katóda gyarapodása/óra		W teljesítmény	
	g/óra	%	W	%
VIII.	84	100	59,6	100
IX.	30,4	36,2	16,2	27,2
X.	33,4	39,9	22	36,8
XI.	19,2	22,9	16,2	27,2
XII.	13	15,5	9,5	15,9
XIII.	10,9	13	9,2	15,4
XIV.	11,4	13,3	9,6	16,1
XV.	7,5	8,9	8,5	14,2

Fenti táblázatból látható, hogy az áramerősség csökkenésével lényegesen csökken az 1 órára eső katódikus csapadék mennyisége, ugyanakkor csökken a teljesítmény is.

Ezen okból tehát csak olyan egyenirányító alkalmazása jöhet számításba, amelyiknél a telje-

sítmény változása lehetőség szerint kismértékű hatásfokváltozással jár.

Motorgenerátor tehát ezen üzemeknél nem jöhet számításba, jól alkalmazhatók azonban a száraz egyenirányítók vagy pedig a kontakt egyenirányítók.

Kísérletek új hulladékkal

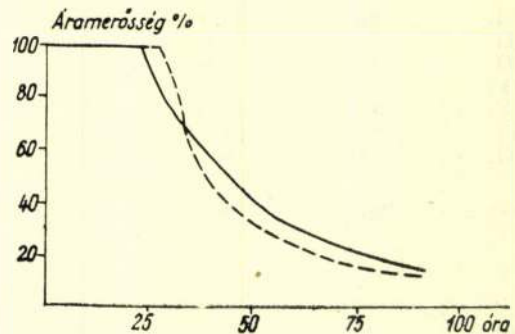
Az elektrolit és anód-katód elhelyezése azonos volt az előbbivel, az anódkosárba 48 kg hulladékot raktunk be, melynek tombaktalanítása 89 órát vett igénybe, miközben 4,88 kg katóda keletkezett 80,4% átlagos áramkihasználással, 76,5 kWó fogyasztással 100 kg katódára.

Az egyes mérések eredményei a 5. táblázatban találhatóak:

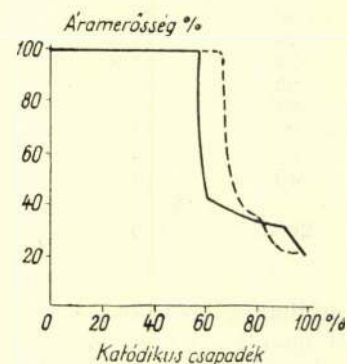
5. táblázat

Kísérlet száma	Idő		Áramerősség		Katód-gyarapodás		Áramkihaszn.
	óra	%	A	%	Kg	%	
XVI.	24	26,8	60	100	2,80	57,3	82
XVII.	1	1,1	40	66,5	0,070	1,4	77,8
XVIII.	3	3,3	25	41,6	0,150	3,1	85
XIX.	28	31,9	20	33,4	1,070	22	79
XX.	16	17,9	15	25	0,440	9,0	77,2
XXI.	17	19	12	20	0,350	7,2	72
Össz.:	89	100	—	—	4,880	100	80,4

A 7., ill. 8. ábrán a folytonos vonal ábrázolja e kísérlet eredményeit.



7. ábra.



8. ábra.

A tombaktalanítási idő megrövidülését és az áramkihasználás emelkedését az okozta, hogy új hulladék alkalmazásánál nincs rozsdaréteg, ami

az oldódást akadályozza, a cellafeszültség kisebb, mint rozsdás hulladék esetén.

Az előbbi kísérletet megismételtük 3 mm-es tombakkal borított vaslemez-hulladék alkalmazásával.

Ebben az esetben a kosárban 55 kg hulladékot tudtunk elhelyezni, a termelés 5,38 kg volt, az áramerősség 85%.

A fontosabb adatok a 6. táblázatban összefoglalva találhatók meg.

6. táblázat

Kísérlet száma	Idő		Áramerősség		Katódgyarapodás		Áramkihaszn.
	óra	%	A	%	kg	%	
XXII.	28	31,8	60	100	3,50	65,1	87,8
XXIII.	11,5	13,1	25	41,6	0,55	10,2	81
XXIV.	10,5	11,9	20	33,3	0,41	7,6	82
XXV.	15	17,1	14	23,3	0,40	7,4	80
XXVI.	21	23,8	12	20	0,48	8,9	80
XXVII.	2	2,3	11	18,3	0,04	0,8	80
Össz. :	88	100	—	—	5,38	100	85

E kísérletek eredményeit a 7., ill. 8. ábrán szaggatott vonallal tüntettük fel.

A félüzemi kísérletekkel kapcsolatos megfigyelések

1. Az anóda oldódása aránylag könnyen ment végbe új, fényes felületű hulladék esetén, az oldás azonban meglassult akkor, ha a hulladék felülete kátrányos, rozsdás vagy Cu_2S réteggel borított volt. A kátrány és a rozsdás az áram áthatolásával szemben ellenállást képezett, ezért először a tiszta fényes, vagy tombakoxiddal borított részek oldódtak fel, a rozsdás és kátrányos részek csak később.

A tombak a hulladékról leoldódik a rozsdás és a kátrányos helyeken is úgy, hogy a rozsdás és a kátrány a hulladékon rajta marad. Itt az oldódás a rozsdás pórusain át történik, a rozsdás tehát diafragmaként szerepel és feszültségemelkedést okoz. Ugyanezt okozza a kátrány is.

A Cu_2S -el borított rétegek leoldódása rendkívül nehéz, mert a Cu_2S az elektrolitban nem oldódó összefüggő réteget alkot.

Vizsgálatot végezve zsírintesített és a hengerlés után, ill. a lyukasztás után még zsíros felületű anyaggal, megállapítottuk azt, hogy a zsírintesített anyag 10—20%-kal rövidebb idő alatt oldódik fel, mint a kenőzsírtartalmú anyag.

Rozsdás hulladék oldódása 200 órát, rozsdamentes hulladék alkalmazása 88 órát vett igénybe, az oldási idő az eredetinek 44%-ára csökkent. Fenti ok miatt célszerű a rozsdás hulladékokat előzetesen kénsavval pácolni, a kénsavat utána jól kimosni, az esetleges maradékot nátronlúggal semlegesíteni, ami után a hulladék az elektrolizáló kádakba berakható.

2. Az oldódás azokon a részeken is végbe megy, ahol a hulladékdarabok egymással érintkeznek, természetesen lassabban, mint a szabad felületeken, mert az elektrolit keverése a vékony

részekbe szorult folyadékra nincs hatással, itt csak a diffúzió távolítja el az anódán keletkezett vegyületeket, ionokat. Az oldódás meggyorsítására azonban célszerű a kosarakat a kádból az elektrolízis befejezése előtt, kb. akkor, amikor az áramerősség az eredetinek 30—35%-ára lecsökkent, kiemelés után megrázni, felfordítani, vagy egyéb módon gondoskodni arról, hogy a hulladékok egymáshoz való helyzete megváltozzék.

3. Az anódról lehulló rozsdás részben a kád alján összegyűlve iszapot alkot, részben pedig az elektrolitban lebeg. Az elektrolízisnél ezzel a körülménnyel számolni kell a kádak tervezésénél (helyet kell hagyni az iszapnak), az elektrolitot viszont szűrni kell szűrőpréssel, mert a lebegő rozsdás a katód bogyoiba megkapaszkodhat és az elszennyezheti. Az iszappal együtt szűrőkor bizonyos mennyiségű elektrolit is elvész.

4. A kísérlet tanulsága szerint az általunk használt feszültségek alkalmazásával a vas nem oldódik az elektrolitban, így cianvesztéséget nem okoz. A katódára vas csak zárvány alakjában kerülhet, az elektrolitikus folyamat következményeként nem.

5. A katódacsapadék minősége elsősorban a hőmérséklet és a keverés függvénye. Hideg oldat, álló elektrolit bogyós katódát eredményez, 35°C-os cirkuláló elektrolit viszonylag simább katódát ad.

A katódleválást mennyiségileg a rövidzárlatok befolyásolják, jó áramerősség elérése végett szükséges a rövidzárlatok gyors kiküszöbölése. Sok rövidzárlat esetén nagy berendezéssel aránylag keveset termelünk, kevés rövidzárlat esetén kisebb berendezéssel elérhető ugyanaz a termelés.

A termelés mennyiségének függvénye a feszültség is, továbbá konstans ellenállást feltételezve, a vele összefüggő áramerősség is. Minél kisebb a cella feszültségesése, viszonylag annál nagyobb áramerősséggel dolgozhatunk. Szükséges tehát a fürdő ellenállását a lehető legkisebbre venni, amit tömény nagyvezetőképességű oldatok alkalmazásával, az elektródák egymáshoz közel helyezéseivel, a lehetőségek szerint vékony anódkosarak alkalmazásával, az átmeneti ellenállások minimumra csökkentésével érünk el. A kísérleteinkben kezdetben alkalmazott anódkosarak túlzottan vastagoknak bizonyultak. Ezért azok vastagságát csökkentenünk kellett. A legmegfelelőbb anód-katód távolságnak 30 mm adódott, a két katód közé helyezett anódkosár vastagsága semmiesetre se legyen több 10 cm-nél, sőt ahol ezt a hulladék minősége megengedi, inkább 5 cm legyen.

Mint már az előbb is említettük, a termelés mennyiségének növelésére, azaz az oldási idő megrovidítésére célszerű a hulladékot elektrolízis előtt rozsdátlanítani.

Míg rozsdás hulladék esetén az összes tombaktartalomnak 100%-os áramerősséggel csupán 35—40%-a, addig rozsdamentes hulladéknál 60—65% elektrolizálható le.

Természetesen minél tökéletesebben akarjuk a tombaktalanítást elvégezni, a tombaktalanítás

ideje annál inkább megnő, hiszen pl. rozsdás hulladékok esetén az utolsó 20% tombak leoldásához ugyanannyi időre van szükség, mint az első 80% leoldásához. Új hulladék esetén az utolsó 20% tombak leoldásához az összes idő 40%-ára van szükség.

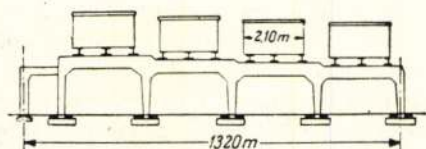
Kísérleteinknél a kapott vashulladék átolvasztása után annak összetétele a következő volt :

Cu	0,15—0,4 %
C	0,10—0,15% .
S	0,02—0,05%

A kísérleteink kezdetén leváló katóda 95—97 százalék Cu tartalmú volt, a többi cink, a kísérletek végén 89,7% Cu tartalmú katódát kaptunk, maradék cink, a Fe tartalom minden esetben 0,01%-nál kisebb volt.

6. Az elektrolitvesztések okai :

a) Nagy feszültség alkalmazása mellett a cianidból ammónia és széndioxid fejlődik.

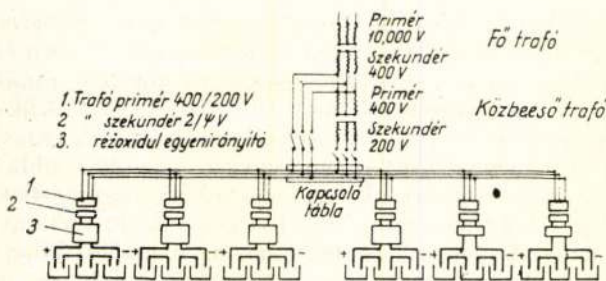


9. ábra.

b) A katóda laza csapadék alakjában válik le, mosás után még tartalmaz 0,5% ciansót.

c) A mosóvizek bepárlása nem mindenkor gazdaságos.

d) Az oldat egyrésze az anód és katód kicserélésekor a padlóra jutva elcsepeg.



10. ábra.

e) A szivattyúk és vezetékek tömítetlensége is veszteséget okoz.

f) Az iszap nem mosható ki tökéletesen, ezzel is vész el elektrolit.

Mindezeknek a következtében 100 kg katódára eső NaCN fogyasztás 3—4 kg.

7. Az áramkihasználás és áramfogyasztás a rövidzárlatok, áramsűrűség, cellafeszültség függvénye. A kísérletek alapján ipari mértékben várható eredmények :

Áramkihasználás : 75—90%.

Egyenáramú kWó fogyasztás 100 kg katódára : 80—100 kWó.

Váltóáramú kWó fogyasztás 100 kg katódára : 100—125 kWó.

Nátriumcianidos elektrolízissel dolgozó üzem leírása

Az üzem részére tágas, szellős épület szükséges, mert az elektródokon a gázfejlődés elkerülhetetlen, aminek következtében ciansók és cianhidrogén kerülhet az üzem levegőjébe.

Az elektrolizáló kádak vasból készültek, méreteik : 5,100 × 3,100 × 1,250 mm. A kádak, mint azt a 9. ábra is mutatja, betonoszlopokon nyugszanak, porcelánszigeteléssel.

Az elektrolitgyűjtőkádak, szivattyúk, elektrolit- és gőzvezetékek szintén vasból készültek. Az egyes kádak csővezetékeit egymástól az elektrolitnak ellenálló műanyagcsövek közbeiktatásával kell elszigetelni. A kádakat különösen téli időszakban fűteni kell, ezért azoknak aljára gőzfűtőkígyókat építenek be. 3 kád alkot egy áramkört és egyben egy elektrolit cirkulációs kört is. Az elektrolit cirkulációját kádcsopontonként egy-egy 10 m³/óra teljesítményű szivattyú végzi. Az előbbieken már említettük, hogy üzem közben az áramerősséget, az áramsűrűséget a kiindulásnak mintegy 5—10%-ára kell az elektrolízis végére lecsökkenteni. Olyan egyenirányítót kell tehát alkalmazni, amelyiknél a teljesítmény csökkenésével nem jár lényeges hatásfokcsökkenés is. Ennek a célnak jól megfelelnek a kuprox egyenirányítók. A szóbanforgó üzemben alkalmazott egyenirányítót 3600—4000 Amper, 3—5 V szolgáltatása mellett kb. 18 kW teljesítményre méretezték. Az üzem 10 000 voltos áramot kap, amit, mint a 10. ábra mutatja, 400 V-ra transzformálnak le, egy közbeeső transzformátor segítségével. Ezt az áramot kapja meg a rézoxidul egyenirányító transzformátora. Az egyenirányítók közvetlenül a kád mellett vannak, így a legrövidebb úton jut el az egyenáram rézsínek segítségével a kádak szélére. Minden kuprox egyenirányító három kádat szolgál ki, a kádakat sorbakötik.

A kádak adagolása vaskosarakba helyezett tombakkal borított vaslemez hulladékkal történik. Az anódát képező kosarak 3 m hosszúak, 1,2 m magasak és 0,1 m szélesek. Egy-egy kosárba 250—600 kg hulladék fér. Csészealakú hulladékok tombaktalanítása forgódobos anódák segítségével lehetséges. Egy-egy kádcsoportba (3 kád) 36 db anódkosarat helyeznek be daruval.

Egy betét súlya 15—25 tonna. A katód vékony réz- vagy tombaklemez.

Az elektrolízist az anódok és a katód alaplamezek berakása után a maximális áramerősséggel kezdik, majd pedig a feszültség emelkedésével úgy csökkentik, hogy a kádfeszültség a 0,9—1,0 V-t ne haladja túl. A tombaktalanítás ideje : 3—8 nap az anyag minősége szerint.

A tombakréteg leoldódása után az anódkosarakat az áram megszakítása nélkül emelik ki. Az anódcserék alkalmazásával az elektrolitot egy szűrőprés közbeiktatásával engedik be a kádakba és így a lebegő részecskéktől (rozsdá, piszok stb.) megtisztítják. Az elektrolitban lebegő szennyezősek ugyanis elősegítik a katóda bogoyosodását.

Midőn a katódok 60—70 kg súlyt érnek,

kiveszik azokat a kádakból és helyettük friss alaplemezeket tesznek a kádba. Az anódkosarakat, valamint a katódokat mosókádakban vízzel mosák le, a keletkezett mosólúgokat bepárlás után az elektrolizáló kádakhoz visszavezetik.

A keletkezett vashulladék-préselés után Martin-kemencékbe beadagolható. A keletkezett tom-

bakkatódák átolvasztás után új ötvözetek előállítására alkalmasak.

A katódikus áramsűrűség $60-5 \text{ A/m}^2$, ami mellett 100 kg katód előállításához a daruk, szivattyúk stb. által elhasznált áramot is beleszámítva 140 kWó , valamint 10 munkaóra és $3,5 \text{ kg NaCN}$ szükséges.

Folyadék és gázálló magnéziumöntvény készítés tömítéssel (impregnálás)

EMŐD GYULA

A magnéziumöntvényű öntvények sok esetben porózusak és így folyadékok, illetve gázok az öntvény falán átszivároghatnak. Ha tehát az öntvényeket olyan helyen használjuk, ahol folyadék, illetve gáz átmeresztőknek kell lenniök, ott az öntvényeket utólagosan valamilyen módon tömítenünk (impregnálni) kell.

Tömítésre nátriumszilikátot, száradóképes olajokat, meleg hatására keményedő műgyantákat és különböző lakkokat használnak.

Az így tömített darabok teljesen hibátlanok és a célnak minden tekintetben megfelelnek. A felhasználási cél szerint természetesen adódhat olyan eset, amikor az így tömített darab nem használható, ezért a rendelőt mindig meg kell kérdezni, hogy milyen célra használja az öntvényt, mert a megfelelő tömítési módot is csak így tudjuk megválasztani.

Az impregnálási eljárások lehetnek:

1. Nyomás alatti tömítő eljárás.
2. Merítés és nyomás alatti eljárás.
3. Vákuumos merítés és nyomás alatti eljárás.

A lakkokat, gyantákat és száradó olajokat kefével, vagy pisztollyal való ráfúvatással vihetjük a darab felületére, azonban ily módon mély behatolást nem tudunk elérni, ezért az eredmény nem mindig kielégítő. Hasonló a helyzet az egyszerű *bemártásos* eljárásoknál is. A leghatásosabbak a *nyomás alatti* eljárások.

1. Nyomás alatti tömítő eljárás

Minden tömítő eljárás előtt a darabokat teljesen zsírtalanítják valamilyen oldószerrel (pl. triklóretilén), majd 110° C -on szárítják. Az impregnálás után az öntvényről a tömítő folyadékot lecsepegtetik, tisztítják, szárítják és a tömítőanyagtól függően különböző hőmérsékleten kiégetik.

A nyomás alatti tömítő eljárásnál az öntvény minden nyílását (egy kivételével) elzárják és az utolsó nyíláson át tömítőanyagot töltenek az öntvény üregébe, néhány mp-ig nyomás alatt tartják, amíg a falon keresztül a szivárgás megszűnik.

A nyomás $3-7 \text{ kg/cm}^2$.

2. Merítés és nyomás alatti eljárás

Ennél az eljárásnál az előbbtől eltérően egyszerre több darabot lehet tömíteni. Az öntvényeket tömítőanyaggal megtöltött autoklávba helyezik, az autoklávot lezárják és sűrített levegőt vezetnek be. A nyomás $3-7 \text{ kg/cm}^2$ aszerint, hogy milyen folyadékot használunk, vagy milyen falvastagságú az öntvény. Az idő a folyadék és a darab vastagságától, valamint a megkívánt vízhatlanságtól függően negyed órától több óráig tarthat.

Autoklávban az impregnálást *melegen* is végezhetjük, amikor az autoklávhoz fűtőberendezésre is szükség van. Ez az eljárás nagy berendezést igényel, azonban a tömítés gyorsabb és tökéletesebb.

3. Vákuumos merítés és nyomás alatti eljárás

Ez az eljárás tulajdonképpen az előbbi autoklávos eljárás javított módozata, amikor a nyomás létesítése előtt vákuumot hoznak létre, amellyel az öntvények pórusaiból a levegőt, illetve gázokat eltávolítják. Így a tömítés sokkal tökéletesebb.

Az autoklávot ez esetben külön nyomó és külön vákuum létesítésére szolgáló szívószelleppel kell felszerelni.

Ennél az eljárásnál a megtisztított öntvényeket az üres autoklávba helyezik és $10-30$ percig 50 mm Hgo . vákuumnak teszik ki, majd megnyitják a tömítő folyadékot tartalmazó tartály vezetékét, ami megtölti az autoklávot. Ezután negyed, esetleg több óráig nyomás alatt tartjuk az autoklávot.

4. Műveletek a különböző tömítőanyagokkal

A *nátriummetaszilikáttal* (Na_2SiO_3 , olvadáspontja $40-48^\circ \text{ C}$) történő tömítés nagyon elterjedt, mert gazdaságos, könnyen elvégezhető és a legtöbb esetben meg is felel. A szilikát nagy hőmérsékletnek is ellenáll, a víz kivételével a legtöbb folyadék nincs rá hatással.

Az előbb említett tömítőeljárások valamelyikével tömített nátriumszilikátos öntvényeket $100-150$ vagy 200° C -os hőmérsékleten kiégetik, mert ezzel javítjuk az impregnálóanyag hatását.

A nátriumszilikáttal tömített darabok felületét gondosan le kell mosni, mert a felületről szilikátpor válhat le. Ez a por kenőolajjal keverve a kenésnek éppen ellenkező hatását, azaz csiszoló hatást fejt ki.

Ezenkívül a nátriumszilikát alkálikus természeténél fogva egyes ötvözeteknél korróziós hatást fejthet ki. Ilyen esetben semleges szilikátot alkalmazunk, amelynél a SiO_2 aránya 3,3.

A nyomásos tömítési eljárásához az ipari 38–40° Baumé-s nátriumszilikátot hígítás nélkül használják. A meritéses eljárásoknál viszont 30° Bauméra kell hígítani. A hígítás megkönnyíti a meritésnél a behatolást, azonban szárítás után kevesebb tömítőanyag marad a pórusokban.

Ha a magnéziumöntvényt feszültségmentesíteni kell, akkor helyes, ha előzetesen tömítjük és tömítés után az égetést összekapcsoljuk a feszültségmentesítéssel.

Száradó olajok a kínai faolaj, vagy lenolaj. Ezek az olajok ütéseknél, rezgéseknek és hőnek jól ellenállnak. Vízen, meleg olajokban, benzinben és számos más oldószerben nem oldódnak. A repülőgépbenzin azonban oldja.

A száradó olajok hideg állapotban nyúlósak és így csak melegen használhatók. Az előzetesen szárított öntvényeket 100–110° C hőmérsékletű olajjal töltött autoklávokba helyezik és 1–2 óráig nyomás alatt tartják. Tömítés után a darabok felületét petróleummal vagy nafta-oldattal tisztítják, majd fokozatosan 150–200° C-ra melegítik. A kiegészítés ideje 1–2 óra.

Égetés után sárga, nagyon tapadó réteg maradhat az öntvény felületén. Ennek a rétegnek eltávolítására használják a tömítés utáni petróleumos lemosást és ha pedig ez sem segít, akkor finom lefúvó homokkal fuvatják le.

A *műgyanták* közül legalkalmasabb az alkoholban oldott *fenolformaldehid* gyanta. Ebbe az oldatba mártják az öntvényeket. A tömítés bármely, már említett módon történhet. Tömítés után a darabot lecsepegtetik, majd alkoholos ruhával letisztítják és néhány másodpercre alkoholfürdőbe mártják. A darabot ezután 3–4 napig szobahőmérsékleten, 2–3 óráig 60–80° C-on szárítják. Ezt követően a gyanta polimerizációjá-

nak elősegítésére 1/2–2 óráig 140–170° C-on kiégetik. Az így polimerizált gyanták kiváló anyagok lyukacsos öntvények tömítésére, jó a mechanikai tulajdonságuk, hőállóak és majdnem minden oldószernek ellenállnak.

Szárítással keményedő lakkok közönséges hőmérsékleten vagy szárítás útján a legtöbb oldószerben oldhatatlan réteget képeznek. Itt égetésre nincs szükség. A lakkokat felületileg alkalmazzák.

Általános szabályok a tömítésnél

1. Alkoholok, vagy más tűzveszélyes szerek használatánál tegyünk megfelelő óvintézkedéseket.

2. A műgyantákkal dolgozók huzamosabb idő után bőrkiütést kaphatnak, ami ellen a kezüket védeni kell.

3. A tömített darabok nem mindig átnemeresztők, ezért újratömítésre még nagyrésze azzá tehető.

4. A tömítést az öntvények megmunkálása után célszerű elvégezni, emert sok esetben a megmunkálással a tömítés is megszűnik. Itt azonban ügyelni kell, hogy a hőkezelés folytán deformáció ne álljon elő.

5. Hőkezelés esetén a tömítést a hőkezelés után végzik. A tömítést követő kiégetés a hőkezelés hatását nem változtatja meg, míg a hőkezelés nagy hőmérsékletét a legtöbb tömítőanyag nem bírja ki.

6. Tömítés után az öntvény nem forrasztható.

7. Műgyantával történő tömítés után elektrolitikus felületkezelés nem lehetséges.

IRODALOM

- H. Garnier: Nem vízhatlan öntvények impregnálása. *Revue d'Aluminium*, 1952. szept.
 K. I. Portnoj és A. A. Lebegyev: Magnijevije szplávi. Moszkva, 1952. Metallurgizdat.
 V. V. Krimov és G. Sz. Viskvarko: Faszonnóje lityo iz magnijevih szplavov. Oborongiz, 1952.
 Metals Handbook, 1948.
 A. Beck: Magnesium und seine Legierungen. Berlin, 1939.
 Werkstoff Magnesium. V. D. I. Berlin, 1949.

ALUMINIUM

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója
 Megjelenik: 1800 példányban. — Szerkesztőség: VI. Rudas László-u. 45. — Telefon: 129-699.

18849/LD02 - Révai-nyomda Budapest V. Vadász-utca 16 (Felelős vezető: Nyáry Dezső)

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉMCOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémkohászati Tanszék közleményei

Az alumíniumelektrolízis elmélete

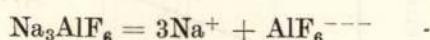
HORVÁTH ZOLTÁN a műszaki tudományok kandidátusa

Золтан Хорват:
ТЕОРИЯ ЭЛЕКТРОЛИЗА АЛЮМИНИЯ.

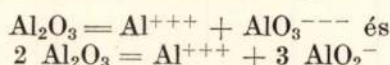
The theory of aluminium electrolysis by Z. Horváth.

Az alumíniumkohászat második lépésénél: az alumíniumelektrolízisnél megolvasztott kriolitban oldott timföldből álló elektrolitnak és karbon-elektrodáknak az alkalmazásával elektrolizálnak. Közben bonyolult folyamatok játszódnak le. Ezeket a legújabb szovjet elmélet a következőképpen magyarázza.

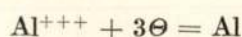
A megolvasztott kriolit az



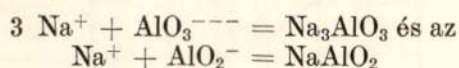
reakcióegyenlet szerint disszociálódik elektrolitban. A timföld hasonló bomlása pedig a kriolitban való oldódáskor a következőképpen folyik le:



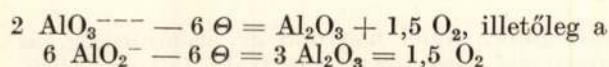
A fenti elektrolitos disszociációk folytán keletkező nátrium- és alumíniumionok a katódához vándorolnak. Itt a pozitívabb elektróda-potenciálú alumíniumionok az



egyenlet szerint semlegesítődnek és a keletkező alumíniummolekulák a munkahőmérsékleten folyékony alumíniumfürdőt alkotnak. Az ugyancsak a katódához érkező nátriumionok nem válnak le, hanem a jelenlévő AlO_3^{---} és AlO_2^- -ionokkal a

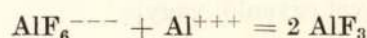


reakció-egyenlet szerint reagálnak. Az elektrolitos disszociáció révén keletkező anionok és pedig az AlF_6^{---} , AlO_3^- és AlO_2^- ionok az anódához vándorolnak. Itt az AlO_3^{---} és AlO_2^- -ionok a

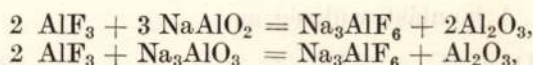


egyenlet szerint semlegesítődnek, az AlF_6^{---} -

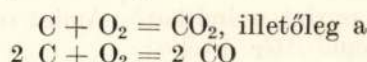
ionok pedig a jelenlévő Al^{+++} -ionokkal reagálnak. Az ilyenkor lejátszódó



reakció közben keletkező AlF_3 pedig a katódán képződő nátriummeta- és -ortoalumináttal vegyül:

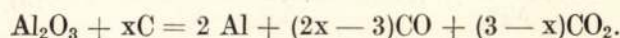


úgyhogy visszaképződik a kriolit és az alumínium-oxidnak egy része. Az eddig elmondottakat az teszi még bonyolultabbá, hogy az anódán szabaddá váló oxigén nem ilyen alakban távozik, hanem a



egyenlet szerint elégíti a szénanódát.

A bruttóreakcióegyenlet tehát a következőképpen írható fel:



Ezek szerint az elektromos áramnak a főfeladata az, hogy az alumíniumoxidot a jelenlévő karbon segítségével redukálja.

Az elektromos áram által végzett munka azonban nem merül ki az alumíniumoxid elbontásában, hanem az elektromos energia egy része hőenergiává alakul át. Ez az utóbbi az anóda elégsénél felszabaduló melegmennyiséggel együtt olvadt állapotban tartja az elektrolitot és az alumíniumot, a fürdő hőmérsékletére melegíti fel a timföldet, fedezi a timföld oldódásának hőszükségletét, azután ez égeti koksszá a Söderberg-anódába adott anódamassza kötőanyagát, az alumíniumelektrolízisre szolgáló kád anyagát, a gázokat és a kádat körülvevő levegőt. Az elektromos energia egy része az elektromos vezetékben is hővé alakul a vezetékek, az érintkező helyek elektromos ellenállásának a legyőzése közben. Ezek közül az itt felsorolt tételek közül hasznos munka az alumíniumoxid elbontása, a fürdő olvadt állapotban való tartása, a timföldnek a munkahőmérsékletre való felfűtése és oldása és

a kokszosítás. A többi mind veszteség. Elkerülni őket nem lehet, de iparkodni kell a rájuk fordított energiát minél kisebbre leszorítani. Ugyanez érvényes a hasznos munkára fordított energiára is.

Minél kevesebb elektromos energia fogy 1 kg alumínium előállításánál, annál gazdaságosabban dolgozik az üzem, Most nézzük, hogyan lehet a hasznos és a veszendőbe menő energia egyes tételeit a lehető legkisebb értéken tartani.

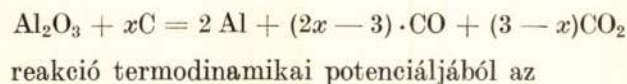
A fajlagos energiafogyasztás a kádfeszültségnek és az 1 kg alumínium leválasztásához szükséges áram mennyiségének a szorzatával egyenlő. Az utóbbi értéke az áramhatásfoktól függ. Ezek szerint a fajlagos energiafogyasztást meghatározó egyik tényező a kádfeszültség, a másik pedig az áramhatásfok.

A kádfeszültség (E) a bomlásfeszültségnek (e_x), az elektrolit ellenállásának a legyőzéséhez szükséges feszültségnek (e_e), a vezetékek, kontaktusok és az elektródák ellenállásának a legyőzéséhez szükséges feszültségnek (e_v), végül az anódaeffektus által előidézett feszültségemelkedésnek (e_{eff}) az összegével egyenlő, vagyis

$$E = e_x + e_e + e_v + e_{eff} \quad (1)$$

A következőkben vizsgáljuk meg sorra az (1)-ben szereplő feszültségek értékeit.

A bomlásfeszültség az



$$e_x = - \frac{\Delta G_T}{0,239 \cdot \nu F} \quad (2)$$

összefüggés szerint számítható. Amint tudjuk, a (2)-ben szereplő ΔG_T értéke:

$$\Delta G_T = (2x - 3) \Delta G_{CO}^\circ + (3 - x) \Delta G_{CO_2}^\circ - \Delta G_{Al_2O_3}^\circ + RT \ln \frac{A_{Al}^2 \cdot A_{CO}^{(2x-3)} \cdot A_{CO_2}^{(3-x)}}{A_{Al_2O_3} \cdot A_C^x} \quad (3)$$

Ebben az összefüggésben A_{Al} , A_{CO} stb. az alumíniumnak, szénmonoxidnak, stb. pillanatnyi aktivitását jelenti. Mivel az alumínium-elektrolízis körülményei között az alumínium és a karbon tiszta anyagnak tekinthető, ezért ezeknek pillanatnyi aktivitását az egységgel vehetjük egyenlőnek. A szénmonoxid és széndioxid pillanatnyi aktivitása, ha ezeket ideális állapotban lévőeknek tételezzük fel, a pillanatnyi parciális nyomással (F_{CO}, F_{CO_2}), az ideális oldatban lévőnek feltételezett alumíniumoxid pillanatnyi aktivitása pedig a pillanatnyi moltörttel ($\frac{N_{Al_2O_3}}{\Sigma N}$) egyenlő.

Ezek szerint a fenti feltételek fennállásakor (3)-at a következőképpen írhatjuk:

$$\Delta G_T = (2x - 3) \Delta G_{CO}^\circ + (3 - x) \Delta G_{CO_2}^\circ - \Delta G_{Al_2O_3}^\circ + RT \ln \frac{P_{CO}^{(2x-3)} \cdot P_{CO_2}^{(3-x)}}{N_{Al_2O_3}} \quad (4)$$

(4) szerint a bomlásfeszültség értéke annál nagyobb, minél magasabb a hőmérséklet, minél nagyobb az anódán felszabaduló gázban a széndioxidnak és szénmonoxidnak a parciális nyomása és minél kisebb az elektrolitban az alumíniumoxid pillanatnyi moltörtje, tehát koncentrációja. Az elektrolit ellenállásának a legyőzéséhez szükséges feszültség az áramerősségnek és az elektrolit ellenállásának a szorzatával egyenlő, azaz:

$$e_e = I \cdot R_e \quad (5)$$

Az elektrolit ellenállása azonban a fajlagos ellenállással (ρ), az elektródatávolsággal (l) és az anóda (q_a) és katóda (q_k) felületének geometriai középértékével ($q = \sqrt{q_a \cdot q_k}$) is kifejezhető:

$$R_e = \rho \frac{l}{q} \quad (6)$$

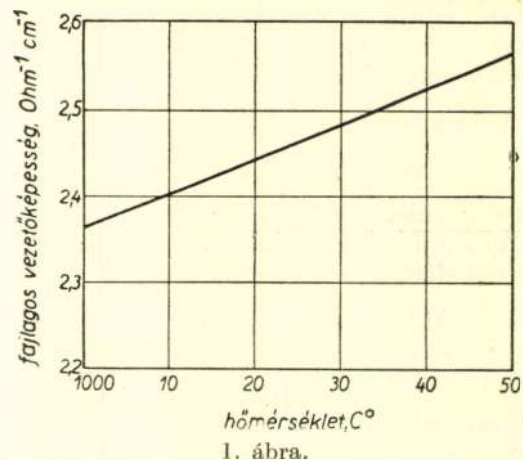
(6) értékét (5)-be behelyettesítve kapjuk, hogy

$$e_e = I \cdot \rho \frac{l}{q} \quad (7)$$

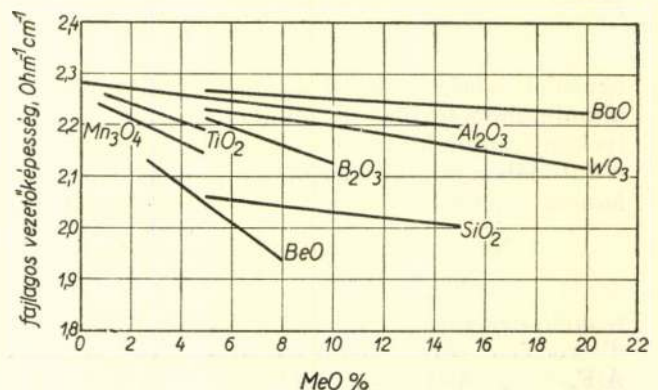
Ámde tudjuk, hogy az áramerősségnek és a keresztmetszetnek a hányadosa az áramsűrűséggel (D) egyenlő, úgyhogy (7) a következőképpen is írható:

$$e_e = D \cdot \rho \cdot l \quad (8)$$

Ezek szerint az elektrolit ellenállásának a legyőzéséhez annál nagyobb feszültségre van



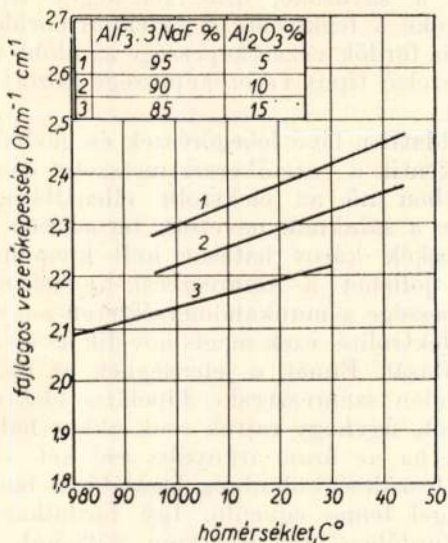
1. ábra.



2. ábra.

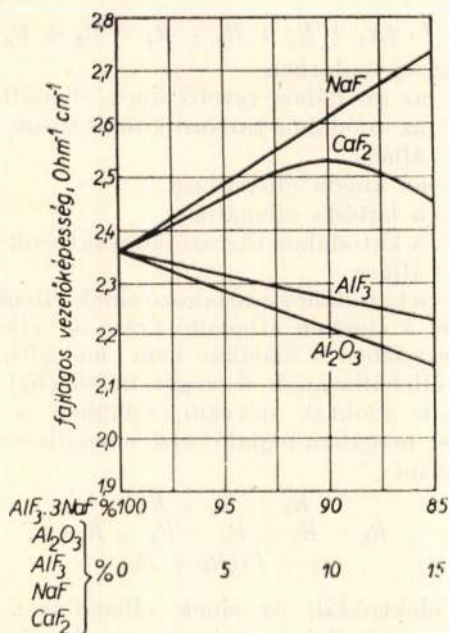
szükségünk, minél nagyobb az áramsűrűség, az elektródatávolság és az elektrolit fajlagos ellenállása. Az utóbbi értéke a hőmérséklettől, az

elektrolit összetételétől, a benne lévő lebegő részek minőségétől és mennyiségétől, végül a benne lévő gázbuborékok számától és nagyságától függ.



3. ábra.

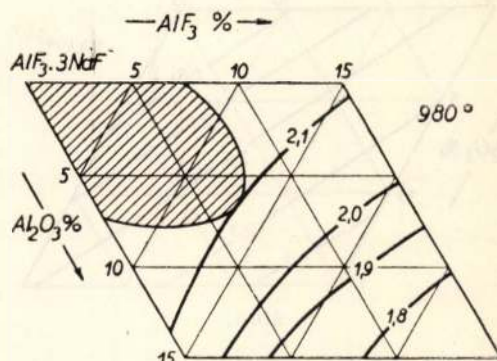
A kriolit fajlagos vezetőképességének a hőmérséklettel való változását az 1. ábra mutatja, a 2. ábra pedig 1000 C°-on a kriolit fajlagos vezetőképességének a jelenlévő különféle fénoxidok



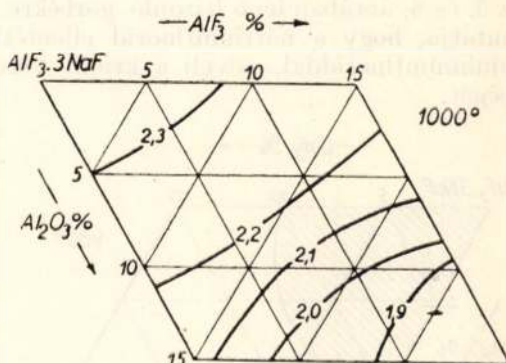
4. ábra.

mennyiségével való változását szemlélteti. Láthatjuk, hogy a kriolit ellenállását az ábrában szereplő valamennyi fénoxid, mennyiségével arányosan, növeli. A 3. ábra különféle mennyiségű alumíniumoxidot tartalmazó kriolit-fürdő fajlagos vezetőképességének a hőmérséklettel való változását szemlélteti. Az ábrából az előzőkkel összhangban megállapítható, hogy a hőmérséklet emelkedésével a fajlagos vezetőképesség nő, azonban adott hőmérsékleten annál

kisebb értékű, minél több alumíniumoxidot tartalmaz a kriolit. A 4. ábra 1000 C° hőmérsékleten a nátriumfluoridnak, a kalciumfluoridnak, alumíniumfluoridnak és alumíniumoxidnak a vezetőképességre gyakorolt hatását mutatja. Láthatjuk, hogy a kriolit fajlagos vezetőképessége NaF és CaF_2 adására nő, AlF_3 és Al_2O_3 jelenlétében pedig ezek mennyiségével arányosan csökken.

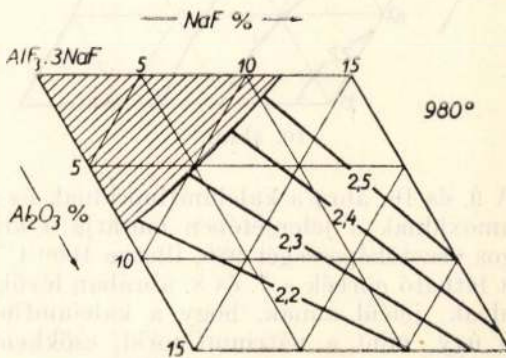


5. ábra.



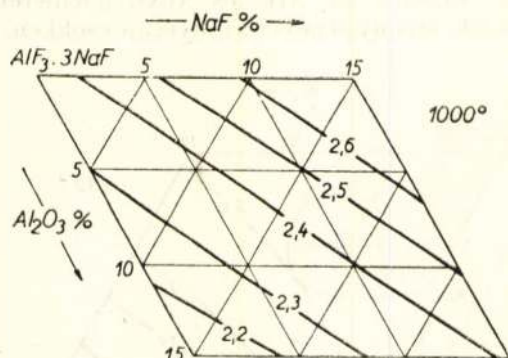
6. ábra.

Az 5. ábra 980 C°-on a kriolit fajlagos vezetőképességének az alumíniumfluorid- és alumíniumoxidtartalommal való változását mutatja. A 6. ábra pedig ugyanezeknek a komponenseknek a kriolit fajlagos vezetőképességére gyakorolt hatását szemlélteti 1000 C°-on. A szóbanforgó két ábra megfelel várakozásunknak, amennyiben mind a kettő szerint mind az alumíniumfluorid-, mind az alumíniumoxidtartalom növekedése a kriolit fajlagos vezetőképességének a csökkenését vonja maga után.



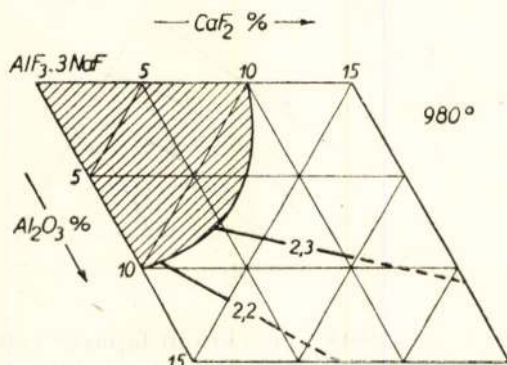
7. ábra.

Az 5. ábrán látható vonalkázott területben az elegyek 980 C°-on még szilárd halmazállapotúak. A 7. és 8. ábrából a nátriumfluoridnak és alumíniumoxidnak a kriolit fajlagos vezetőképességére gyakorolt hatását olvashatjuk le 980, illetve 1000 C°-on. Láthatjuk, hogy ebben a két ábrában

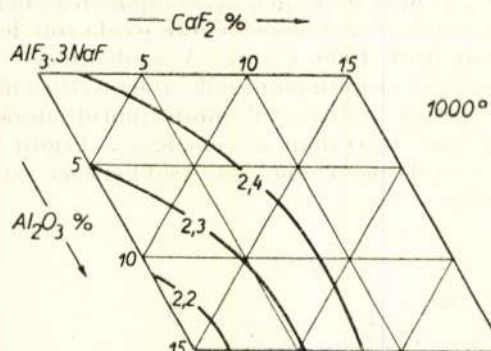


8. ábra.

az azonos fajlagos vezetőképességgel rendelkező koncentrációkat összekötő görbék kb. merőlegesek az 5. és 6. ábrában lévő hasonló, görbékre. Ez azt mutatja, hogy a nátriumfluorid ellentétben az alumíniumfluoriddal, növeli a kriolit vezetőképességét.



9. ábra.



10. ábra.

A 9. és 10. ábra a kalciumfluoridnak és alumíniumoxidnak a jelenlétében mutatja a kriolit fajlagos vezetőképességét 980, illetve 1000 C°-on. Az itt látható görbék a 7. és 8. ábrához hasonlóak, jelölül annak, hogy a kalciumfluorid éppen úgy, mint a nátriumfluorid, csökkenti a kriolit fajlagos elektromos ellenállását.

Az 5–10. ábra összevetéséből megállapíthatjuk, hogy a gyakorlatban alkalmazható összetételű fürdők közül a lúgos, tehát felesleges NaF-et tartalmazó fürdők vezetőképessége a legnagyobb, a savasoké, azaz felesleges AlF₃-at tartalmazóké a legkisebb. A kalciumfluoridos és a neutrális-fürdők vezetőképessége az előbb említett két szélső típus vezetőképessége között foglal helyet.

Az oldatban lévő lebegőrészek és gázbuborékok csökkentik a vezetőkeresztmetszetet és ezért jelenlétükben nő az elektrolit ellenállása. Itt elsősorban a salaknak nevezett termékben lévő szénrészecskék káros hatását kell kiemelnünk. Ugyanis, jóllehet a szénrészecskék elektromos vezetőképessége a munkahőmérsékleten nagyobb, mint az elektrolité, ezek mégis növelik az elektrolit ellenállását. Ennek a jelenségnek az az oka, hogy minden szénrészecske bipoláris elektródának számít, úgyhogy rajtuk csak akkor haladna át áram, ha az áram irányába eső két végük között a feszültségkülönbség legalább a bomlásfeszültséggel lenne egyenlő. Így fordulhat elő, hogy a fürdőben lévő 5%-os szén 27%-kal, 10%-os szén pedig 40%-kal növeli meg az elektrolit ellenállását.

A vezetékek, kontaktusok és elektródák ellenállásának a legyőzéséhez szükséges feszültség Ohmtörvénye értelmében az áramerősségnek és az ellenállások összegének a szorzatával egyenlő. Vagyis

$$e_v = I \cdot (R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5 + R_6). \quad (9)$$

Ebben az egyenletben

R_1 = az anódához vezető sínek ellenállása,

R_2 = az anódához tartozó kontaktusok ellenállása,

R_3 = az anóda ellenállása,

R_4 = a katóda ellenállása,

R_5 = a katódához tartozó kontaktusok ellenállása,

R_6 = a katódához csatlakozó sínek ellenállása.

Mivel a síneken áthaladó áram az ellenállás legyőzése közben a kádat nem melegíti, azért a sínek ellenállásának összegét külső (R_k) ellenállásnak is szokták nevezni, szemben a többi ellenállást magában foglaló belső ellenállással (R_b). Ezek szerint:

$$\begin{aligned} R_k &= R_1 + R_6 \\ R_b &= R_2 + R_3 + R_4 + R_5 \text{ és} \\ e_v &= I \cdot (R_k + R_b). \end{aligned} \quad (10)$$

Az elektródák és sínek ellenállását adott üzemben nem lehet változtatni. Úgyhogy e_v értékét a kontaktusok jókarbantartásával tartathatjuk a legkisebb értéken.

Ha az átlagos kádfeszültséget τ órára vonatkoztatjuk és ebből az időből a R_{eff} ellenállásnövekedést okozó anódaeffektus b óráig tartott, akkor az anódaeffektus által okozott átlagos feszültségnövekedés:

$$e_{eff} = I \cdot R_{eff} \cdot \frac{b}{\tau}. \quad (11)$$

Láthatjuk, hogy az anódaeffektus annál inkább növeli az átlagos kádfeszültséget, minél

hosszabb ideig tart. Ezért kell igen nagy gondot fordítani arra, hogy az ilyenkor fellépő feszültség-emelkedést a lehető legrövidebb időn belül megszüntessük.

A (3—11) egyenlettel kifejezett feszültségek értékét az (1) egyenletbe behelyettesítve kapjuk, hogy:

$$E = e_x + D\rho l + I \cdot (R_k + R_b) + I \cdot R_{eff} \cdot \frac{b}{\tau}. \quad (12)$$

Amint láttuk, a fajlagos energiafogyasztást megszabó másik tényező az *áramhatásfok*. Ez az alumíniumelektrolízis esetében azért nem 100%-os, mert egyrészt az alumíniummal együtt szennyezőelemek is válnak le, másrészt pedig a katódán levált alumínium egy része reagál az elektrolitban lévő szennyezőelemek oxidjaival, illetőleg az anódán felszabaduló oxigénnel. A kis áramhatásfok oka lehet még az is, hogy kis elektródatávolság esetén a fürdő mozgása miatt bizonyos időpontokban és helyeken az anóda és a katóda szerepét betöltő alumíniumfürdő rövidre záródhatik. Ezek szerint az áramhatásfokot mindazok a tényezők befolyásolják, amelyek a fenti folyamatokra hatással vannak. Ilyenek: az elektrolit hőmérséklete, összetétele, az elektródák egymástól való távolsága és az áramsűrűség.

Az *elektrolit hőmérsékletének* az áramhatásfokra gyakorolt hatása egyrészt az oldhatóságnak, másrészt a viszkozitásnak a megváltozásával magyarázható. Minél magasabb a hőmérséklet, annál jobban oldódik a katódán levált alumínium az elektrolitban és annál kisebb az elektrolit viszkozitása. Mindkét jelenségnek a hatására csökken az áramhatásfok, ugyanis az alumínium oldásának a megnövekedésével csökken a kádból kiszedhető alumínium mennyisége, a viszkozitás csökkenésével pedig könnyebben áramolhat a katódán levált alumínium az anódához. Az utóbbi azért nem kívánatos, mert az anóda közelében oxidáló az atmoszféra és az ide kerülő alumínium könnyen oxidálódhatik alumíniumoxiddá.

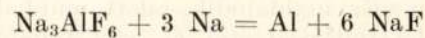
G. A. Abramov laboratóriumi vizsgálatai szerint kriolítban oldott alumíniumoxid elektrolízisének az áramhatásfok a hőmérséklettel a következőképpen változik:

940 C°	96,8%
950 C°	90,1% és
960 C°	86,5%

Látjuk, hogy az áramhatásfok a hőmérséklet emelkedésekor rohamosan csökken. Éppen ezért nagyon fontos, hogy elektrolízis közben a munkahőmérséklet a lehető legalacsonyabb legyen. A gyakorlatban kb. 950 C°-on dolgoznak. Az idők folyamán iparkodtak különböző fogásokkal az elektrolit olvadáspontját és így a munkahőmérsékletet is leszorítani. P. P. Fedotyev, K. P. Batasev, A. I. Zsurin, A. J. Bjeljajev, Ja. E. Sztugyencov, N. I. Razumov, M. Sz. Szidorenko és még sok más tudós kísérletei szerint 5—7% CaF₂-nak az elektrolitba való juttatása leszállítja az elektrolit olvadáspontját és így alacsonyabb munkahőmérsékleten dolgozva jobb lehet az áramhatásfok.

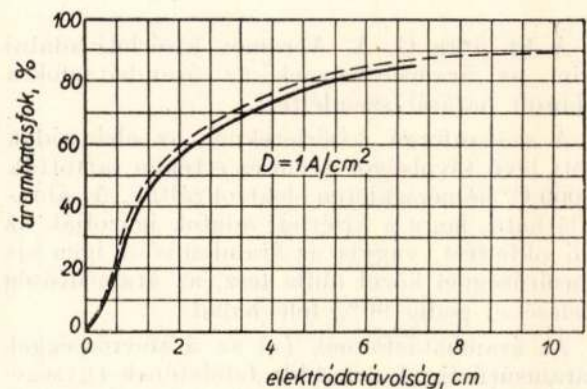
Az *elektrolit összetételének* az áramhatásfokra gyakorolt hatását vizsgálva megállapították, hogy adott hőmérsékleten akkor a legjobb az áramkihasználás, ha az alumíniumoxid oldószerének összetétele a kriolít összetételét közelíti meg, vagyis ha benne minden molekula alumíniumfluoridra kb. 3 molekula nátriumfluorid jut.

Ha a fent említett aránynál több NaF van jelen, akkor a katódán az alumíniummal együtt nátrium is válik le. Ennek a nátriumnak egy része oldódik az alumíniumban, a másik része azonban nagy oxidálódik, vagypedig a kriolittal reagál az



reakcióegyenlet szerint. Az oxidáció is és a kriolittal való reagálás is hőt termelő folyamat, úgyhogy közben emelkedik az elektrolit hőmérséklete. Ezek szerint a *nátriumfluoridfelesleg két* ok miatt is *rontja az áramhatásfokot* és pedig egyrészt azért, mert a nátrium leválása miatt ugyanaz az árammennyiség kevesebb alumíniumot választ le, másrészt azért, mert a megnövekedett fürdőhőmérséklet miatt több alumínium oldódik az elektrolitban és több oxidálódik vissza az anódán. Ha az alumíniumfluorid van feleslegben, akkor ugyan kevésbé válhatik le nátrium a katódán, a feleslegnek ezt a jó hatását azonban lerontja az AlF₃-nak az a rossz tulajdonsága, hogy nagyon illékony és csökkenti az elektrolit timföldoldóképességét.

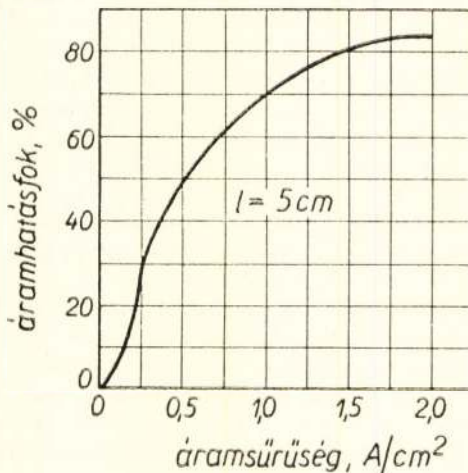
Az *elektródák*, tehát az alumíniumfürdő és az anóda *egymástól való távolságának* az áramhatásfokra gyakorolt hatása könnyen megítélhető. Ugyanis, ha az elektródák közel vannak egymáshoz, akkor a katódán levált alumínium könnyen jut az anóda oxidáló terébe, tehát ilyenkor rossz lesz az áramhatásfok. Könnyen beláthatjuk, hogy az elektródatávolság növelése elméletileg ellenkező hatású, mert ilyenkor a levált alumínium kisebb része oxidálódik.



11. ábra.

A 11. ábra G. A. Abramov kísérleti adatai alapján mutatja az elektródatávolságnak az áramkihozatalra gyakorolt hatását. A diagram megszerkesztésének alapjául szolgáló kísérleteknél a munka-hőmérséklet 1000 C°, az áramsűrűség, vagyis az elektróda felületének egységén, az időegységben áthaladó áram mennyisége pedig 1 A/cm² volt.

Az áramsűrűség is lényegesen befolyásolja az áramhatásfokot. Ugyanis a Faraday-törvény értelmében a kádiban az időegységben levált alumínium mennyisége egyenesen arányos az elektródákon az időegységben áthaladó árammennyiséggel, az utóbbi pedig az áramsűrűségnek és az elektróda felületének a szorzatával egyenlő. Ezek szerint adott elektródaméreteknél a katódán levált alumínium mennyisége egyenesen arányos az áramsűrűséggel. Ezzel szemben a már levált alumíniumnak veszendőbe menő része, tehát az a hányad, amelyik oldódik az elektrolitban, azután amelyik az anódán visszaoxidálódik, adott munkahőmérséklet, elektrolitösszetétel és elektródatávolság esetén állandó, tehát nem függ az áramsűrűségtől. Ezek szerint az áramhatásfoknak annál jobbnak kell lennie, minél nagyobb az áramsűrűség. Kis áramsűrűséggel való elektrolízálás esetén előfordulhat az az eset, hogy a katódán az időegységben csak annyi alumínium válik le, amennyi veszendőbe is megy. Ilyenkor az áramhatásfok nullával lesz egyenlő.



12. ábra.

A 12. ábra G. A. Abramov kísérleti adatai szerint az áramsűrűségnek az áramhatásfokra gyakorolt hatását szemlélteti.

A szóbanforgó kísérleteknél az elektródák között lévő távolságot 5 cm-es értéken tartották és 1000 C° hőmérsékleten elektrolizáltak. Az ábrából látható, hogy a kísérleti adatok igazolják az előző okfejtést, vagyis az áramhatásfok igen kis áramsűrűségnél közel nulla lesz, az áramsűrűség növelésével pedig 90% felé halad.

Az áramhatásfoknak (η) az áramerősséggel, az áramsűrűséggel, a katóda felületének egységéről az időegységben feloldott alumínium grammokban kifejezett mennyiségével (c) és az elektródatávolsággal való változását többen próbálták matematikai formába önteni. Lorenz szerint

$$\eta = 100 \frac{k}{I^n} \quad (13)$$

Drossbach szerint

$$\eta = 100 \left(1 - \frac{c}{D\bar{q}}\right), \quad (14)$$

G. A. Abramov szerint pedig

$$\eta = K \frac{1}{Dl} \quad (15)$$

Ezekben az egyenletekben k és K állandók, q pedig az 1 A-óra által elméletileg leválasztott alumínium grammokban kifejezett mennyiségével, tehát

$$3600 \frac{27}{96\,500} = 0,3354 \text{ grammal egyenlő.}$$

Az előzőkből kitűnik, hogy pl. az áramsűrűségnek és az elektródatávolságának a növelése az áramhatásfok szempontjából kedvező, a kádfeszültség szempontjából pedig káros. Éppen ezért csupán a kádfeszültségnek és az áramhatásfoknak a vizsgálatával nem lehet eldönteni azt, hogy milyen körülmények között elektrolizáljunk. Erre a kérdésre feleletet csak akkor kaphatunk, ha megvizsgáljuk, hogy milyen körülmények között lesz a fajlagos energiafogyasztás minimum.

τ óra alatt a kWó-ban kifejezett összes energiafogyasztás:

$$W = \frac{IE\tau}{1000}, \quad (16)$$

a termelt alumínium mennyisége pedig kg-ban megadva:

$$p = \frac{I\tau\eta\bar{q}}{1000}. \quad (17)$$

Ezek szerint a kWó/kg egységben megadott fajlagos energiafogyasztás:

$$w = \frac{IE\tau}{1000} \cdot \frac{1000}{I\tau\eta\bar{q}} = \frac{E}{\eta\bar{q}}. \quad (18)$$

Ha (18)-ba E -nek (12)-ben kifejezett egyenletét behelyettesítjük, kapjuk, hogy

$$w = \frac{1}{\eta\bar{q}} \cdot (e_x + D\varrho l + I(R_k + R_b + R_{eff}) \cdot \frac{b}{\tau}). \quad (19)$$

Ideális esetben a külső és belső ellenállások, valamint az anódaeffektus által okozott ellenállásnövekedés nullával lenne egyenlő, úgyhogy (19)-ből az ideális fajlagos energiafogyasztás:

$$W_i = \frac{1}{\eta\bar{q}} (e_x + D\varrho l). \quad (20)$$

Ha ebbe az egyenletbe az áramhatásfoknak Abramov által megadott értékét behelyettesítjük, kapjuk, hogy

$$W_i = \frac{1}{q} \cdot K \frac{1}{Dl} \cdot (e_x + D\varrho l). \quad (21)$$

Amint látjuk, adott hőmérsékleten és adott elektrolitösszetétel esetén, az ideális fajlagos energiaszükséglet az áramsűrűségnek és az elektródatávolságnak a függvénye. Úgyhogy ez a függvény maximális értékét annál az áramsűrűségnél, illetve elektródatávolságnál veszi fel, amelyiknél az ideális fajlagos energiaszükségletnek az áramsűrűség,

illetőleg az elektródatávolság szerinti parciális differenciálhányadosa nullával lesz egyenlő.

$$\left(\frac{\partial w_i}{\partial D}\right)_e = \frac{1}{q} \cdot K^{-\frac{1}{Dl}} \cdot \rho l + \frac{1}{q} (e_x + D\rho l) \cdot K^{-\frac{1}{Dl}} \ln K \frac{1}{D^2 l} = 0.$$

Ebből

$$\frac{1}{q} \cdot K^{-\frac{1}{Dl}} \left(\rho l + \frac{e_x}{D^2 l} \cdot \ln K + \frac{\rho}{D} \cdot \ln K \right) = 0,$$

továbbá

$$\rho D^2 l^2 + \rho \ln K \cdot Dl + e_x \cdot \ln K = 0$$

és

$$Dl = \frac{-\rho \ln K \pm \sqrt{\rho^2 (\ln K)^2 - 4\rho e_x \ln K}}{2\rho}. \quad (22)$$

Ugyanezt az eredményt kapjuk, ha az ideális fajlagos energiaszükségletnek az elektródatávolság szerinti első parciális differenciálhányadosát teszszük nullával egyenlővé és a kapott egyenletből Dl értékét kifejezzük.

$$\left(\frac{\partial w}{\partial l}\right)_D = \frac{1}{q} K^{-\frac{1}{Dl}} \cdot D + \frac{1}{q} (e_x + D\rho l) K^{-\frac{1}{Dl}} \ln K \cdot \frac{1}{Dl^2} = 0,$$

$$\frac{1}{q} K^{-\frac{1}{Dl}} \left(D\rho + \frac{e_x}{Dl^2} \ln K + \frac{\rho \ln K}{l} \right) = 0,$$

$$\rho D^2 l^2 + \rho \ln K \cdot Dl + e_x \ln K = 0,$$

$$Dl = \frac{-\rho \ln K \pm \sqrt{\rho^2 (\ln K)^2 - 4\rho e_x \ln K}}{2\rho}.$$

Az előzőkből kitűnik, hogy a fajlagos energiafogyasztás minimális értéken való tartása végett az áramsűrűségnek és az elektródatávolságnak a szorzatát határozott értéken kell tartani. A fentiekhez még csak azt jegyezzük meg, hogy K adott kádszerkezet, elektrolitösszetétel és hőmérséklet esetén állandó. Abramov meghatározta K -nak a hőmérséklettől való függését. Az ő adatai szerint K értéke 950 C°-on 0,7, 1000 C°-on már csak 0,2 és kb. 1200 C°-on nullával lesz egyenlő.

(22) csak a Dl szorzat értékét határozza meg. Arról azonban nem tájékoztat, hogy milyen áramsűrűséggel és elektródatávolsággal a legcélszerűbb dolgozni. A legmegfelelőbb áramsűrűség értékét abból a megfontolásból határozhatjuk meg, hogy az alumíniumelektrolízis minden időszakában az elektrolizáló kád hőmérsékletének lehetőleg állandónak kell lennie, illetőleg a lehető legszűkebb határok közt szabad csak változnia. Ennek a feltételnek akkor teszünk eleget, ha a vizsgált τ óra alatt a kádban hőenergiává átalakuló elektromos energiának és a másodlagos kémiai reakciókban felszabaduló hőenergiának az összege egyenlő az alumíniumoxid elbontásához szükséges energiá-

nak, a rendszer entrópiájának a növelésére fordítandó energiának, az anódeffektus alkalmával beadott elegyet a munkahőmérsékletre melegítő és az eleggyé oldódásának hőszükségletét fedező energiának, valamint a sugárzás, vezetés és hőátadás révén veszendőbe menő energiának az összegével.

A kádban hőenergiává átalakuló elektromos energia mennyisége W_0 dimenzióban kifejezve a τ idő alatt bevezetett összes elektromos energiának ($I E \tau$) és a külső ellenállások legyőzése közben hővé átalakult elektromos energiának ($I^2 R_k \tau$) a különbségével egyenlő. Ha a másodlagos kémiai reakciókban óránként felszabaduló grammkalóriák számát Q_0 -al jelöljük, akkor a τ idő alatt a másodlagos kémiai reakciókban felszabaduló hőenergiának a W_0 dimenzióban kifejezett mennyisége $\frac{4,18}{3600} \cdot \tau \cdot Q_0$ -al lesz egyenlő. τ óra alatt az alumíniumoxid elbontásához szükséges W_0 -k száma

$$I \cdot e_x \cdot \tau,$$

a rendszer entrópiájának a növelésére fordítandó elektromos energia pedig

$$\frac{4,18}{3600} \cdot \tau \cdot Q_s$$

W_0 -val egyenlő. Az utóbbi kifejezésben Q_s az óránként a rendszer entrópiájának növelésére fordítandó grammkalóriák számát jelenti. Ha az óránként az elegy felmelegítésére és feloldására felhasználandó hőenergia Q_1 , a veszendőbe menő hőenergia pedig Q_c grammkalóriával egyenlő, akkor a felhasznált hőmennyiségeknek τ idő alatt megfelelő W_0 -k mennyisége

$$\frac{4,18}{3600} \cdot \tau (Q_1 + Q_c) \text{ lesz.}$$

Az előzők szerint most már felírhatjuk a kád hőegyensúlyát kifejező alábbi egyenletet:

$$I E \tau - I^2 \cdot R_k \cdot \tau + \frac{4,18}{3600} \cdot \tau \cdot Q_0 = I \cdot e_x \tau + \frac{4,18}{3600} \cdot \tau (Q_s + Q_1 + Q_c).$$

Ha ebbe az egyenletbe a kádfeszültségnek (12) alatti egyenletét behelyettesítjük, kapjuk, hogy

$$I \cdot e_x \tau + I D \rho l \tau + I^2 \tau \cdot (R_k + R_b + R_{eff} \frac{b}{\tau}) - I^2 \cdot R_k \cdot \tau + \frac{4,18}{3600} \cdot \tau Q_0 = I \cdot e_x \tau + \frac{4,18}{3600} \cdot \tau (Q_s + Q_1 + Q_c).$$

A lehetséges egyszerűsítéseket elvégezve egyenletünk a következő alakú lesz:

$$I D \rho l \cdot \tau + I^2 \cdot \tau (R_b + R_{eff} \cdot \frac{b}{\tau}) + \frac{4,18}{3600} \cdot \tau (Q_0 - Q_s - Q_1 - Q_c) = 0. \quad (24)$$

Mivel fenti összefüggésből az áramsűrűség optimális értékét akarjuk meghatározni, azért

valamilyen módon a fenti egyenletnek az áram-sűrűséget befolyásoló tényezőit az áramsűrűséget is tartalmazó függvény alakjában kell felírunk, az áramsűrűséget nem befolyásoló tényezőket pedig olyan függvénnyé kell átalakítanunk, amelyeknek alkalmazása esetén egyenletünk a lehető legegyszerűbb alakra hozható. A fenti kívánalmaknak a fajlagos értékek bevezetésével tehetünk eleget. Jelöljük r_b -vel az összes belső ellenállást abban az esetben, ha ezek mindegyikének a keresztmetszete q -ad részére csökkenne. Legyen r_{eff} az egységnyi közepes elektróda keresztmetszetre vonatkoztatott és az anódaeffektuskor fellépő ellenállásnövekedés. Jelöljük az 1 A ó áthaladás közben a másodlagos kémiai reakciókban felszabaduló Wó-k számát k_0 -lal, a rendszer entrópiájának a növelésére fordítandót k_s -sel, az elegy felmelegítéséhez és feloldásához szükségeset k_l -vel, és legyen c a közepes elektróda felületének egységére vonatkoztatott, óránként veszendőbe menő Wó-k száma. A fentiek szerint

$$R_b = \frac{r_b}{q},$$

$$R_{eff} = \frac{r_{eff}}{q},$$

$$\frac{4,18}{3600} Q_0 = I k_0,$$

$$\frac{4,18}{3600} Q_s = I k_s,$$

$$\frac{4,18}{3600} Q_l = I k_l,$$

$$\frac{4,18}{3600} Q_c = c q.$$

Ezeket az értékeket (24)-be behelyettesítve kapjuk, hogy

$$I D q l \tau + I^2 \tau \left(\frac{r_b}{q} + \frac{r_{eff}}{q} \cdot \frac{b}{\tau} \right) + I \tau (k_0 - k_s - k_l) - \tau c q = 0.$$

Az $\frac{I}{q} = D$ behelyettesítést alkalmazva és

$I \tau$ -val egyszerűsítve egyenletünk a következő alakú lesz:

$$D q l + D \left(r_b + r_{eff} \cdot \frac{b}{\tau} \right) + k_0 - k_s - k_l - \frac{c}{D} = 0. \quad (25)$$

Szovjet kutatók mérése szerint a $k_0 - k_s - k_l$ összeg értéke közel nullával egyenlő, úgyhogy (25) a következő alakban írható:

$$D^2 \left(q l + r_b + r_{eff} \frac{b}{\tau} \right) - c = 0, \quad (26)$$

ebből

$$D = \sqrt{\frac{c}{q l + r_b + r_{eff} \frac{b}{\tau}}}. \quad (27)$$

Előzőleg láttuk, hogy (22)-ből D_l optimális értékét lehet meghatározni. (27) pedig azt mondja meg, hogy a kád hőmérséklet állandó értéken való tartása végett milyen áramsűrűséggel kell dolgoz-

nunk. A két egyenlet megoldása az optimális elektródatávolságot is meghatározza. Új alumíniumkohók létesítésénél, illetve meglévők fejlesztésénél azonban nemcsak arra kell törekednünk, hogy a hőveszteségek és az áramsűrűség (27) által meghatározott viszonyban legyenek egymással, hanem arra is, hogy a választott áramsűrűséggel való elektrolízis a lehető leggazdaságosabb legyen. Ez más szóval annyit jelent, hogy új kád tervezésénél az áramsűrűséget a gazdaságosság követelményeinek megfelelően kell megválasztani és azután a kádat úgy kell megtervezni, hogy a hőveszteségek a gazdaságos áramsűrűséggel a (27) által meghatározott viszonyban legyenek.

Most a következőkben vizsgáljuk meg, mivel egyenlő a gazdaságos áramsűrűség (D_{gazd}). Ha valamely kád évenként h óra hosszat van üzemben és 1 kWó elektromos energiáért a kohó k forintot fizet, akkor a kád 1 m²-ére évenként eső energiaköltség:

$$k_1 = \frac{D E h k}{1000}. \quad (28)$$

Ámde (12)-ben már láttuk, hogy

$$E = e_x + D q l + I \left(R_b + R_k + R_{eff} \frac{b}{\tau} \right).$$

Ha a gömbölyű zárójelben lévő kifejezést R -rel jelöljük, akkor

$$E = e_x + D q l + I R.$$

Tudjuk, hogy

$$I = D q \text{ és így}$$

$$E = e_x + D q l + D q R.$$

Ha E -nek ezt az értékét (28)-ba behelyettesítjük, kapjuk, hogy

$$k_1 = \frac{D e_x h k}{1000} + \frac{D^2 q l h k}{1000} + \frac{D^2 q R h k}{1000}. \quad (29)$$

Könnyen beláthatjuk, hogy évenként a kád 1 m²-ére eső beruházási és javítási költség:

$$k_2 = \frac{a p_1 + b p_2 + d p_3}{1000}. \quad (30)$$

Ebben az egyenletben

- a a kád 1 m²-ének építési költsége,
- p_1 az amortizációs és javítási költség %^o-ban,
- b a kádbélés építésének a kád 1 m²-ére eső költsége,
- p_2 a bélés amortizációs és javítási költsége %^o-ban,
- d az épületnek a kád 1 m²-ére eső építési költsége,
- p_3 az épület amortizációs és javítási költsége %^o-ban.

A fentiek szerint a kád 1 m²-ére évenként eső összes költség:

$$\Sigma k = k_1 + k_2. \quad (31)$$

A szóbanforgó kád 1 m²-én a vizsgált egyévi időtartam alatt

$$P = \frac{D h q \eta}{1000} \text{ kg alumíniumot termelnek.}$$

Ezek szerint a fenti üzemben az 1 kg alumíniumra eső költség:

$$K = \frac{\Sigma k}{P} = \frac{10(ap_1 + bp_2 + dp_3)}{Dh\bar{q}\eta} + \frac{e_x k}{\bar{q}\eta} + \frac{D\varrho lk}{\bar{q}\eta} + \frac{DqRk}{\bar{q}\eta} \quad (32)$$

A fenti összefüggés a fajlagos termelési költséget az áramsűrűség függvényében adja meg. Ebből azután az következik, hogy a gazdaságos, tehát a legkisebb fajlagos termelési költséggel járó áramsűrűséget abból az egyenletből számíthatjuk, amelyiket úgy kapunk, hogy (32)-t az áramsűrűség szerint differenciáljuk és az első differenciálhányadost nullával tesszük egyenlővé. (32)-nek az áramsűrűség szerinti első differenciálhányadosa:

$$\frac{dK}{dD} = -\frac{10(ap_1 + bp_2 + dp_3)}{D^2 h \bar{q} \eta} + \frac{lk}{\bar{q}\eta} + \frac{qRk}{\bar{q}\eta} = 0,$$

ebből

$$D_{gazd} = \sqrt{\frac{10(ap_1 + bp_2 + dp_3)}{hk(\varrho l + qR)}} \quad (33)$$

IRODALOM

1. J. M. Bajmakov : Elektrolízis a kohászatban.
2. A. Vayna : Conduktivita elettrica dei bagni di elettrolisi dell'alumino a base di criolite allo stato fuso. *Aluminio*, 1950.
3. Szakál Pál : Az alumíniumelektrolízis fizikai kémiaja. Budapest, 1952.

A nagyszilárdságú Al-Mg-Si ötvözet néhány, eddig még nem ismertetett tulajdonsága

BENKŐ ANDOR

Einige, bisher noch nicht erörterten Eigenschaften der hochfestigen Al-Mg-Si Legierungen.

Some new features of the Al-Mg-Si Alloys of high strength.

НЕКОТОРЫЕ, ДО ПОР ЕЩЕ НЕ ИЗЛОЖЕННЫЕ СВОЙСТВА ВЫСОКОПРОЧНОГО СПЛАВА Al-Mg-Si.

Valamely új ötvözet értékét nemcsak a kedvező mechanikai tulajdonságok szabják meg, hanem a többi mellék tulajdonságok is. Ilyenek:

a) a gyártás során előforduló szennyezőkre való érzékenység,

b) a lágýtási viszonyok,

c) korrózióállóság,

d) mélyhúzhatóság,

e) utánhengerelhetőség,

f) kifáradási határ,

g) hegeszthetőség,

h) a gyártásnál mutatkozó gyakorisági görbe, avagy találati biztonság.

Ennek az új ötvözetnek nagyipari gyártása lehetőséget adott arra, hogy ezeket — a gyártó és felhasználó számára egyaránt fontos — sajátosságokat kivizsgáljuk.

a) A gyártás során előforduló szennyezőkre való érzékenység

Al-Mg-Si ötvözetek gyártásánál a legnagyobb mennyiségben előforduló szennyező elem a vas. Üzemeink ötvözeteiket legnagyobbbrészt bizonyos mennyiségű hulladék feldolgozásával állítják elő és így ezekben az ötvözetekben mindig található a felhasznált hulladéktól függően 0,3—0,8% Fe. Indokoltnak látszik tehát, hogy megvizsgáljuk új ötvözetünk tulajdonságainak változását ilyen nagy Fe szennyezések esetében is.

Vizsgálatainkhoz 6 ötvözetet állítottunk be, amelynek névleges és elemzett kémiai összetételét az 1. táblázat mutatja.

1. táblázat

Ötvözet jele	Névleges összetétel					Elemzett összetétel			
	Si%	Mg%	Mn%	Fe%	Mg/Si	Si%	Mg%	Mn%	Fe%
1.	1,4	1,0	0,5	0,4	0,715	1,35	0,98	0,56	0,41
2.	1,4	1,0	0,5	0,55	0,715	1,4	1,04	0,47	0,54
3.	1,4	1,0	0,5	1,0	0,715	1,42	1,02	0,55	1,08
4.	1,4	1,2	0,5	0,3	0,86	1,35	1,18	0,53	0,3
5.	1,4	1,2	0,5	0,7	0,86	1,36	1,2	0,52	0,71
6.	1,4	1,2	0,5	1,0	0,86	1,4	1,2	0,5	0,98

2. táblázat

Edzési hőfok: 560° C

Ötvözet jele	Közvetlen edzés után			6 napig elfektetve		
	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B	δ_{10} %	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B	δ_{10} %
1.	13,1	26,6	20,6	20,0	33,0	23,4
2.	13,5	27,6	22,3	21,2	35,0	22,5
3.	10,3	27,3	20,3	20,9	33,9	21,6
4.	11,2	25,3	23,0	20,4	32,9	22,6
5.	11,7	25,4	21,3	20,3	33,3	22,1
6.	12,0	25,6	20,3	19,5	32,9	20,9

Edzés hőfoka: 560° C
Szakítás időpontja: 6 nappal a hőkezelés után

Ötvözet jele	Ö r e g b i t é s h ő f o k a : 1 5 0 ° C																	
	Edzett			3 óra			6 óra			8 óra			12 óra			24 óra		
	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_{10} %	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_{10} %	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_{10} %	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_{10} %	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_{10} %	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_{10} %
1.	20,0	33,0	23,4	29,2	38,0	16,9	37,2	41,5	11,3	40,0	41,1	38,4	40,5	9,2	38,0	42,0	9,8	
2.	21,2	35,0	22,5	31,7	38,6	17,0	39,1	42,5	8,3	40,5	41,7	38,9	41,0	8,8	40,0	41,3	10,0	
3.	20,9	33,9	21,6	30,9	38,3	16,4	37,5	42,6	8,7	39,5	41,5	38,3	40,5	8,6	40,0	41,5	7,8	
4.	20,4	32,9	22,6	31,0	37,5	18,0	38,0	41,6	11,0	38,2	41,7	38,8	39,9	10,2	39,0	39,6	8,9	
5.	20,3	33,3	22,1	31,6	39,7	16,8	36,3	38,6	9,16	39,5	41,7	39,2	40,7	7,1	38,5	41,1	8,1	
6.	19,5	32,9	20,9	32,7	38,6	15,25	36,6	40,9	9,2	39,3	42,5	39,7	41,2	8,1	39,8	41,8	6,1	

Az ötvözetek öntése, hengerlése és hőkezelése teljesen azonos volt, mint az előző „Nagyszilárdságú Al-Mg-Si típusú ötvözet” című cikkemben szereplő ötvözeteké. A vizsgálatok eredményeit a 2., 3. és 4. táblázat mutatja.

A második táblázatból megállapítható, hogy természetesen öregített állapotban az ötvözetekre a Fe tartalomnak folyáshatár és szakítószilárdság szempontjából nincs befolyása, azonban a teljes nyúlás értékei a Fe tartalom növekedésével csökkennek, azonban még 1% Fe-nál is igen nagyok (20%).

Olyan gyártmányoknál, amelyeknél a nagy nyúlásra a jó erőelosztás miatt van szükség (rácsszerkezetek) és a tökéletes korrózióvédelmet biztosítani lehet, még az 1% Fe-t tartalmazó ötvözet is felhasználható. Mélyhúzásra és kis sugáron való hajlításra viszont ez a szennyezett anyag nem alkalmas, mert a túalakú AlFe₃ kristályok miatt az ötvözet rováthatás érzékenysége (Kerbwirkung) erősen megnő.

A harmadik táblázat adatainak tanúsága szerint a σ_B értékeire a Fe tartalom mesterséges öregítés alkalmazása esetén is hatástalannak látszik.

A Fe tartalom növekedése azonban a teljes nyúlás értékeit főleg 3 órás öregítésnél igen erősen csökkenti. Érdekes megfigyelni, hogy 6 órás mesterséges öregítés után a Fe tartalomtól függetlenül, egy bizonyos kis értékre esik le. A mesterséges öregítés idejének növelésével a $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ érték nemkívánatos mértékben megközelíti az egységet. Komoly alakítást igénylő gyártmányoknál és keretszerkezeteknél a felhasznált anyaggal szemben a követelmény, hogy a $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ viszony 0,8-nál kisebb legyen. A negyedik táblázatból látható, hogy 545° C edzési hőfok alkalmazásával javítani lehet a nyúlás, valamint $\sigma_{0,2}/\sigma_B$ értékeit, azonban rováthatás érzékenység itt is fokozott mértékű. Összegezeként megállapítható, hogy a nagyszilárdságú Al-Mg-Si ötvözet gyártásánál a szennyezés mértékét 0,4% alatt kell tartani. Nemes állapotú gyártmányok előállításánál, ha az anyagtól nagy nyúlást igényelünk, célszerű a vastartalmat 0,4% Fe alá is csökkenteni.

b) Lágyítási viszonyok

A legjobb lágyítási hőmérséklet megállapítása érdekében a következő vizsgálatot végeztük el. Hengerkemény anyagot 150° C-tól 450° C-ig 50° C-os lépésekben 4 órán át hevítettünk és utána levegőn hűtöttük. A lágyított anyagoknál megállapítottuk $\sigma_{0,2}$; σ_B δ_{10} és H_B értékeket (1. ábra).

Amint látható, a legkedvezőbb értékeket a lágy állapot szempontjából 350° C-nál találjuk. Itt az ötvözet tulajdonságai a következők: $\sigma_{0,2} = 6$ kg/mm², $\sigma_B = 13,3$ kg/mm², $\delta_{10} = 24\%$. Összehasonlítva a kereskedelmi lágy antikorródál értékeivel, látható, hogy azzal egyenrangú, sőt. nyúlás szempontjából jobb. Figyelemre méltó, hogy az ötvözetet 350° C-nál kisebb hőmérsékleten lágyítva erős nyúláscsökkenést mutat, a folyáshatár rohamosan nő, míg a szakítószilárdság csak keve-

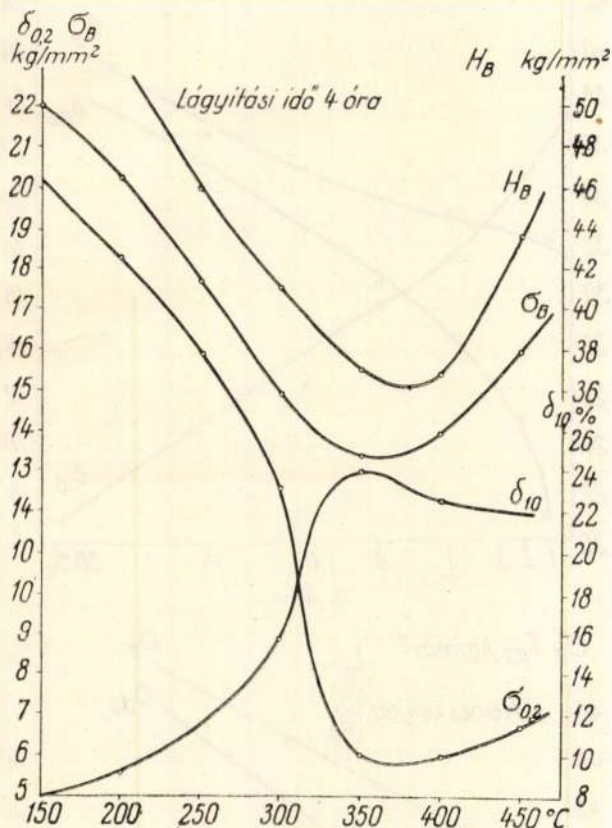
4. táblázat

Mesterséges öregbítés hőfoka : 150° C, ideje 6 óra

Jel	E d z é s h ő f o k a											
	560° C			545° C			530° C			515° C		
	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_{10}	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_{10}	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_{10}	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_{10}
	kg/mm ²		%	kg/mm ²		%	kg/mm ²		%	kg/mm ²		%
1.	37,2	41,5	11,3	28,1	37,8	18,5	26,5	35,9	21,2	23,0	33,9	18,3
2.	39,1	42,5	8,3	28,6	37,9	17,8	27,0	36,5	19,7	23,8	34,1	17,0
3.	37,5	42,6	8,7	30,8	38,9	17,5	27,9	36,7	17,2	23,1	33,7	15,8
4.	38,0	41,6	11,0	28,8	39,0	19,15	26,9	35,2	17,6	21,9	34,6	18,8
5.	36,3	38,6	9,1	29,9	38,9	17,15	—	—	—	—	—	—
6.	36,6	40,9	9,2	31,0	39,7	15,6	—	—	—	—	—	—

5. táblázat

	Összetétel				állapot	Mylius-szám	
	Si	Mg	Mn	Fe		termikus	volu- metrikus
1.	1,4	1,0	0,5	0,4		2,37	8,0
2.	1,6	1,0	0,2	0,2	félnemes	2,47	8,1
3.	1,2	1,0	0,5	0,2		2,2	8,06
4.	1,4	1,2	0,6	0,8		9,5	20,8
5.	1,4	1,2	0,8	0,8		8,46	15,9
6.	Kereskedelmi Durál					6,0	13,0
7.	Kereskedelmi Antikorródál					3,7	8,0



1. ábra.

set növekszik. Üzemi előírásnak tehát a nagy-szilárdságú Al-Mg-Si ötvözet lágyítására 350—370° C-on 4 órán át tartó izzítás tekinthető.

c) Korrózió

A korróziós tulajdonságok megállapítására összehasonlító vizsgálatot végeztünk. A vizsgálat a termikus és volumetrikus Mylius szám megállapítására terjedt ki, összehasonlítva a durál és kereskedelmi antikorródál hasonló értékeivel. Az alábbi táblázatban található ötvözetek nemcsak az iparban bevezetendő ötvözeteket tartalmazza, hanem azokat az ötvözeteket is, amelyeket laboratóriumi kísérletek során előzőleg már mechanikai tulajdonságok szempontjából is megvizsgáltunk.

Amint a táblázat adataiból látható, az aláhúzott ötvözet típus és a hozzá közelálló összetételűek a kereskedelmi antikorródállal korrózióállóság szempontjából egyenrangúak. A kurzív számokkal szedett ötvözet ipari bevezetésre került. Megfigyelhető az is, hogy a vastartalom 0,6% feletti értékeinél a korrózióérzékenység nagyobb mint a kereskedelmi durálé és ezt az előnytelen tulajdonságot még mangán adagolással sem lehet olyan erős mértékben javítani, hogy a durálnál jobb legyen (l. 4., 5. ötvözetet). Igen indokolt tehát az a követelmény, hogy a vastartalom korrózióállóság és nyúláscsökkentő hatása miatt ez ötvözet típusnál nem haladhatja meg a 0,4%-ot.

d) Mélyhúzóhatóság

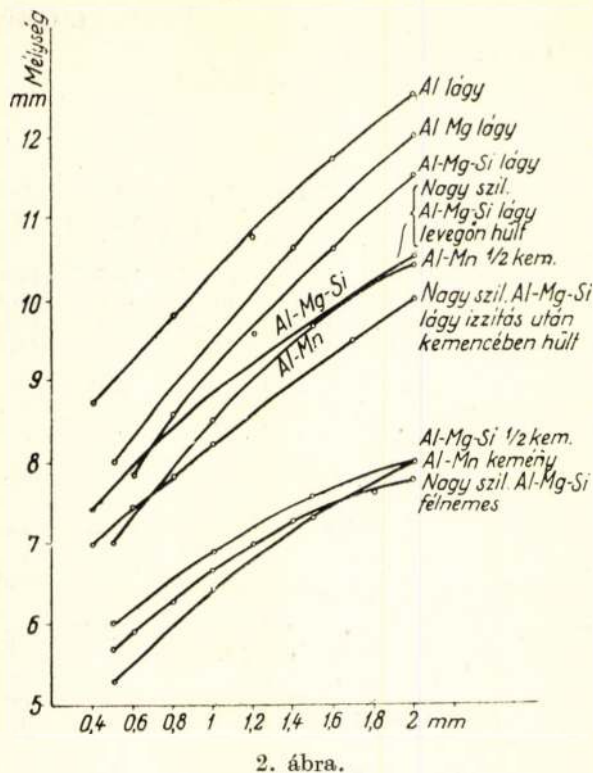
Mélyhúzóhatóság szempontjából két állapotú anyagot vizsgáltam meg.

1. lágy (350° C-on 4 órán át izzítva, levegőn hűtve, illetve kemencével együtt hűtve),

2. félnemes (550° C-ról vízben edzve és 20° C-on elfektetve).

Az Erichsen-számot mindkét állapotból 0,4 mm-től 2 mm vastagságig 0,2 mm-es lépésekben állapítottuk meg. Összehasonlítás céljából diagrammra felrajzoltuk a lágy alumínium, lágy, félkemény, kemény AlMn, lágy, félkemény kereskedelmi antikorródál hasonló görbéit. (2. sz. diagramm.)

Amint a 2. sz. diagrammból látható, a nagy-szilárdságú Al-Mg-Si ötvözet mélyhúzóhatósága lágy állapotban rosszabb, mint a kereskedelmi antikorródálé, főleg a nagyobb vastagságoknál. Érdekes megfigyelni, hogy a kemencében hűtött



2. ábra.

anyag görbéje mélyebben fekszik, mint a levegőn hűtötté.

Általánosságban elmondható, hogy a nagyszilárdságú Al-Mg-Si ötvözet lágy állapotban a félkemény Al-Mn ötvözettel egyenrangú mélyhúzóhatóság szempontjából. A félneemes állapotú anyag igen kevéssel rosszabb, mint a félkemény normál antikorródál és valamivel jobb, mint az Al-Mn ötvözet kemény állapotban.

A mélyhúzóhatóság érdekében összehasonlító próbákat is végeztünk (Gillery rendszerű mélyhúzó gépen). A kiindulás minden anyagnál két különböző átmérőjű (\varnothing 55 mm, \varnothing 64 mm) körlepből történt, amelyekből 33 mm belső \varnothing -jú csészéket húztunk (I. lépés). Ezeket azután 33 mm-ről 26 mm belső \varnothing -jú csészékké húztuk (II. lépés). A vizsgálat tárgya 1 mm-es lágy állapotú lemez volt. Az eredményeket a 6. táblázat mutatja.

6. táblázat

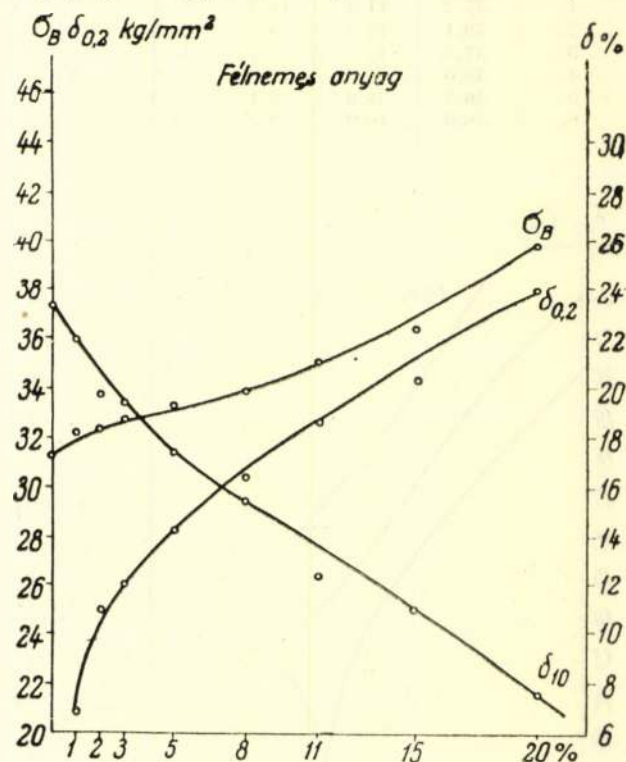
Ötvözet jele	Erőltetés szám	\varnothing 55 esetén erőszükséglet		\varnothing 64 esetén erőszükséglet	
		I. lépés	II. lépés	I. lépés	II. lépés
Al-Mn	9,4	480 kg	550 kg	825 kg	605 kg
Nagy. szil. Al-Mg-Si ..	8,0	700	850	1,200	900
Antikorródál .	9,07	634	756	1,170	775
Al-Cu-Mg	8,3	2,00	1,700	nem húzható	

Amint a táblázat eredményei mutatják, a nagyszilárdságú Al-Mg-Si ötvözet húzásához valamivel nagyobb erő szükséges, mint a kereske-

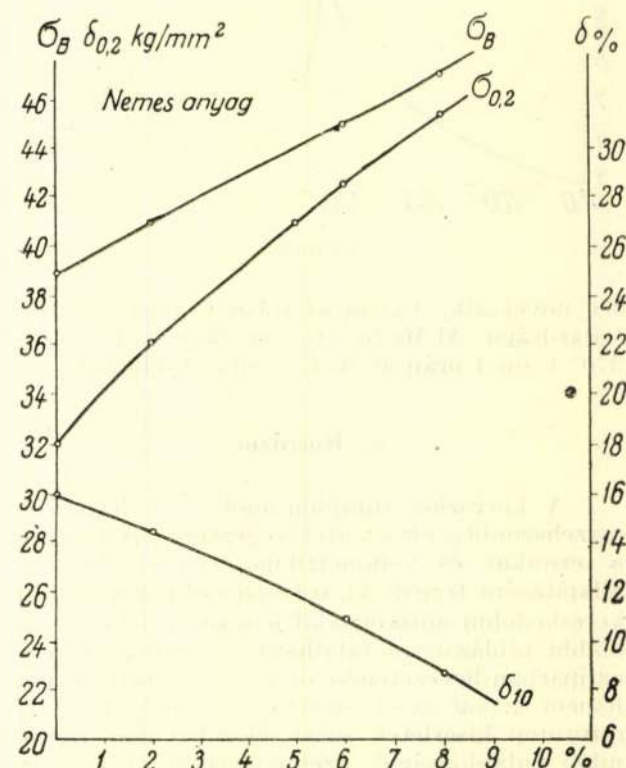
delmi antikorródáléhoz, azonban lényegesen jobban és könnyebben alakítható, mint az AlCuMg ötvözet.

e) Utánhengerelhetőség

Minden nemesíthető alumíniumötvözetnél szabványszerűen szerepel az úgynevezett nemesített és hidegen alakított állapot. Ez állapotú anyag igen nagy szilárdsági értékeket mutat, vál-



3. ábra.



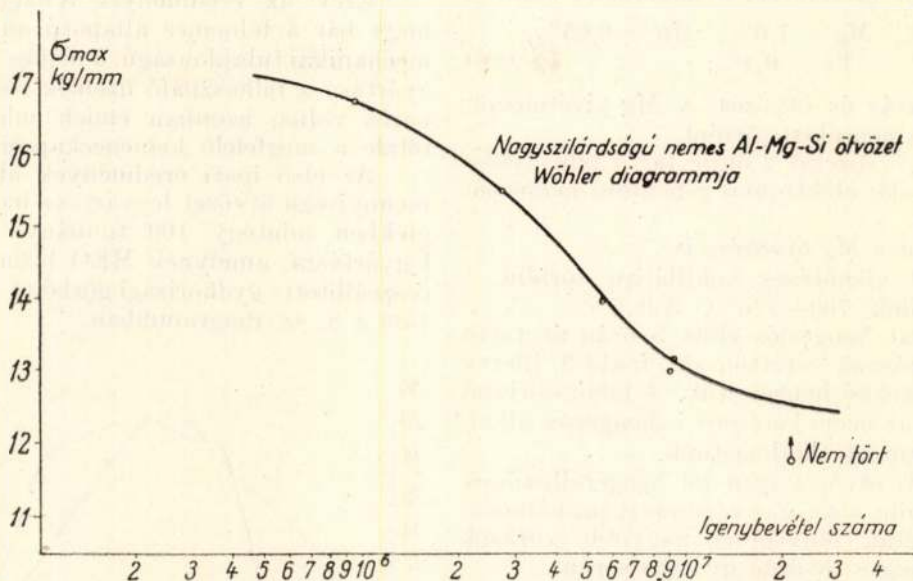
4. ábra.

tozó nyúlás mellett, a nemesítést követő hideg alakítás mértékétől függően. Nem érdektelen tehát, hogy a nagyszilárdságú Al-Mg-Si típusú ötvözet hasonló tulajdonságait megvizsgáljuk. A gyakorlattól eltérőleg nemcsak a nemes, hanem a félnemes anyagot is vizsgálat alá vettük. Ennek célja az volt, hogy olyan anyagot állítsunk elő, amely kb. $\sigma_B = 33 \text{ kg/mm}^2$ szilárdságú, azonban

gramm, az ötvözetre jellemző Goodmann-féle biztonsági területet $2,10^6$ és $50,10^6$ igénybevételre a 6. sz. diagram mutatja.

g) Hegeszthetőség

Hegeszthetőség szempontjából nincs még minden részletre kiterjedő vizsgálati eredményünk,



5. ábra.

még nyúlása mindig elég nagy $\delta_{10} = 14-16\%$. Ezzel sikerülne bizonyos felhasználási területeknél a félgyártmány előállító ipar kapacitását növelni, mert ez állapotú anyagnál elmarad a 150°C -os mesterséges öregbítés. Értékesek lehetnek ezek az adatok olyan esetben is, amikor a készáru gyártás során kap az anyag hidegalakítást. Az utánhengelrés (dresszírozás) mértékét 20% határig lépcsőzetesen végeztük el. Eredményeinket a 3-4. sz. diagramban foglaltuk össze.

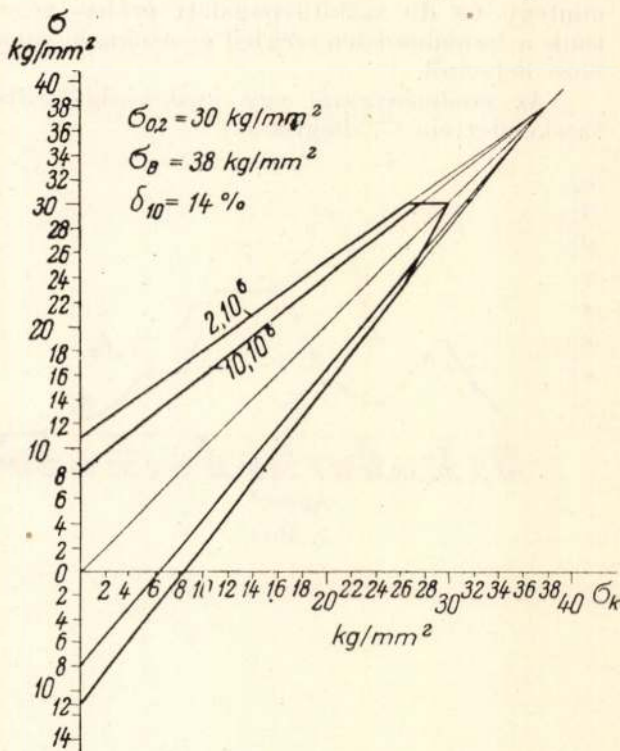
Amint látható, kielégítő nyúlási értékekkel utánhengelréssel igen szép szilárdsági értékeket sikerült biztosítani. Megállapítható, hogy szerkezeti célokra a 8% -os hidegalakítású félnemes anyag felel meg a legjobban, mert szilárdsága $\sigma_B = 34 \text{ kg/mm}^2$, folyáshatár 30 kg/mm^2 , nyúlása 15% .

f) Nemes állapotú nagyszilárdságú Al-Mg-Si típusú ötvözet kifáradási határa

A kifáradási határ vizsgálatára az iparban gyártott és a Fémipari Kutató Intézetben hőkezelt anyagot használtunk. A vizsgált ötvözet mechanikai tulajdonságai a következők voltak: $\sigma_{0,2} = 30 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_B = 38 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_{10} = 14\%$.

A vizsgálat egy Amsler gyártmányú, rádiócsöves vezérlésű fárasztógépen történt 8000 rezgés/perc igénybevételi számmal. Az igénybevétel minden esetben nulla és egy maximális feszültség között lüktető igénybevétel volt. A kísérlet adataiból szerkesztett Wöhler görbét az 5. sz. dia-

azonban az eddigi adatok szerint is megállapítható, hogy az új ötvözet hegeszthetőség szempontjából a kereskedelmi antikorrodállal egyenrangú.



6. ábra.

Nagyszilárdságú nemes Al-Mg-Si ötvözet Goodmann-féle diagrammja

b) A gyártásnál mutatkozó gyakorisági görbe, avagy találati biztonság

A Fémipari Kutató Intézetben 1951-ben kikísérletezett nagyszilárdságú Al-Mg-Si típusú ötvözzel ipari kísérletet is végeztünk. (Első ízben a Kőbányai Alumíniumhengerműben 1,5 tonnányi mennyiséggel.)

Az ötvözet összetétele a következő volt:

Si = 1,4%, Mg = 1,0%, Mn = 0,65%,
Fe = 0,4%.

Az olvasztás és ötvözés, a Mg kivételével, gáztüzelésű kemencében történt.

Utána az ötvözetet 2 óráig tartó pihentetésnek vetettük alá, elektromos pihentető kemencében.

Itt történt a Mg ötvözése is.

Az öntés vízűtéses kokillában történt.

Öntési hőfok 700—720° C volt.

A tuskókat hengerlés előtt 8 órán át tartó 510° C-os izzításnak vetettük alá, majd 3, illetve 5 mm-es lemezekké hengereltük. A laboratóriumi kísérleteknél, az üzem kérésére, a hengerlés alkalmával több szúrás alkalmaztunk.

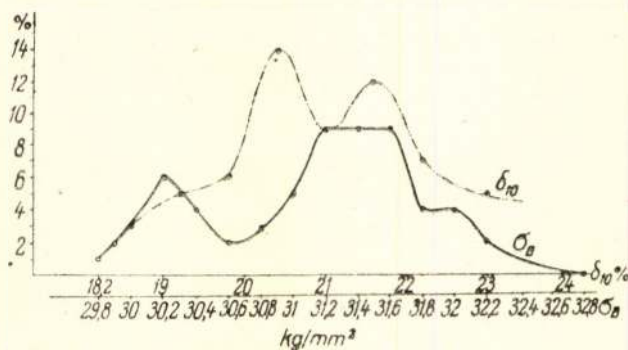
A kísérleti ötvözet igen jól hengerelhetőnek bizonyult és mint a sorozat végén tett próbálkozások bizonyították, lényegesen nagyobb szúrások engedhetők meg a további gyártás során.

Meleghengerlés után a lemezeket az előírt végméretre előzetes lágyítás nélkül hidegen hengereltük le.

A meleghengerlésnél 90%-os, a hideghengerlésnél 63%-os összfogyást alkalmaztunk.

Az előállított lemezeket ezután hőkezeltük és mintegy 60 db szakítóvizsgálati próbát végeztünk a különböző lemezekből és azoknak különböző helyeiről.

Az eredményekről egy gyakorisági görbét szerkesztettem (7. diagramm).



7. ábra.

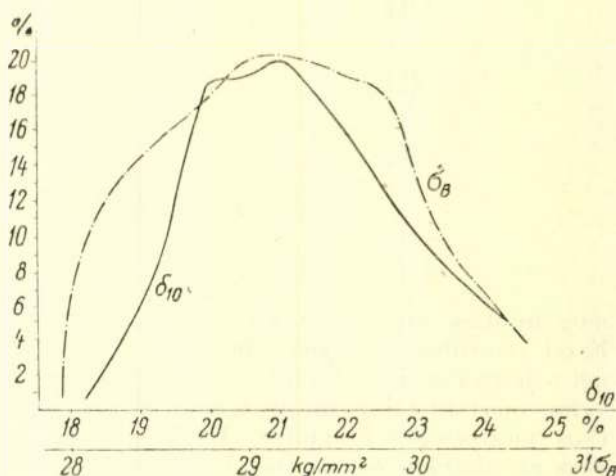
Az üzem szűkös kemencekapacitása miatt ipari értékeink csak félnemes állapotú anyagra vannak.

Ugyanezen anyagból vett próbatesteket a Fémipari Kutató Intézetben nemes állapotra hőkezeltük és a következő eredményt kaptuk:

$\sigma_{0,2} = 29 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_B = 37,6\text{—}38 \text{ kg/mm}^2$,
 $\delta_{10} = 18\text{—}19,5\%$.

Ezek az eredmények világosan mutatják, hogy bár a félnemes állapotú anyag is kedvező mechanikai tulajdonságú, a nemes állapotú anyag gyártása a felhasználó üzemek részére igen kívánatos volna, azonban ennek mindenkor előfeltétele a megfelelő kemencekapacitás.

Az első ipari eredmények alapján nagyobb mennyiségű ötvözet legyártása indult meg. Eddigiekben mintegy 100 tonnányi ötvözet került legyártásra, amelynek MEO bizonylatok alapján összeállított gyakorisági görbáját is összeállítottam a 8. sz. diagrammban.



8. ábra.

Amint látható, az új ötvözet igen nagy biztonsággal gyártható félnemes állapotban $\sigma_B = 28 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_{10} = 18\%$ alsó határok mellett.

A Fémipari Kutató Intézetben kidolgozott, a Kőbányai Alumíniumhengerműben ma már nagyüzemileg gyártott, és az Alumínium és Horganyfeldolgozó Vállalat, Vác által felhasznált új ötvözet ipari bevezetése az alumínium technológiájának javítása terén újabb lépést jelentett, mert az új anyag kedvező tulajdonságai az előállító műnek könnyebb technológiát és kemencekapacitás megtakarítást, a feldolgozó üzemnek pedig anyagmegtakarítást jelent.

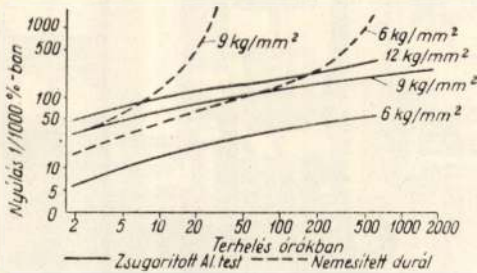
Az alumínium porkohászatának fejlődése

HALMOS GYÖRGY

II. RÉSZ.

a) Nagyszilárdságú és hőálló testek hazai előállításának vizsgálatai

A porkohászati úton készült alumínium testek jó tulajdonságainak ismeretében a Fémipari Kutató Intézetben laboratóriumi, majd üzemi kísérleteket végeztünk ennek hazai bevezetésével kap-



6. ábra. Tartósúlyos vizsgálat (29).

esolatban. A legmegfelelőbb technológiai és a leg-gazdaságosabb megoldás keresése közben a 3. ábrán ismertetett eljárást — hideg sajtolás, zsugorítás, melegsajtolás rúdsajtolás — a pikkelyes alumíniumporon kívül más kiinduló anyagra is alkalmaztuk. Az alapkísérletek természetesen pikkelyes alumíniumporral történtek.

b) Kiinduló anyag

A kísérletsorozathoz felhasznált külföldi gyártmányú alumíniumpor összetétele:

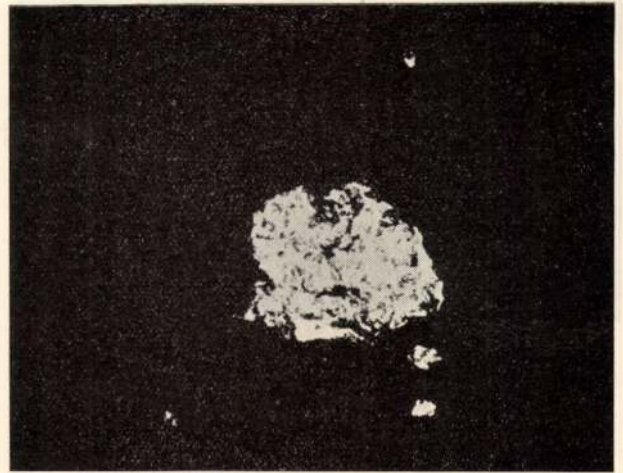
Si = 0,22%	Mn = nyom
Fe = 0,56%	Cu = nyom
Mg = 0,23%	Zn = —
	Al = többi

Szitaosztályozás eredménye:

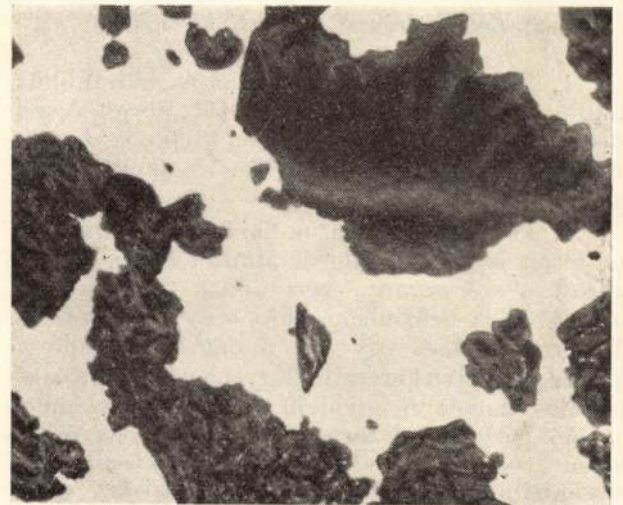
DIN	+ 40 (150 μ)	3,48%
	— 40 + 60 (150—100 μ)	6,24%
	— 60 + 80 (100— 75 μ)	10,11%
	— 80 + 100 (75— 60 μ)	0,42%
	— 100 (60— 42 μ)	38,85%
	(42— 35 μ)	9,34%
	(35 μ)	31,56%
		100,00%

A szitaosztályozás alapján megállapítható, hogy a kísérlethez használt por lényegesen durvább az előzőkben ismertetett SAP eljárásnál alkalmazotténál.

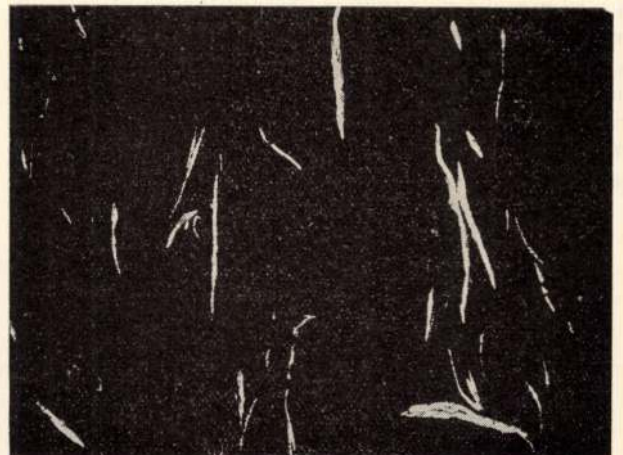
A por alakja lapos, pikkelyszerű, vagyis egyik mérete lényegesen kisebb a másik kettőnél (Blättchen pulver, flake powder). Szélessége a szitaelemzés adataiból is kiolvasható, vastagsága 0,9—1,6 μ (7, 8, 9, 10. ábra). Vastagságot bakelitba ágyazott poron, MIM 3-as mikroszkópon a Hanemann mikrokeménységmérő leolvasójával kb. 800×-os nagyításban mértem.



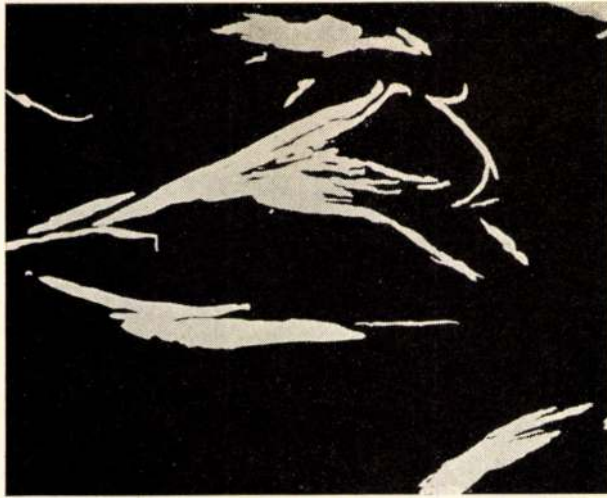
7. ábra. Pikkelyes alumíniumpor (210×)



8. ábra. Pikkelyes alumíniumpor (áteső fényben) (500×).



9. ábra. Pikkelyes alumíniumpor metszete (műanyagba ágyazva) (400×).



10. ábra. Pikkelyes alumíniumpor metszete (műanyagba ágyazva) (1500×).

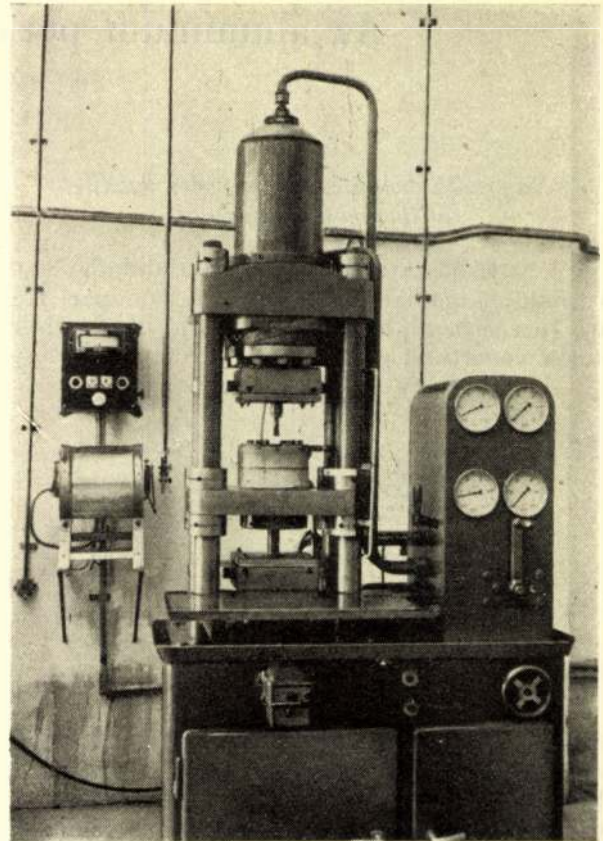
Használat előtt a port, trikloretilénben történt többszörös átmosással, zsirtalanítottuk és szárítottuk.

c) *Laboratóriumi kísérleti berendezés*

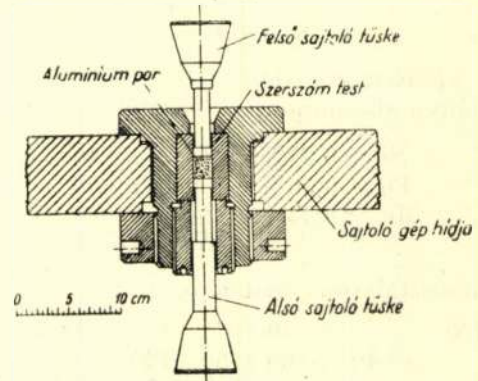
1. *Hidegsajtolás.* Sajtolást 25 t-ás, hidraulikus, kétdugattyús sajtón végeztünk (11. ábra). A gép alsó és felső dugattyúja külön-külön és együtt mozgatható. Nyomás határa 2–3% pontossággal tartható.

A port először az ú. n. „hideg szerszám”-ban sajtoltuk össze (12. ábra). Miután a por erősen tapadt a szerszámra, ezért annak falát minden sajtolás előtt benzinnel oldott stearinnal kentük. A por adagolása egy kb. 5 cm³-es adagolóval történt tölcseren keresztül. Egyengetés után az alsó és felső dugattyú egyidejű, egymással szemben haladó mozgásával történt a sajtolás. Az össze-sajtolt por (továbbiakban pogácsa) kisebb nyomásoknál kézi erővel, nagyobbaknál az egyik dugattyú kitoló mozgásával került ki a szerszám-ból. Az így kapott pogácsa kb. 18 mm átmérőjű, 6–16 mm magas, gyenge krétaszilárdságú, körömmel karcosítható. Széttörése esetén vízszintes, azaz a sajtoló erőre merőleges irányú rétegezettséget mutat (13. ábra). Nem megfelelő töltőmennyiség vagy előkészítés esetén a pogácsa erős vízszintes rétegződését, esetleg teljes szétválását lehetett tapasztalni.

Zsugorítás. A pogácsákat általában védőgáz

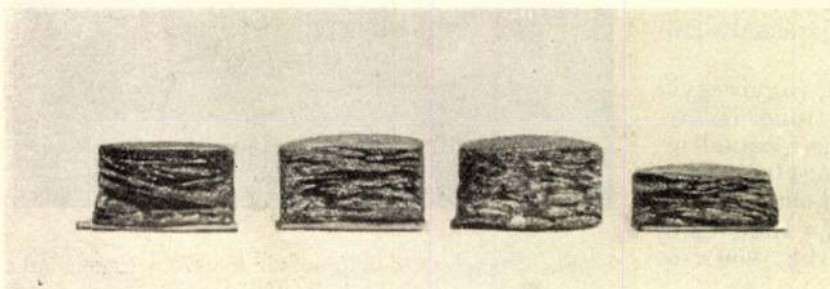


11. ábra. 25 t-ás hidraulikus sajtó.

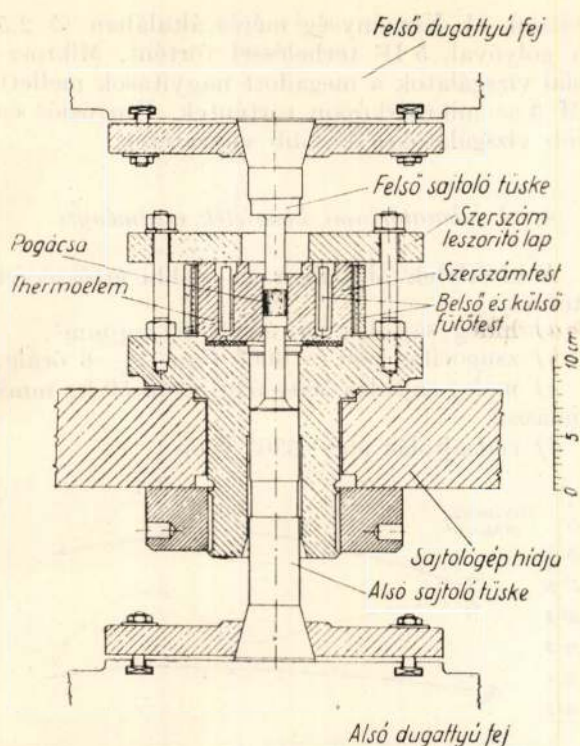


12. ábra. Hidegsajtoló szerszám.

nélkül (levegő atmoszférában), egy a kísérlethez készített csökemencében zsugorítottuk. A porceláncső átmérője 80 mm, hossza 350 mm, a zsugorítás hőfoka $\pm 20^\circ$ C ingadozással, ejtőkengyeles hőfokszabályozóval állítható be.

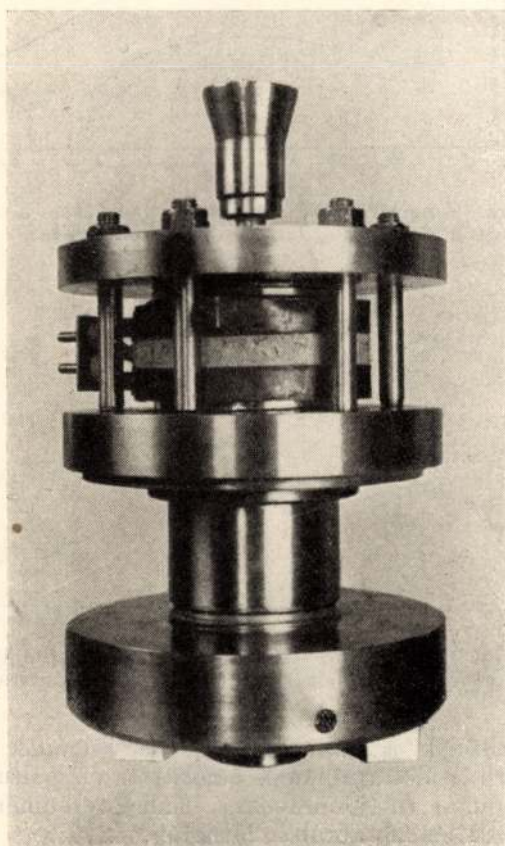


13. ábra. Kettétört pogácsán látható rétegeztség (eredeti nagyság).



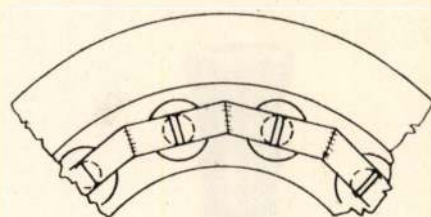
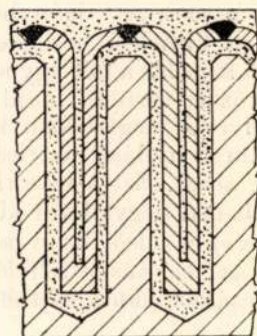
14. ábra. Melegsajtoló szerszám.

2. Melegsajtolás. Kemencéből kivett pogácsákat a „melegszerszám”-ban 500—530° C-on újra sajtoljuk, majd egy \varnothing 7 mm-es rúddá sajtoltuk. A melegsajtoló szerszám (14. ábra) belső átmérője 18,8 mm (hideg állapotban), külső átmérője 114



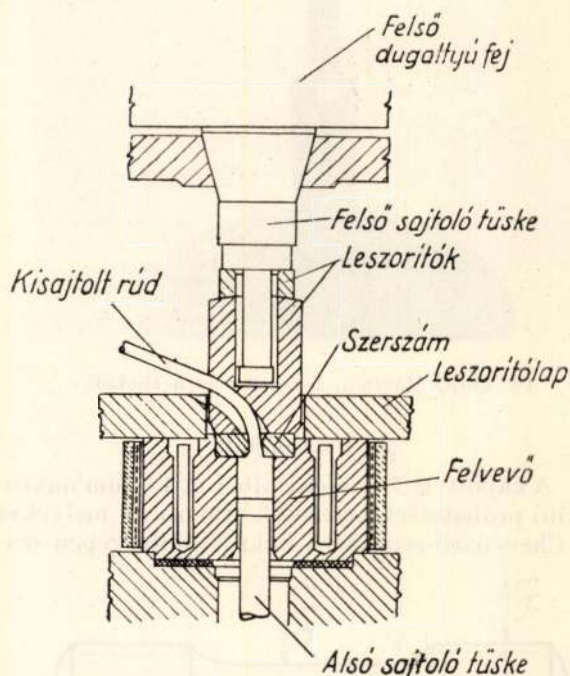
15. ábra. Melegsajtoló szerszám.

mm, magassága 60 mm. A szerszám képe a 15. ábrán látható. Fűtése három fűtőtesttel történik. A szerszám kerületén kb. 1100 W-os, a leszorító lapjában kb. 600 W-os ellenállás-fűtőtest van elhelyezve, a szerszámiban a Villamossági Központi Kutató Laboratórium által ajánlott 12 db hossz-



16. ábra. Szerszám fűtőtest elemei.

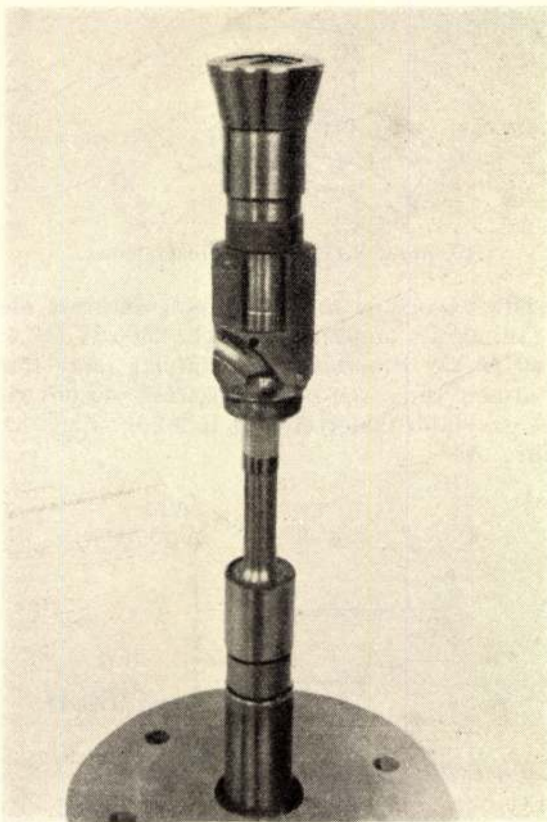
ban félbevágott és sorba kapcsolt fűtőtest elem van (16. ábra). Teljesítménye kb. 2500 W (18,5 V és 140 A). Az ismertetett, viszonylag nagy fűtési teljesítményre a rossz hőelvezetési viszonyokon kívül az alább ismertetendő indokok miatt volt szükség.



17. ábra. Rúdsajtolás a melegsajtoló szerszámmal.

Melegsajtolásnál az anyag fokozottabban hajlamos a szerszám falára történő igen erős tapadásra. Ennek elkerülésére a szerszám falát és a sajtoló túséket kolloidgrafittal kentük. Mivel

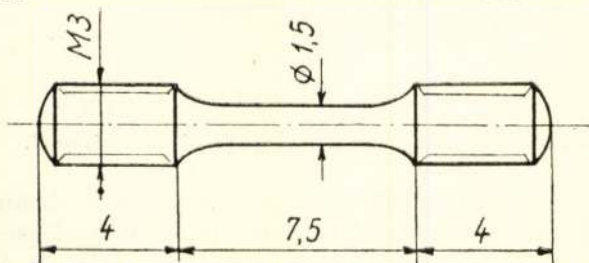
a kolloid grafit csak kb. 100—120° C-on tapad jól a fémre, ezért minden sajtolás után a szerszám belső részét sűrített levegővel, illetve vízzel a fenti hőfokra kellett lehűteni, majd kenés után ismét felfűteni a sajtolás hőfokára (500—550° C). A hűtés — kenés — felmelegítés kb. 20 percet, a sajtolás kb. 10 percet vett igénybe, így egy-egy sajtolási ciklus a kísérleti berendezésnél 30—35 percig tartott. A sajtolás a két egymással szemben dolgozó tüske között történt, majd a felső tuskét felemelve, a felvevő megfelelően kiképzett felső részében \varnothing 7 mm-es nyílású matricát (szerszámot) helyeztünk (17. ábra). Ezt a leszorító darabokkal (amiben a sajtolt rúd negyed kör kivezető nyílása is el van helyezve), a felső tüske peremével leszorítottam, majd az alsó tüske felfelé történő mozgásával a pogácsákat rúddá sajtoltuk (18. ábra).



18. ábra. Matrica, leszorító és a tüskék.

3. Vizsgálatok

A kapott \varnothing 7 mm-es rúdból \varnothing 1,5 mm mikroszakító próbatetek készültek (19. ábra), melyeket egy Chevenard-rendszerű mikroszakító gépen sza-



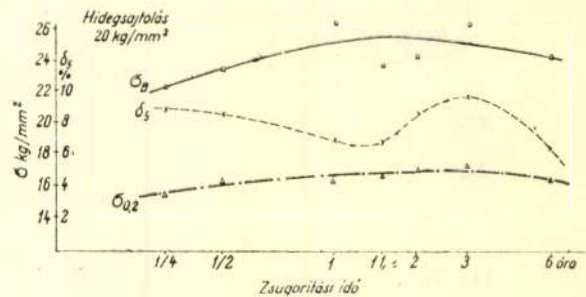
19. ábra. Szakító próbatest.

kítottunk el. Keménység mérés általában \varnothing 2,5 mm golyóval, 5 D² terheléssel történt. Mikroszkópiai vizsgálatok a megadott nagyítások mellett MIM 3-as mikroszkópon történtek. Korróziós és egyéb vizsgálatokra később visszatérek.

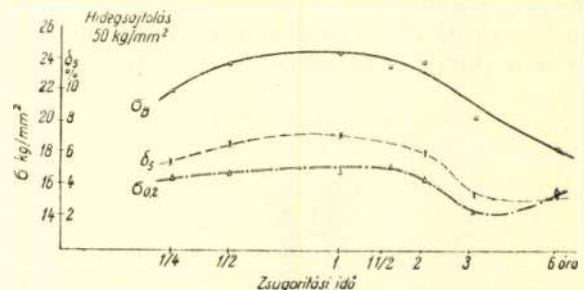
4. A laboratóriumi kísérletek eredményei

A kísérletek általában az alábbi értékekkel történtek :

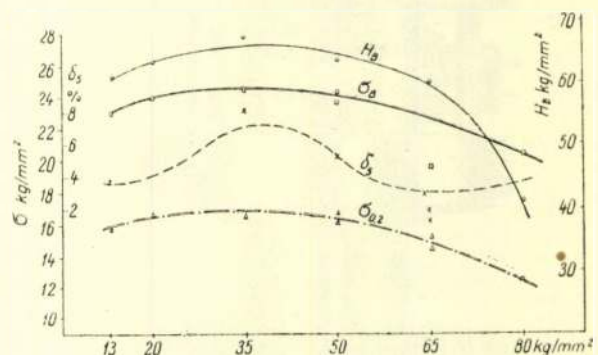
- a) hideg sajtolás 20, 35 és 50 kg/mm²,
- b) zsugorítás 500 és 600° C-on 1/4—6 óráig,
- c) meleg sajtolás 500—530° C-on 50 kg/mm² nyomással,
- d) rúdsajtolás 500—530° C-on.



20. ábra. Zsugorítás időtartamának befolyása a rúdsajtolt darabok szilárdsági tulajdonságaira



21. ábra. Zsugorítás időtartamának befolyása a rúdsajtolt darabok szilárdsági tulajdonságaira.



22. ábra. Hidegsajtoló nyomás nagyságának befolyása a rúdsajtolt darabok szilárdsági tulajdonságaira.

Elsőnek a hidegsajtolás nagyságának és zsugorítás időtartamának befolyását vizsgáltuk a mechanikai tulajdonságokra. Ennek eredményei a 20., 21. és 22. ábrában láthatók.

(Folytatjuk.)

Hírek

Kitüntetés

A pedagógus-nap alkalmából „KIVÁLÓ TANÁR” kitüntetést kapott *Avas Mihály* okl. kohómérnök, kohászati technikai igazgató (Diósgyőr).

*

Szakosztályi hírek

Egyesületünk tatabányai csoportja legutóbbi összejövetelét folyó évi május hó 19-én tartotta. Az összejövetel tárgya vita volt az alumíniumelektrolízis optimális áramsűrűségének kérdésében.

A vitán résztvettek meghívásunkra az inotai alumíniumkohótól *Parragh Viktor* és *Balázs Endre* kar-társak.

K. E.

*

J E L E N T É S

az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület MASZOBAL ajkai csoportjának 1953 I. negyedévi működéséről

A helyi csoport 1953 I. negyedévi működése egyes folytatása kívánt lenni az 1952. évben jó úton megindult működésnek. Igyekeztünk főleg a műszaki dolgozók szélesebb körét bekapcsolni az egyesületi életbe és ezáltal emelni az általános műszaki színvonalat.

1953. évi eddigi munkánkban az I. negyedévre kitűzött feladatokat nem sikerült maradéktalanul megvalósítani, de viszont más téren olyasmit is elvégeztünk, ami munkatervünkben nem szerepelt. Működésünket nagyban elősegítette a negyedév folyamán, hogy a vállalatvezetőség és az üzemi pártszervezet a helyi csoport működéséhez minden támogatást megadott.

I. Szervezés

A helyi csoport taglétszáma 36 fő, ebből tagdíjat rendszeresen 23 fő fizet. A nem fizető tagok egy részét még sikerülni fog az egyesületi élet számára megnyerni. Így az aktív létszámunk 30 főre tehető. Az üzem legjobb sztahanovistái és újítói rendezvényeinket látogatják.

II. Egyesületi élet

Mint az elmúlt évben, úgy ebben a negyedévben is a szerdai napot tartottuk egyesületi napnak. Az egyesület rendezvényei az üzemi kollektív-szerződés 73. pontjaként szerepelnek.

Az elmúlt negyedévben programunkhoz híven havonta egy előadást rendeztünk. Első előadásunk január 21-én volt. Az előadást *Jánszky Lajos* vegyész-mérnök, az Országos Műszaki Könyvtár osztályvezetője tartotta. Az előadás az Országos Műszaki Könyvtár működését ismertette. Az előadás keretében számos olyan üzemi probléma merült fel, melynek megoldásához az Országos Műszaki Könyvtár segítséget tudott nyújtani azáltal, hogy a felvetett kérdésekkel kapcsolatos bibliográfiát összeállította és az üzemnek megküldte. Az Országos Műszaki Könyvtárral a helyi csoporton keresztül azóta is a legszorosabb kapcsolatban áll az üzem. Rendszeresen külföldi szaklapokat küld csoportunknak, amit kéthetenként cserél. Az üzemünk bővítésén dolgozó cseh-szlovák szerelők részére pedig az Országos Műszaki Könyvtár és a helyi csoport közösen csehnyelvű szakkönyvtárat rendez be Ajkán. Az együttműködés keretében március 24-én az Országos Műszaki Könyvtár részéről *Palotás Mártonné* felkereste csoportunkat és főleg az egyesületi helyiségünkben lévő műszaki könyvtár fejlesztésével kapcsolatban nyújtott segítséget.

Február havi előadásunk az előadó akadályoztatása miatt március 4-re toldódott. Az előadást *Gedeon József* tartotta „Önálló elszámolás az alumíniumkohászatban” címmel. Az előadáson az üzem műszakiain kívül, az adminisztratív dolgozók is nagy számmal részt vettek. Az előadás speciálisan üzemünkre vonatkoztatott példáival nagy érdeklődést keltett és

az előadást többórás élénk vita követte. Harmadik előadásunkat március 25-én rendeztük a Magyar-Szovjet barátsági hónap keretében. Ezt az előadást az üzemi MSZT-vel közösen rendeztük. Az előadást *Gyallay Korpos Gyula*, a Tatabányai Alumíniumkohó mérnöke tartotta szovjetunióbeli tanulmányútjáról. Az előadás 51 fő vett részt.

Itt emlitem meg, hogy a MTSZ által a Magyar-Szovjet barátsági hónap keretében kiírt „Szovjet tapasztalatok elterjesztése” című pályázatra az ajkai csoport pályázatot nyújtott be. A pályázat a szovjet tapasztalatok alapján elindított alumíniumkohó áramfelhasználás csökkentéséről szólt.

Klubnapot minden szerdán tartottunk. Klubnapokon kollektíven olvastuk és megtárgyaltuk a nagyszámban érkező bel- és külföldi szaklapokat. Ezenkívül a gyárbővítéssel, valamint Ajka városá fejlődésével kapcsolatos kérdéseket vitattunk meg. A klubnapok látogatottsága kielégítő volt. Általában a tagok 70—80%-a rendszeresen látogatja a klubnapokat.

III. Külső kapcsolatok

A negyedév folyamán igyekeztünk a helyi csoport külső kapcsolatait bővíteni. A Rákosi Mátyás Műszaki Egyetem Fémkohászati tanszékével kötött szerződésünk eleven valósággá lett. A Tanszék részére a napokban fejeződik be egy 60 cm σ -jú kísérleti Dorr-üleptető berendezés. A Fémkohászati Tanszék vezetősége a negyedéves hallgatókkal közelmúltban meglátogatta üzemünket és ezzel kapcsolatban egyesületi helyiségünkben megbeszélést tartottunk a Tanszék küldöttjeivel. A megjelent utolsó éves hallgatók diplomaterveikkel kapcsolatban számos kérdést intéztek helyi csoportunk tagjaihoz és erre vonatkozólag a szerződésbe lefektetett segítséget megadtuk. A tanszék vezetőjével, *dr. Horváth Zoltán* egyetemi docenssel beszélgetést folytattunk a fémkohómérnök képzés időszerről kérdéseiről. Elsősorban arról a nem előnyös kettősségről, ami a miskolci Fémkohászati Tanszék, valamint veszprémi Elektrokémiai Tanszék között van, tekintve, hogy kapcsolatainkat az I. negyedévben a veszprémi Nehézvegyipari Egyetem Elektrokémiai tanszékével is felvettük. Ennek szükségességét a földrajzi közelség szinte diktálja helyi csoportunk számára. A tanszék vezető *dr. Lengyel Sándor* docens látogatására a napokban fog sor kerülni. A veszprémi hallgatók meglátogatták az üzemet és helyi csoportunkat. Beszámoltak egyesületi helyiségünkben arról, hogy diplomaterveiknek mi a tárgya és hogy kívánják azt megoldani. A diplomatervek nagyrésze az alumíniumkohászat legégetőbb kérdéseit öleli fel és a hallgatók kérdéseire a megfelelő gyakorlati tanácsokat megadtuk. A tanszékkel megállapodtunk abban, hogy egyes nélkülözhető laboratóriumi kísérleti berendezéseket a tanszék részére esetenként átadunk. Abban is megállapodtunk a tanszékkel, hogy szocialista szerződést fogunk kötni egymással.

Havonta rendszeresen tartandó előadásainkra igen nehéz időben előadót biztosítani. Ezen úgy kívántunk segíteni, hogy a Magyar-Szovjet Barátsági Hónap keretében levelet intéztünk a Szovjetunióba, Szerverdlovszkba, *Szergej Ivanovics Kuznyecov* egyetemi tanárnak, melyben felkértük, hogy juttassa el helyi csoportunkhoz timföld- vagy alumíniumgyártással foglalkozó értekezését, amit mi azután előadó ülésen felolvassunk és megtárgyalnánk. Levelünk egy része így hangzik:

„Itthon, Magyarországon nagy elterjedésnek örvendő országos viszonylatban a Bányászati és Kohászati Egyesület, amely itt ajkai üzemünkben is eredményes munkát fejt ki.

Ennek az egyesületnek az a célja, hogy tagjainak tudományos — műszaki színvonalát — állandóan emelje, ezzel elősegítse ennek a rendkívül fontos iparágak eredményes fejlődését hazánkban is.

Rendszeresen tartunk előadásokat, amelyek keretében megismerkedünk a Szovjetunió legújabb eredményeivel.

Hiány mutatkozik azonban éppen a timföld- és az alumíniumgyártás kérdésével foglalkozó előadásokban, azaz nem eléggé ismeretesek a Szovjetunióban legutóbb ezen iparágban elért eredmények.

Engedje meg ezért igen tisztelt Szergej Ivanovics, hogy kérésrel forduljunk Önhöz és amennyiben körülményei megengedik, legyen segítségünkre és juttasson el hozzánk egy a timföld- vagy alumíniumgyártással foglalkozó értekezést, amelyet azután Egyesületünk tagjaival megismertetünk és figyelmes áttanulmányozásra javasolunk.

Ezzel az értekezésével segítségünkre lenne a fent említett hiányosságok kiküszöbölésében és nagyban hozzájárulna a népeink között fennálló tudományos és kulturális kapcsolatok megerősítéséhez, valamint a szocializmus hazánkban folyó felépítéséhez.

IV. Hiányosságaink

A negyedévi beszámoló nem volna teljes, ha nem számolnánk be azon hiányosságainkról is, amelyeket a II. negyedévben ki kell küszöbölnünk. Ezek közül a leglényegesebb az, hogy a fiatalokat nem sikerült eléggé aktivizálni az egyesületi életre. A fiatalok alatt az egyetem padjaiból legutóbbi 1—5 évben kikerült egyesületi tagokat értem. Nekik kellene elsősorban az egyesületi életbe új színt vinni és nekik kellene a legégetőbb üzemi problémákat felvetni és azok megoldását egyesületi vonalon kérni.

Hiányosság még továbbá az, hogy munkabizottságaink nincsenek. Egyetlen munkabizottságunk, amelynek témája az alumíniumnak klórral való tisztítása, működését még nem tudta megkezdeni, mert a szükség berendezés nem érkezett meg.

Mulasztásaink közé tartozik továbbá, hogy a Veszprémi Kutató Intézetbe tervezett látogatást még mindig nem szerveztük meg, valamint a tervezett szocialista szerződést a Fémipari Kutató Intézettel nem kötöttük meg.

V. Tervünk a II. negyedévre

Április havi előadásunkat április 22-én tartottuk meg. Az előadást *Láng Jenő* MASZOBAL központi főmérnök tartotta „Alumínium és alumíniumfélgyártmány gyártás” címmel. Az előadásnak nagy sikere volt és a hallgatók létszáma elérte a 31 főt.

Május hónapban megrendezzük az éves tervünkben április hónapra tervezett kétnapos ankétot, amelynek tárgya a bauxitok minősége és timföldgyári felhasználása. Ezen ankét keretében bauxitbányászati előadást *dr. Alliquander Endre* és timföld tárgykörű előadást *Gebejügi István* fog tartani. Az előadás ünnepi megnyitóját *Bese Vilmos* miniszterhelyettes elvtárs vállalta. Az ankétot úgy tervezzük, hogy az első napon délelőtt az új halimbai bánya megtekintése a program, délután bauxitbányászati előadás, a második napon pedig az ajkai timföldgyár és építkezésének megtekintése, délután pedig timföldgyári előadás.

Június hónapban *Ligeti Aurél* tervfőmérnök előadását kívánjuk megtartani Ajka város fejlesztésével kapcsolatban és az előadás keretében a városfejlesztési terv társadalmi bírálatát kívánjuk megtartani a környékbeli üzemek bevonásával. Ezenkívül a II. negyedév folyamán régóta húzódozó kirándulásunkat kívánjuk megszervezni a Veszprémi Tudományos Kutató Intézetbe. Reméljük, hogy ezen II. negyedévi programunkat sikerülni fog maradéktalanul megvalósítani

Ajka, 1953 április 23.

Lomniczy Dezső

OLVASÓINKHOZ !

Lapunk mai száma az eddigtől eltérő esőkkentett terjedelemben jelent meg. A terjedelem esőkkentését a műszaki-tudományos egyesületek, köztük Egyesületünk vezetősége és Lapunk szerkesztőbizottsága határozta el, hogy átmenetileg ilyen módon biztosítsuk új műszaki lapok indításának lehetőségét. Az olvasó érdekeit szem előtt tartva ez átmeneti időszak alatt a cikkek nagyobb hányadát szedettjük apró betűkkel, hogy hónapról-hónapra ugyanolyan mennyiségben közöljük a legjobb magyar és külföldi műszaki irodalom időszakos termékeit, mint eddig.

A SZERKESZTŐBIZOTTSÁG

ALUMÍNIUM

Felélős szerkesztő : Vajk Péter. — Felélős kiadó : A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója

Megjelenik : 1800 pld-ban. — Szerkesztőség : VI. Rudas László-u. 45. — Telefon : 129-699.

19435/LD02 - Révai-nyomda Budapest V. Vadász-utca 16 (Felélős vezető : Nyáry Dezső)

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉMKOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

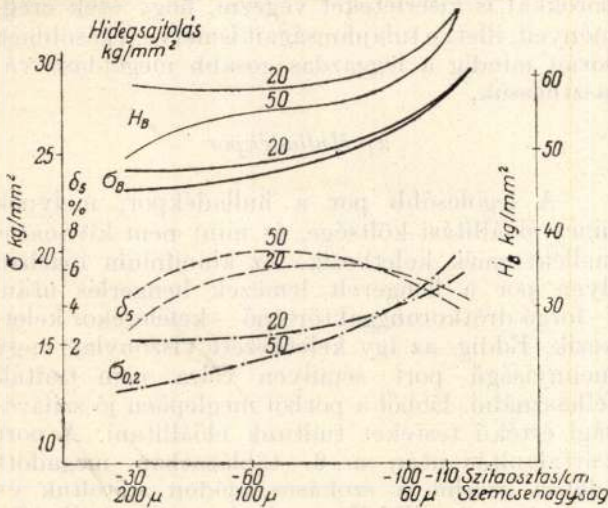
Az alumínium porkohászatának fejlődése

HALMOS GYÖRGY

III. RÉSZ.

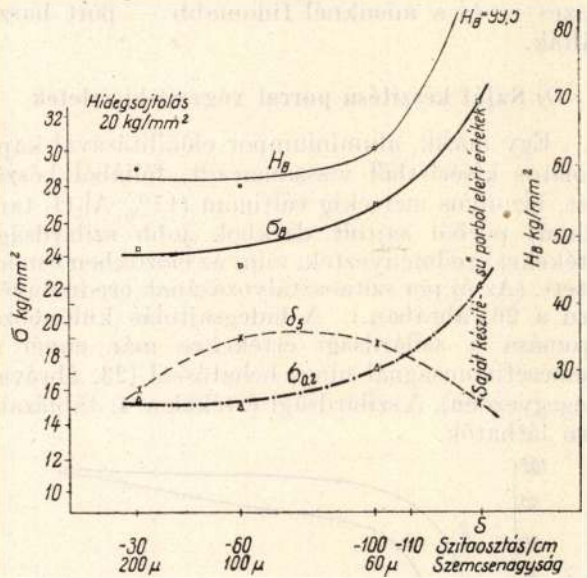
Ezekből az eredményekből arra lehetett következtetni, hogy a hidegsajtolás nagysága és a zsugorítás időtartama a kész termék mechanikai tulajdonságaira nincs lényeges hatással. Az optimális szilárdsági értékek 1—3 órás zsugorítás után jelentkeznek, tehát gazdasági okok miatt az 1 órás zsugorítás a célszerűbb. A hidegsajtolási nyomás növekedésével a szilárdsági értékek csökkennek. Ez valószínűleg azzal magyarázható, hogy a szem-

lyását. Ezek közül a szemcse nagyság és vele együtt az oxidtartalom befolyását a mechanikai tulajdonságokra a 24. és 25. ábrák mutatják.

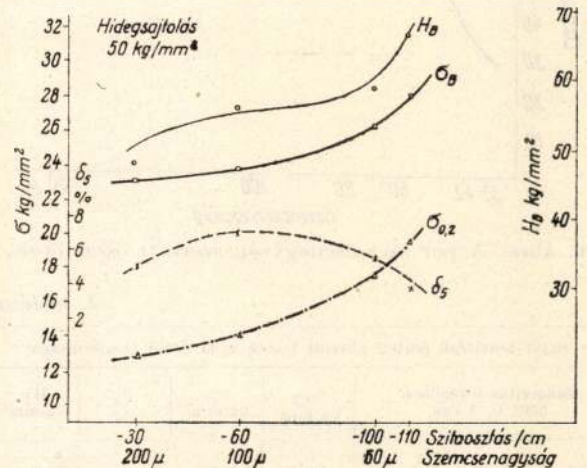


23. ábra. Hidegsajtoló nyomás befolyása a szemcse nagyság függvényében a szilárdsági tulajdonságokra.

csék közti kapcsolat elsősorban a sajtoláskor jön létre — főképpen a melegsajtoláskor — amikor a porszemcsét borító oxidhártya főlzakadozik és a fémes érintkezés lehetővé válik. A nagyobb nyomással, hidegen, sajtolt pogácsák melegsajtolásánál kisebb a tömörülési lehetőség, kisebb a szemcsék egymáshoz viszonyított elmozdulása, tehát kisebb az oxidhártya főlzakadozása és így gyengébb a szemcsék közti fémes kapcsolat. A hidegsajtolás okozta szilárdság különbség a szemcse finomodásával egyre csökken (23. ábra). A sajtolás alsó határát természetesen a kapott pogácsa szilárdsága és kezelhetősége korlátozza. A továbbiak során általában 550° C-on 1 óra hosszát zsugorítva vizsgáltam a többi tényező befo-



24. ábra. Szemcse nagyság befolyása a szilárdsági tulajdonságokra.

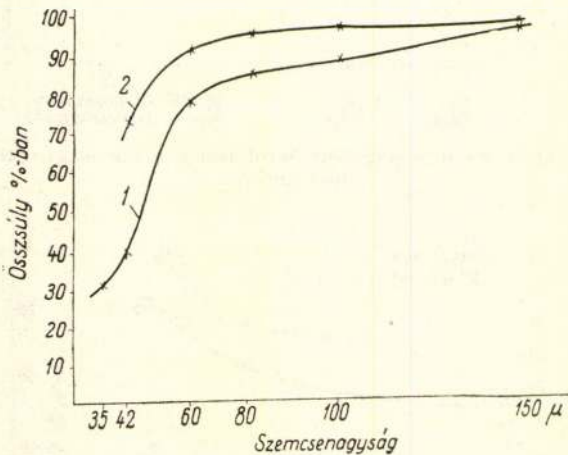


25. ábra. Szemcse nagyság befolyása a szilárdsági tulajdonságokra.

Az irodalmi adatokkal megegyezően a szemcsenagyság csökkenésével (vagyis az oxidtartalom növekedésével) a szilárdsági értékek javulnak. A kapott σ_B , $\sigma_{0,2}$ és δ értékek általában 4 egységgel (kg/mm^2 illetve %), a keménység 20 egységgel kisebbek, mint az irodalomban adott, azonos szitaosztálynak megfelelő értékek. Ez azzal magyarázható, hogy a külföldi kísérletekhez használt por lényegesen finomabb volt. Ez — bár szemcseosztályozás eredményét nem ismertették — az általunk vizsgált szemcsenagyság-területet is megjelöltem. Így kitűnik, hogy a legjobb értékeket adó, nagyfinomságú, szitával már nem osztályozható porokkal — mivel ez gazdasági szempontok miatt úgysem jöhet számításba — nem kísérleteztünk. Azonos szemcsenagyságnál az irodalomban adott értéknél főképpen azért kaptam kisebbeket, mert a kísérleteknél egy-egy szitaosztály porával kísérleteztünk, pl. DIN — 60 + 100, vagyis a 60-as szitán még áthullott, de a 100-as szitán áthullott por már nincs benne, míg a külföldi kísérleteknél valószínűleg egy szitaméreten áthulló összes — és a mienknél finomabb — port használtak.

D) Saját készítésű porral végzett kísérletek

Egy másik, alumíniumpor előállításával kapcsolatos kísérletből visszamaradt, fóliából készített, bizonyos mértékig túlfinom (17% Al_2O_3 tartalmú) porból sajtolt darabok jobb szilárdsági értékeket eredményeztek, mint az előzőkben ismertetett. (Az új por szitaosztályozásának eredményét lásd a 26. ábrában.) A hidegsajtolás különböző nyomása a szilárdsági értékekre már ennél a szemcsefinomságnál nincs behatással (23. ábrával megegyezően). A szilárdsági értékek a 4. táblázatban láthatók.



26. ábra. A por szemcsenagyság szerinti összetétele.

4. táblázat

Saját készítésű porból készült testek szilárdsági tulajdonságai					
Zsugorítás levegőben 550° C, 1 óra	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_5 %	H_B kg/mm ²	
Hidegsajtolás 20 ...	20,2	30,0	3,8	80,8	
kg/mm ² 50 ...	20,3	30,2	4,4	70,4	

Az 50—50% előző kísérletekhez használt régebbi és saját készítésű porkeverékből előállított próbatestek szilárdságilag a régebbi értékekkel közel megegyezők (5. táblázat).

5. táblázat

Előző kísérletekhez használt és saját készítésű por 50—50%-os keverékből készült testek szilárdsági tulajdonságai					
Zsugorítás levegőben 600° C, 2 ill. 1 óra	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_5 %	H_B kg/mm ²	
Hidegsajtolás 20	16,7	24,4	3,7	68,3	
kg/mm ² 50	18,2	25,9	5,7	67,3	

A saját készítésű porból nem történt rendszeres vizsgálat, ezért az egyes tényezők befolyása nem ütközik ki világosan. Kitűnik azonban, hogy a nagyobb szemcsefinomság miatt azonos előállítási feltételek között, a szilárdsági értékek jobbak, mint a régi, viszonylag durvább porból készült testeknél tapasztaltak.

E) Egyéb porokkal végzett kísérletek

A kísérletekhez használt pikkelyes, lapos por aránylag drága. Ezért célszerűnek látszott más porokkal is kísérleteket végezni, hogy ezek eredményeit, illetve tulajdonságait ismerve, a későbbiek során mindig a leggazdaságosabb megoldást válasszthassuk.

a) Hulladékpor

A legolcsóbb por a hulladékpor, melynek nincs előállítási költsége, és mint nem kívánatos melléktermék keletkezik. Az alumínium iparban ilyen por a hengerelt lemezek hengerlés utáni — forgó drótkoronggal történő — kefélekör keletkezik. Eddig, az így keletkezett viszonylag nagy mennyiségű port semilyen célra nem tudták felhasználni. Ebből a porból meglepően jó szilárdsági értékű testeket tudtunk előállítani. A port zsirtalanítás után a 6. táblázatban megadott adatok szerint a szokásos módon sajtoltuk és zsugorítottuk. Ebből a szinalumínium hulladékporból elért közel 40 kg/mm^2 szakítószilárdság



27. ábra. Porlasztással készített alumíniumpor (100×).

összhangban áll a szemese finomságról mondottakkal. Ez a por az eddig használtak közül a legfinomabb, a 27. ábrán látható néhány kisebb szemcsének is csak tört része (13,6% Al_2O_3).



28. ábra. (150 x)

6. táblázat

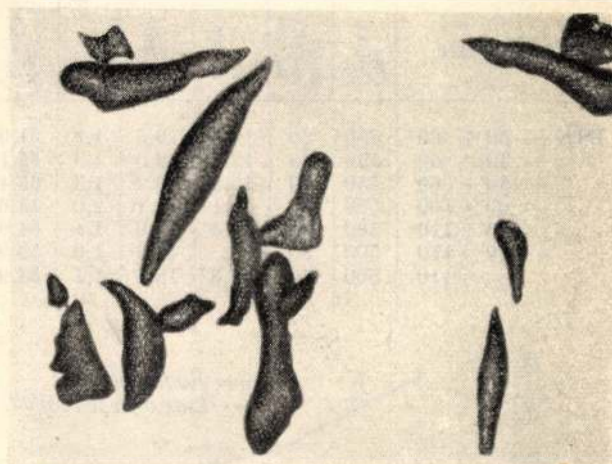
Hulladék porból készült testek szilárdsági tulajdonságai						
Hideg sajtolás	Zsugorítási		$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_5 %	H_B kg/mm ²
	hőfok C°	idő óra				
20	600	1	25,8	35,7	4,0	91,1
20	600	2	30,9	39,8	4,0	105,0
50	500	4	25,8	35,0	5,0	86,4

b) Porlasztott (atomizált) por

A porelőállítási módszerek közül a porlasztással történő gyártás a legolcsóbb. A porlasztással előállított (atomizált) por gömbölyded alakú, a szemese egyik mérete a másik kettőnek kb. 2—3-szorosa. (27. ábra). Így külalakra azonos szitaméreteknél felületre, azaz oxidtartalomra és a kész darabok szilárdsági tulajdonságaira nézve erősen eltérnek a lapos, pikkelyes portól. A használt eljárással — hidegsajtolás, zsugorítás, melegsajtolás, rúdsajtolás útján — előállított testek szilárdsági értékei többnyire az irodalomban ismertetett, más úton is elért 10 kg/mm² szakítószilárdság körül mozognak (l. 7. táblázatot). Ennek a pornak porkohászati célokra történő felhasználása nem célszerű. Már hidegsajtolásakor a szemcsék képlékeny alakváltozásuk következtében gyakorlatilag teljes térkitöltéssel megközelíti a tömör fém fajsúlyát. (Fajsúly 2,5 g/cm³, míg a pikkelyes porból készült pogácsák közepes fajsúlya hidegsajtolás után 2,3 g/cm³.) A 28. ábrán egy 50 kg/mm² nyomással

sajtolt DIN — 30 + 60 szitaosztályzatú porlasztott porból készült pogácsa csiszolata látható. A szemcsék közötti néhány hézag nem porozitás, hanem csiszolás közben kiesett szemese helye.

Zsugorítás illetve melegsajtolás után nem változik a helyzet. A szemcsék alakja csak rúdsajtolásakor változik meg lényegesebben, alakjuk megnyúlik mégpedig a sajtolt rúd közepén kevésbé, mint a széle felé. Hosszmetszetről készült felvételt mutat a 29. ábra.



29. ábra. Porlasztással készített, porból sajtolt rúd hosszmetsete (10x).

Hidegalakítással a szakítószilárdság növelhető. Erről, valamint a forgácsból és ötvözött porokból készült testekkel végzett kísérleteket a későbbiek során fogom ismertetni.

F) Csak sajtolt darabok vizsgálata

Számos alkatrész állítható elő gazdaságosabban kész alakra történő sajtolással, mint a sajtolt rúdból történő forgácsolással. Ezért vizsgálatokat végeztünk a már ismertetett technológia utolsó fázisának, a rúdsajtolásnak elhagyásával, mert így hidegsajtolás, zsugorítás és melegsajtolás útján, esetleg minden forgácsoló megmunkálás elkerülésével rögtön kész darab állítható elő. (Miatán melegsajtolás után süllyesztékben történő kovácsolással ugyanazok a mechanikai tulajdonságok érhetők el mint rúdsajtolással, azért azt nem vizsgáltuk részletesebben).

A vizsgálatok szerint a hidegsajtolás — zsugorítás — melegsajtolás útján előállított daraboknál a rúdsajtolás elhagyásának következtében a

7. táblázat

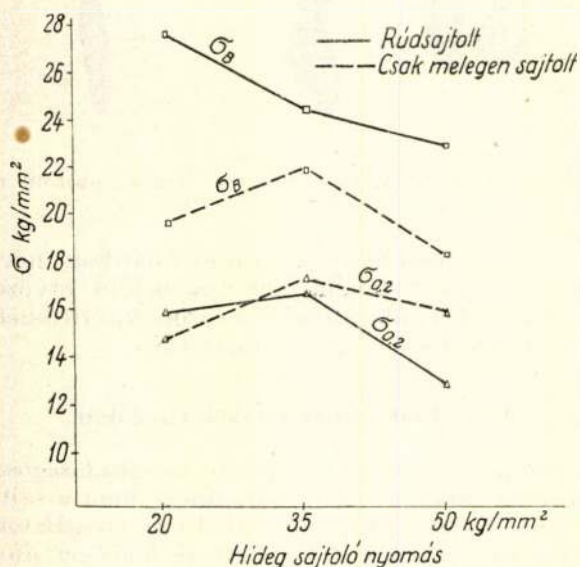
Porlasztott (atomizált) porból készült testek szilárdsági tulajdonságai							
Szemese nagyság	Hideg sajtolás kg/mm ²	Zsugorítási		$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_5 %	H_B kg/mm ²
		hőfok C°	idő óra				
DIN — 30 + 60	50	500	1	10,6	19,4	8,8	57,8
— 60 + 100	50	550	1	6,4	10,3	10	30,3
— 100	20	500	1	6,4	11,6	13,7	31,4
Vegyes, rúdsajtolás \varnothing 4 mm-re ..	50	550	1	7,0	10,8	17,6	27,9

nyúlás és szakítószilárdság általában csökken, a folyáshatár jelentéktelenül változik. Az így készült darabok általában ridegebbek és valamivel nehezebben forgácsolhatók, mint a rúdsajtolt testek. A por szemcsenagysága és a hideg sajtoló nyomás nagysága a szilárdságra nincs lényeges befolyással (VIII. táblázat).

8. táblázat

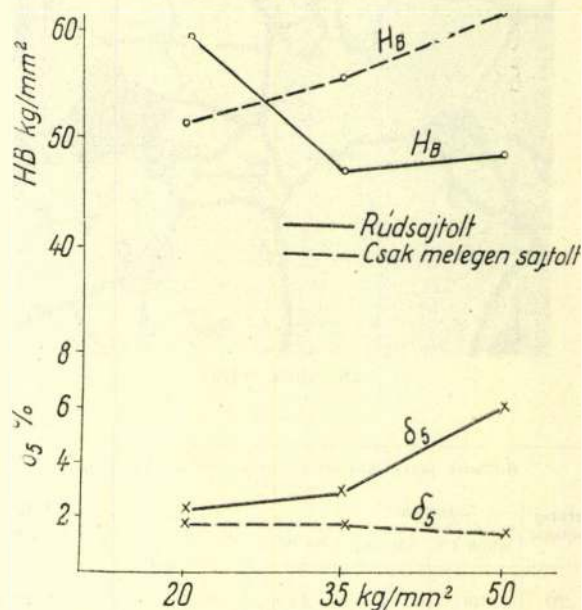
Egy óra hosszat levegőn zsugorított, melegen sajtolt testek szilárdsági tulajdonságai

Kiinduló anyag	Zsug. hőfoka °C	Hideg sajtolás kg/mm ²	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	σ_5 %	H _B kg/mm ²
DIN — 30 + 60	550	20	14,7	19,5	1,9	51,9
— 30 + 60	550	35	17,4	22,0	1,9	55,1
— 30 + 60	550	50	15,8	18,2	1,3	63,4
— 60 + 100	500	50	14,1	19,1	2,0	44,6
— 100 + 110	500	20	16,4	18,9	1,4	64,6
— 100 + 110	500	50	13,3	13,3	1,0	53,9
— 110	500	50	16,8	18,6	1,1	54,9



30. ábra. Rúdsajtolt és csak melegen sajtolt testek szilárdsági tulajdonságainak összehasonlítása (DIN-30+60 finomságú porból).

Az elért szilárdsági értékek összehasonlítása a rúdsajtolt anyagokéval a 30. ábrán látható. Mindezek alapján megállapítható, hogy nem nagy mechanikai igénybevételnek kitett hőálló alkatrészek szükség esetén rúdsajtolás, illetve kovácsolás elhagyásával is előállíthatók.



31. ábra.

G) Egyéb vizsgálatok

a) Hőállóság

Az új eljárással pikkelyes alumínium porból készült testek egyik leglényegesebb tulajdonságuk a hőállóságuk. Ennek kivizsgálása, illetve külföldi eredmények (37) ellenőrzése céljából az alábbi táblázatban (IX. táblázat) ismertetett próbatesteket 24 óráig 500° C-on argon atmoszférában izzítottunk, majd a kemencével együtt hagytuk őket lehűlni. Az izzítás előtti eredeti és izzítás utáni értékek összehasonlításából kitűnik (IX. táblázat), hogy a folyáshatár gyakorlatilag

9. táblázat

24 óráig 500° C-on lágýtott testek szilárdsági tulajdonságai

Kiinduló anyag	Hideg sajtolás kg/mm ²	Zsugorítás		Állapot	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_5 %	H _B kg/mm ²
		hőfoka °C	idő óra					
Régi pikkelyes, vegyes	20	500	3	Eredeti	17,4	26,4	9,7	63,7
				Lágýtott	16,3	22,8	6,9	54,2
Régi pikkelyes, DIN — 100 + 110	50	600	1	Eredeti	16,7	26,0	5,8	58,7
				Lágýtott	16,5	21,5	2,5	67,3
Régi pikkelyes	13	500	1	Eredeti	15,9	23,1	3,8	—
				Lágýtott	15,2	21,0	2,7	—
Hulladék Al. por	20	600		Eredeti	—	—	—	91,2
				Lágýtott	—	—	—	89,7

10. táblázat

Hidegalakítás befolyása a szilárdsági tulajdonságokra

Kiinduló anyag	Hideg sajtolás kg/mm ²	Zsugorítási		Alakítás mértéke	Állapot	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_5 %	H_B kg/mm ²
		hőfok °C	idő óra						
Régi pikkelyes por	20	500	3	25	Rúdsajtolt Hengerelt	17,4 26,4	26,4 31,3	9,7 5,24	65 74,2
Régi pikkelyes por DIN -60 +100	50	500	1	36	Rúdsajtolt Hengerelt	14,4 26,6	22,5 29,8	5,2 3,5	55,7 65,6
Saját készítésű por	20	550	1	25	Rúdsajtolt Hengerelt	20,2 22,3	30,0 33,1	3,8 3,9	80,8 94,9
Porlasztott por, DIN -60 +100	50	550	1	36	Rúdsajtolt Hengerelt	6,3 14,3	10,3 15,2	10 50	30,3 36,2

egyáltalán nem, a többi értékek is csak lényeg-
telenül változnak.

b) Szilárdság nagyobb hőmérsékleten

A zsugorított alumínium testek előnyös tulajdonságai elsősorban nagyobb hőmérsékleten mutatkoznak meg. 200—230° C felett a porkohászati testek mechanikai tulajdonságai (sztatikus szilárdság) jobbak, mint a melegszilárd alumínium-ötvözetnek használatos Al-Cu-Ni ötvözeté. Szakítószilárdság, folyáshatár és keménység a hőfok növekedésével ugyan csökkennek, azonban így is 500° C vizsgálati hőfokon többszöröse az Al-Cu-Ni ötvözetének. A nyúlás, ami a polikristallin testeknél a hőfok emelkedésével nő, a porkohászati úton készült testeknél csökken.

c) Hidegalakítás

Az \varnothing 7 mm-es rudak 2 oldalát párhuzamosra megmunkálva a X. táblázatban megadott százalékos alakításnak vetettük alá. Az alakítás a kb. 5 mm vastag lapocskáknál kb. 0,1 mm-es szúrásokkal hengerléssel történt. A hengerlést általában a berepedésig folytattuk.

A kísérlethez általában használt — a táblázatban régi pikkelyes por elnevezésű — por hidegalakításával a folyáshatár 60—70%-kal, a szakítószilárdság kb. 25%-kal, a keménység kb. 20%-kal növekedett, miközben a nyúlás 30—40%-kal csökkent. Ezekből következik, hogy a porkohászati úton előállított darabok szilárdsága — szükség esetén — utólagos hidegalakítással növelhető, illetőleg a kész darabon utólag, hidegen bizonyos mértékű alakítás végezhető.

Érdekesként a porlasztással előállított porból készült rudat is hengereltük. Ennél 36%-os alakítás esetén a folyáshatár kb. 130%-kal, szakítószilárdság majdnem 50%-kal, keménység 20%-kal növekedett, míg nyúlás a felére csökkent.

d) Hegeszthetőség

Porkohászati úton előállított testek — az irodalmi adatokkal megegyezésben — nem hegeszthetők. Argonív hegesztési próbáknál a darab a

hőhatás következtében felpúposodott, de nem ömlött meg, segédanyag nem tapadt hozzá. Olvadásponjtján erősen túlhevített alumínium, a darabon ömledék alumínium gömböcskék jelentek meg, de huzamosabb fehér izzás — szemmel történő becslés szerint kb. 1100° C — esetén sem ömlött meg és megtartotta eredeti alakját, természetesen igen kicsi szilárdság mellett. Ez a használatos alumíniumnál és alumínium-ötvözetnél tapasztaltól eltérő viselkedés, valószínűleg a viszonylag nagy és többé-kevésbé összefüggő alumíniumoxid tartalom miatt van.

e) Felületkezelhetőség

A sajtolt rudak — sőt a csak melegen sajtolt darabok is — mechanikailag szépen csiszolhatók és polirozhatók. Néhány darabot anódikusan oxidáltunk (25%-os kénsavas elektrolitben 12 V egyenárammal 15 percig). A kapott felület szürkés, rétegvastagság átlag 12 μ , átültetési feszültség 550 V. Az anódikusan oxidált felület szépen színezhető.

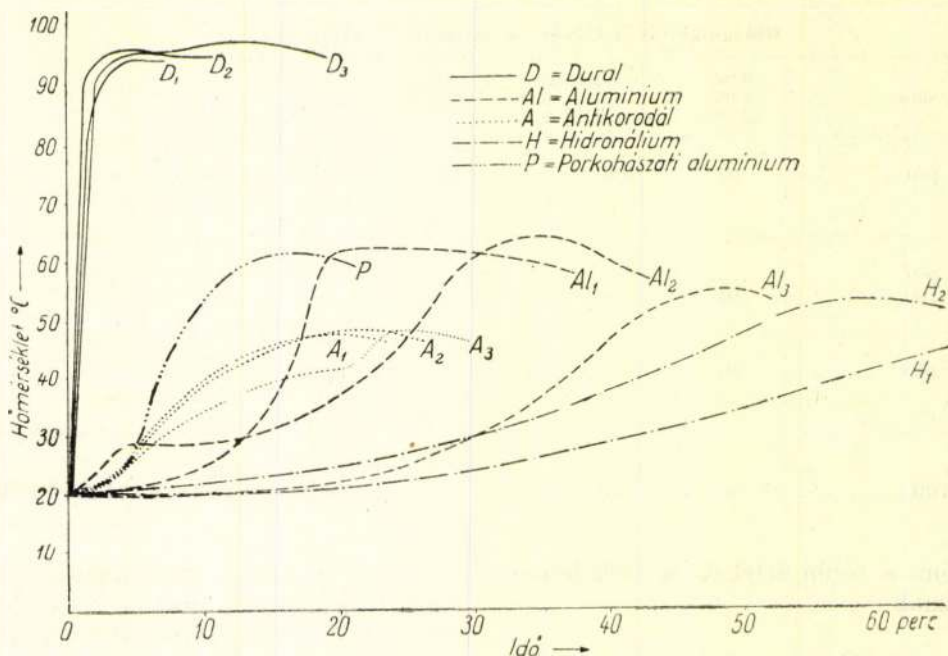
f) Forgácsolhatóság

A kapott rudakat szakítópróbatestek készítése céljából esztergályoztuk. Az itt történt megfigyelések szerint jól forgácsolható.

g) Korróziós vizsgálat

A porkohászati úton előállított testek korrózió állóságának vizsgálatára gyors, összehasonlító termikus és volumetrikus Mylius próbákat végeztünk. A mérésekhez \varnothing 6 \times 16,9 mm-es hengeres próbatesteket használtunk, melyeket 10%-os HCl oldatban vizsgáltunk. A termikus Mylius számot $R_t = \frac{\text{hőmérséklet emelkedés } ^\circ\text{C}}{\text{idő (perc)}}$ és a volu-

metrikus Mylius számok $R_v = \frac{H_2 \text{ gáz cm}^3}{\text{órák} \times \text{felület cm}^2}$ és az 50 cm³ H₂ gáz fejlődéséhez szükséges idők a XI. táblázatban láthatók, a kísérletről felvett diagramm a 32. és 33. ábrán látható.



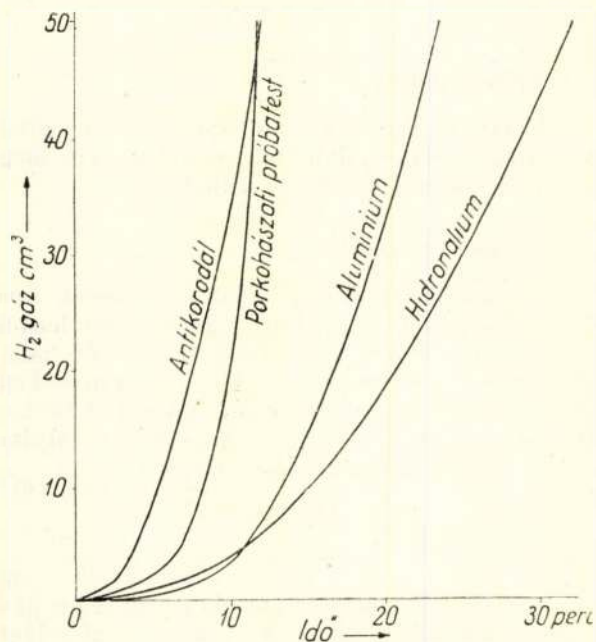
32. ábra. Termikus Mylius próba hengeres próbatestekkel 10% HCl-ben.

11. táblázat

Porkohászati úton készült testek összehasonlító termikus és volumetrikus Mylius számjai

Anyag neve	R _t	R _v	Gázfejlődés ideje
Hidronálium	0,46	2,91	32 perc
Antikorródál	1,23	7,1	13 „
Alumínium (? %) ..	1,35	3,86	24 „
Durál	13,96	192,0	0,5 „
Porkohászati úton készült test	2,53	7,27	12,7 „

Ezek szerint a porkohászati úton készült testek korrózió állósága Mylius próbával mérve a hidronáliumnál és a szinalumíniumnál valamivel



33. ábra. Volumetrikus Mylius próba 10% HCl-ben.

rosszabb, az antikorródállal közel egyenlő, a durálnál lényegesen jobb.

Korrózióállóságát részletesebben — egyéb tulajdonságai mellett — Boenisch és Wiederholt vizsgálta (32). Eredményeik szerint gyengébb hatószerekkel szemben a zsugorított alumínium (SAP) ellenállása a rendes szinalumíniuméval azonos. A képződött oxidhártya klórionokkal szemben már kevésbé véd, miáltal helyi bemaródások keletkezhetnek. Erős hatószerekkel szemben az anyag korrózióérzékenynek mutatkozik.

h) Elektromos- és hővezetőképesség, hőtágulás

A porkohászati testek elektromos-vezetőképessége az oxidtartalom növekedésével Zeerleder adatai szerint a XII. táblázat szerinti mértékben csökken.

12. táblázat

Oxidtartalom %	El. vez. képesség m/ohm × mm ²
10	25,9
13	23,1
21	18,4

13. táblázat

	Zsugorított Al testek	Szín Al 99,5 %	Nemesített Al-Cu-Mg	Nemesített Al-Cu-Ni
Melegvezetőképesség kal / cm × mp × °C	0,400	0,502	0,260	0,270
Hőtágulás cm / cm × °C 10 ⁻⁶	19,5	24,0	23,0	23,0

Melegvezetőképességük is hasonlóan változik. Elektromos- és melegvezetőképességével inkább a szinalumíniumhoz áll közelebb. Hőtágulása is kisebb, mint a szokásos alumínium ötvözeteké (XIII. táblázat).

i) Diffúzió

Seith és Löpmann szinalumíniumból zsugorított testek diffúziós tulajdonságait vizsgálták (33). Kísérleteiket úgy végezték, hogy tiszta alumíniumból és SAP-ból készült kúpos rudacs-kát egy ugyancsak kúpos furatú alumínium ötvözetből készült hengerbe illesztettek. Az Ag, Zn, Cu, Mg és Si tartalmú alumínium ötvözetek koncentrációja az alumíniumban gazdag α vegyes-kristályok közelében volt. Az ötvözők diffúziója a szinalumíniumban Beerwald által meghatározott diffúzió mértékekkel egészen jól megegyezett. Ezzel szemben a SAP-ban a diffúzió a vártnál sokkal gyorsabb volt. Ez arra enged következtetni, hogy a térfogat diffúzióin kívül szemesehatár és felület diffúzió is történik. Ezt az anyagban lévő 13% Al_2O_3 tartalommal elméletileg igazolják. Végül megemlítik a SAP és Al közti jó összehangot, ha mindkét testet anódikus oxidbevonattal látják el és az ötvöző alkatrészeknek nagy partiális diffúziós tényezőjük van.

H) Ötvözött, pikkelyes porból készült testek

A zsugorított szinalumínium testek jó szilárdsági értékeit ismerve, mindenkiben felmerülhet az a kérdés, hogy vajon ötvözők és elsősorban nemesíthető ötvözetet alkotók — a szilárdságot milyen mértékben növelik. Ilyen irányú kísérletek szerint (29) egy a szokásos Al-Cu-Mg ötvözetekével megegyező arányú szinalumínium — réz — magnéziumpor keverékéből készült zsugorított rúd sajtolt állapotban 25 kg/mm² folyási határt, 36 kg/mm² szakítószilárdságot és 110 kg/mm² Brinell keménységet mutatott. 525° C-on történő izzítás, hirtelen hűtés és 7 napos pihentetés után ezek az értékek $\sigma_{0,2} = 31$, $\sigma_B = 42$ és $H_B = 130$ kg/mm²-re emelkedtek. Meglepő, hogy a zsugorított ötvözet nemesítésével csak aránylag csekély szilárdságnövekedés érhető el. Így a zsugorított és a szokásos, alakítható nemesített ötvözetek szilárdsága közel egyforma, csupán az előbbi nyúlása csekélyebb, kb. 3% körüli. Az ötvözött anyag elektromos és hővezetőképessége kisebb, mint a szinalumíniumból zsugorítotté, továbbá a nemesített ötvözet melegítéskor éppen úgy elveszti nagyobb szilárdságát, mint az ismert ötvözött és alakított nemesített ötvözetek, így alkalmazása jelenleg nem látszik célszerűnek.

I) Forgács porkohászati úton történő feldolgozása

Eddigiekben főképpen finom szemésű porokkal foglalkoztunk. Az ötvözött — és szinalumínium — kiinduló anyag alkalmazása akkor látszik érdekesnek, amikor a szemcsenagyság növekedése során eljutunk a forgácsokig.

A forgácsoló megmunkálások során keletkezett hulladék az előzőkben már ismertetett technológia szerinti feldolgozása már nem is annyira porkohászati, mint gazdasági szempontból érdekes.

A jelenlegi forgácsfeldolgozásnál a beolvasztásnál kb. 15—20%-os leégési veszteség van, ami, a feldolgozandó hulladék forgácsmennyiségét tekintve, elég tekintélyes fémalumíniumvesztést jelent. Ezzel szemben a porkohászati úton történő feldolgozás gyakorlatilag hulladékmentes.

Elsősorban a gazdasági szempontot véve figyelembe, végeztünk néhány laboratóriumi, majd üzemi kísérletet a forgács újszerű feldolgozására. Az előzőkben már ismertetett laboratóriumi sajtolt szerszámban kereskedelmi tisztaságú alumínium nagyoló esztergaforgácsot (4 mm fogásmélység) hidegen összesajtoltuk, majd 1 órás 500° C-on történő zsugorítás és melegsajtolás (500° C, 50 kg/mm²) után rúddá sajtoltuk. A sajtolt rúdnak szilárdsági értékei a XIV. táblázatban láthatók, a kismennyiségű porral kevert alumínium forgácsból, valamint egy Al-Mg 5 tuskó hengerlés előtti hántolásából származó maróforgácsból sajtolt rúd szilárdsági értékeivel együtt. (Ez utóbbi zsugorítása vakuumban 550° C-on 1 óra hosszat tartott).

A kedvező laboratóriumi kísérleti eredmények után megkezdtük az üzemi kísérleteket.

14. táblázat

Forgácsból sajtolt testek szilárdsági tulajdonságai					
Kiinduló anyag	Hideg sajtolás kg/mm ²	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_B kg/mm ²	δ_5 %	H_B kg/mm ²
Al forgács ..	20	12,5	21,1	11,1	47,9
Al forgács ..	50	12,9	23,0	10,9	71,7
Al forgács + por ...	50	19,0	30,0	8,5	60,0
Al-Mg 5	50	12,0	21,9	10,45	—

a) Forgácsal végzett üzemi kísérletek

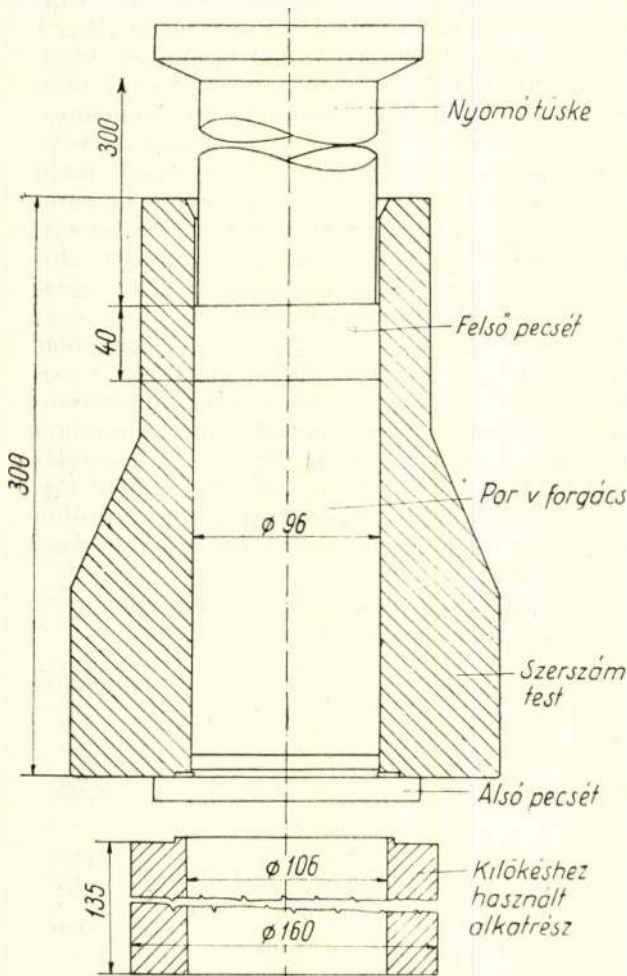
A hidegsajtolást a 34. ábrán látható 96 mm átmérőjű és 300 mm magas szerszámban végeztük a Vasipari Kutató Intézet 100 t-ás hidraulikus anyagvizsgáló gépén. Miután maximum 100 t állt rendelkezésre, így a forgácsot csak 13 kg/mm² nyomással lehetett összesajtolni.

Egy tömbből 0,14 mm előtolással és 0,5 mm fogásmélységgel forgácsolt Al-Mg-Si forgács összetétele az alábbi volt:

Fe 0,29%	Mn 0,57%
Mg 0,59%	Cu 0,02%
Si 0,95%	Al többi.

A hidegsajtolás után kapott kb. 100 mm magas tömböket, melyeknek fajsúlya 1,7 g/cm³ körüli volt, a Kőbányai Alumínium Henger-műben zsugorítottuk és sajtoltuk. Összehasonlítás céljából a forgácsoláshoz használt öntött tömböt és az egyik sajtolt forgács-tömböt 8 óra hosszat (a használatos üzemi előírásnak megfelelően), egy másik forgács tömböt 1³/₄ óra hosszat tokos

kemencében kb. 520° C-on hevítettük. A kemencéből kivett tömböket a rúdsajtoló gázzal fűtött felvevőjébe helyeztük, és a matrica felőli oldalát elzárva, 50 kg/mm² nyomással melegen összejátsajtoltuk. Ezután az elzáró tömböt kivéve, egy Ø 10 mm-es szerszámon rúddá játsajtoltuk.



34. ábra Üzemi kísérlethez használt hidegsajtoló szerszám.

Annak ellenére, hogy a hidegsajtoló nyomás 50 kg/mm² helyett 13 kg/mm² volt, a kemence a rúdsajtótól mintegy 60 méterre volt és így a tömb a felvevőbe helyezésig eltelt kb. 1 perc alatt lehűlhetett, a felvevő hőfoka 500° C helyett becslés szerint 380—400° C lehetett, mégis a kapott értékek megfelelőeknek bizonyultak.

A 8 óra hosszát hevített forgácsból készült rudat Ø 10 mm-ről hidegen Ø 9 mm-re húztuk le. Ennek a 20%-os hideg alakításon átment rúdnak, valamint a játsajtott rúdnak szilárdsági értékei a MNOSZ szabvány értékekkel együtt a XV. táblázatban találhatók.

Ezek az értékek a szokásos úton öntött és játsajtott anyag értékeihez közel állók és a szabványok előírásainak is megfelelnek. Mikroszkópon nézve az öntött és a forgács tömbből játsajtott rúd közt semmi különbség nincs, vagyis a forgács-határok a melegalakítások során eltűnnek.

A forgácsból készült rúd a szokásos módon nemesíthető. 520° C-on 3/4 órát hevített rudat vízben történő edzés után 160° C-on öregítettük. Nemesítés után a régi és új eljárással készült rúd szilárdsági értékei között gyakorlatilag nincs különbség (XVI. tábl.).

Mikroszkópi megfigyelés szerint az anyag annyira homogén, hogy fokozottabb korroziótól, mondhatnánk „forgácsközi“ korroziótól nem kell tartani. Jól forgácsolható, forgácsolás után a felület sima és fényes. Természetesen a forgácsból játsajtott rúd nem hóálló.

K) Rendes pikkelyes és hulladék alumíniumporral végzett üzemi kísérletek

Az előzők során már ismertetett szerszámmal és géppel 13 kg/mm² nyomással 96 mm átmérőjű és kb. 80—120 mm magas tömböket játsajtolunk a laboratóriumi kísérletekhez használt zsirtalanított pikkelyes alumíniumporból, valamint a lemezek keféléséből származó szintén zsirtalanított hulladék porból.

15. táblázat

Összehasonlító táblázat Al-Mg-Si ötvözet forgácsából játsajtott rudakhoz

Sajtsajtott rúd kiinduló anyaga	Hevítés ideje óra	Melegalajtsajtolás kg/mm ²	Rúdsajtsajtolás kg/mm ²	Szilárdsági értékek				
				σ_B kg/mm ²	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_5 %	H _B kg/mm ²	ψ %
MNOSZ 3752-49. Préselt Al-Mg-Si	—	—	—	13	9	10	40	—
Öntött tömb	8	—	70	17,8	11,5	26,0	58,9	71,8
Sajtsajtott forgács a)	8	50	70	17,0	9,6	22,7	48,9	52,0
Sajtsajtott forgács b)	1 3/4	50	70	15,6	10,6	25,2	52,5	68,9
a) Sajtsajtott forgácsból készült rúd 20% hidegalakítás után	—	—	—	21,1	20,9	11,4	61,4	57,8

16. táblázat

Al-Mg-Si ötvözetű anyagok nemesítés utáni szilárdsági tulajdonságai

Sajtsajtott rúd kiinduló anyaga	σ_B kg/mm ²	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	σ_5 %	H _B kg/mm ²	%
MNOSZ 3752-49 Al-Mg-Si nemesített	25,0	15	8	60	—
Öntött tömb	33,0	28,5	17,0	102,1	37,0
a) játsajtott forgács (8 órát zsug.)	32,8	30,0	17,0	100,3	41,2
b) játsajtott forgács (1 3/4 órát zsug.)	31,0	28,3	20,0	94,3	48,7

A tömböket a már említett körülmények között 520° C-on 2 óra hosszat zsugorítottuk, majd rúdsajtón 50 kg/mm² nyomással történő melegsajtolás után Ø 20 mm-es rúddá sajtoltuk. A rúdsajtónyomás pikkelyes pornál 70 kg/mm², hulladékpornál 80 kg/mm² volt. Ez a laboratóriumi értékeknél (40–50 kg/mm²) nagyobb nyomás valószínűleg a felvevő 100–120° C-kal kisebb hőfoka miatt volt.

A rudakból készült próbatesteken mért szilárdsági értékek a XVII. táblázatban láthatók.

17. táblázat

Porkohászati úton készült testek szilárdsági tulajdonságai				
Anyag	σ_B kg/mm ²	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	δ_5^* %	H_B kg/mm ²
Alumíniumpor	26,2	18,4	12,3	63,4
Hulladékpor ..	33,2	26,1	4,0	87,2

* Miután a próbatesteken számottevő kontrakció nem volt, ezért a δ_5 érték a δ_{10} -zel megegyezőnek mondható.

A hulladékporból készült rudat megpróbáltuk 20%-os hideg alakításnak alávetni, de ez kis nyúlása miatt nem sikerült, rendes pikkelyes porból sajtolt rúd viszont ezt a hideg alakítást jól bírja.

Mindkét anyagból egy-egy darabot 600° C-on 44 óráig hevítettünk. Hevítés után mérve a szakítószilárdság, folyáshatár, nyúlás és keménység gyakorlatilag nem változott, a kapott értékek a XVII. táblázatban lévő, hevítés előtti értékekkel megegyeztek. Ebből is következik, hogy mindkét kiinduló anyagból készült test hőállóknak nevezhető.

L) A nagy szilárdság elméleti magyarázata

A kereskedelmi tisztaságú alumíniumból készült zsugorított testek meglepő szilárdságát Zeerleder (29) a következőképpen magyarázza. A testek néhány tized μ vastag porszemcséből készülnek. Ezek a szemcsék a sajtolás utáni zsugorításnál egy kristályhalmazba egyesülnek, ahol az egyes részecskék az oxidhártya miatt részben elválasztva maradnak, mint azt az előzőkben már említettem. A kristallitok egyesülése és rekristallizáció még az utána következő át-sajtolásnál sem történik meg, amit röntgenogramokkal is bizonyítanak. Ezenkívül a kristallitok semmiféle rendeződése nem tapasztalható, ami arra enged következtetni, hogy a műveletek során a kristallitok széttöredeznek. Ha ugyanis egybe maradnának, a sajtolás irányában egy kristálytani (1, 1, 0) tengelyt kellene felmutatni. Ezek szerint feltételezhető, hogy a sajtolt, zsugorított test egy szabálytalan elrendezésű, apró kis kristályokból álló kristályhalmazból áll.

Ebből kiindulva, alkalmazni lehet egyes szerzők (34), különösen Bragg által kifejlesztett elméletet, mely tiszta fémek szilárdságát a kristallit elmélettel magyarázza. Eszerint egy fém

szilárdsága annál nagyobb, minél kisebbek a szabályosan felépített, hibátlan kristályelemei (kristallitjai). Minél kisebb egy kristály, annál kisebb a csúszás szabad úthossza és annál nagyobb a szilárdsága.

A 4. ábrában az egyik, 0,3 μ vastagságú porból készült test rugalmassági határa $\sigma_{0,02} = 15$ kg/mm², míg a másik, 0,5 μ vastagságúé $\sigma_{0,02} = 11$ kg/mm².

Világos, hogy a csúszás szabad úthossza a kristallitok kicsinysege következtében korlátozott. Ennek alapján kiszámítható a közölt irodalomból (34) vett képlet alapján a zsugorított test rugalmassági határa.

A képlet:

$$\sigma_E = P (\sin 45^\circ \cdot \cos 45^\circ) = \frac{2Es}{L}$$

ahol P = feszültség,
 E = rugalmassági modulus,
 s = atomtávolság a rácspan,
 L = csúszás szabad úthossza.

Ez az első porra, $\sigma_E = 2 \cdot 7000 \cdot 2,85/3000 = 13$ kg/mm², míg a kísérlet $\sigma_{0,02} = 15$ kg/mm²-et adott, a másik pornál $\sigma_E = 8$ kg/mm² jött ki a mért $\sigma_{0,02} = 11$ kg/mm² mellett. Ezek az értékek megfelelőeknek mondhatók (az elmélet észletesebb magyarázata Irmann, Zeerleder, Rohner 29. hivatkozásban említett munkájában).

Ezt az elméletet tovább fejlesztve, Rohner kidolgozta a kiválasztos nemesedés elméletét (35). Eszerint feltételezhető, hogy az erősen túltelített oldatból kiváló ötvözetreszek hézagokat hagynak hátra, amelyek a tiszta fémek kristallit határán lévő rácshibákhoz hasonlóan a csúszás szabad úthosszát csökkentik és ezáltal a szilárdságot növelik. A rácshibák okozta szilárdság növekedés a , a rácshiba f_1 harmadik gyökével arányos

$$a = c \sqrt[3]{f_1}$$

A zsugorított testek kicsiny szemcsenagysága által előidézett b szilárdság növekedéséhez egy f_2 rácshiba koncentrációt lehet mellérendelni, aminek következtében egy ugyanazon méretű b szilárdság növekedés áll elő

$$b = c \sqrt[3]{f_2}$$

Ha egy alumínium kristályban az f_1 és f_2 rácshiba koncentrációt egyesíteni tudnánk, akkor az a és b szilárdságnövekedés együttesen d szilárdság növekedést okoznak

$$d = c \sqrt[3]{f_1 + f_2}$$

ebből következik, hogy a két szilárdságnövekedés nem adódik egyszerűen össze, hanem a következők szerint:

$$d = c \sqrt[3]{f_1 + f_2} = c \sqrt[3]{\left(\frac{a}{c}\right)^3 + \left(\frac{b}{c}\right)^3} = \sqrt[3]{a^3 + b^3}$$

Ha tehát két szilárdságnövekedés egyenlő lenne, akkor a szilárdságnövekedés nem kétszeresét, hanem $\sqrt[3]{2}$ -szeresét kapjuk.

Ebből a megfontolásból érthetővé válik, hogy az előzőekben a zsugorított testek szilárdságának kiszámításánál az egyik tényező elhanyagolása mellett is megfelelő eredményekhez lehet jutni. Ugyanis az a „kristallit szilárdság növekedés” túlnyomó a b -hez képest, vagy $a > b$. Így az összes szilárdság növekedés:

$$c = \sqrt[3]{a^3 + b^3} \text{-nál a } b \text{ elhanyagolható.}$$

A zsugorított alumínium testeken végzett megfigyelések Bragg, Wood és Rohner elméleteit támasztják alá.

M) Alkalmazás

Gyakorlati alkalmazásbavétel szempontjából külön kell tárgyalni a pikkelyes, valamint a hulladék alumínium porból készült nagyszilárdságú és hőálló testeket, továbbá a forgácsból sajtolt — az öntött anyagból sajtolttal egyenértékű — de nem hőálló testeket.

a) Pikkelyes alumíniumporból készült testek

A nagyszilárdságú és hőálló zsugorított alumínium testekkel foglalkozó cikkek (29) a kis fajtsúly melletti nagyszilárdság, az ismert alumínium ötvözeteknél nagyobb melegsilárdság és azoknál 150°C -nál nagyobb olvadáspont, hőokozta maradó alakváltozás hiánya, ismételt igénybevétellel szembeni jobb ellenállóképesség, a használatos ötvözeteknél jobb hővezetőképesség, és kisebb hőtágulás stb. következtében elsősorban robbanó motorok dugattyúinak, ill. dugattyú fenéknek ajánlják. Azonban erről sem más gyakorlati alkalmazásról ezideig még nem jelent meg közlemény.

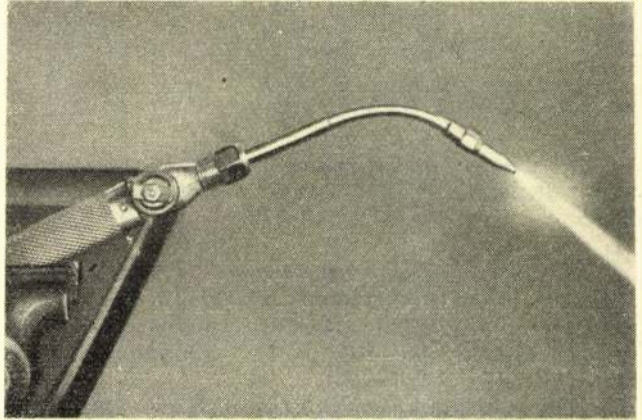
Hazai viszonylatban alumíniumpor gyártásának megindulásáig pikkelyes porból alkatrészek gyártása nem gazdaságos. Hazai alumíniumpor gyártás megindulása esetén azonban már kellő mennyiségű, olcsóbb nyersanyag állhat rendelkezésre. Ugyanis porkohászati célokra az igen finom, 10—20% Al_2O_3 tartalmú por felel meg a legjobban. Ez a nagyfinomságú és ezáltal nagy oxidtartalmú por más célokra (festés, pirotechnika) nem alkalmas. Ezért a porgyártás végső folyamatába beiktatott szélosztályozó a kis százalékban jelenlévő igen finom részecskéket leválasztva, a porkohászati célokra megfelelő mennyiségű és minőségű porszolagáltatás közben az egyéb célú felhasználásra kerülő por minőségét jelentős mértékben javíthatná.

b) Hulladék alumíniumporból készült test

A nem ötvözött alumínium lemezeket és az Al-Mg-Si lemezeket hengerlés után a rátapadt kenőanyag és oxidréteg eltávolítása céljából forgó drótkéfé sorral kefélik. A kapott port, melynek mennyisége kb. évi 1,4—1,6 t, eddig semmiféle célra felhasználni nem tudták, tárolása és elszállítása a vállalatnak költségtöbbletet jelent. Finomabb szemcséjű, mint a porkohászati kísérletekhez használt pikkelyes alumíniumpor, oxidtar-

talma 13—15%, Fe tartalma a kefe szálainak kopása miatt 0,9—1,1% körüli, egyébként a 99,5%-os alumínium összetételének felel meg.

Ebből a kiinduló anyagból hidegsajtólással, zsugorítással nagyszilárdságú ($34\text{—}36\text{ kg/mm}^2$ szakítószilárdságú) és hőálló testek előállítása már gazdaságos. Számos alkalmazási példa körül csak az argonív hegesztő kupakot és lánghegesztőpisztoly égőfejét említem meg. Ez utóbbit (35. ábra) sajtolt rúdból esztergáltuk ki és anódikusan oxidáltuk. Eddigi több hónapi használat tapasztalata szerint, a régi, rézből készült égőfejjel teljesen azonos módon használható és azzal szemben semmi hátrányt nem mutatott.



35. ábra. Porkohászati úton készült alumínium hegesztőpisztoly égőfej.

Gyártáshoz szükséges berendezés: zsirtalanító, hidegsajtó, kemence, rúdsajtó.

a) Zsirtalanító. A jelenleg keletkező hulladék alumíniumpor zsirtalanításához laboratóriumi méretű zsirtalanító elegendő. A zsirtalanítószer (pl. triklóretilén) folyamatosan visszanyerhető.

b) Hideg sajtó. Hideg sajtóláshoz bármilyen függőleges tengelyű üzemi, nem egy adott löket-hosszra korlátozott 100—400 t-ás frikciós sajtó megfelel ($\varnothing 100\text{ mm}$ -es felvevőt véve alapul). Körkeresztmetszetű szerszám elkészítése nem túl bonyolult feladat.

c) Kemence. Zsugorításhoz bármilyen üzemeinkben található hőkezelő kemence megfelel.

d) Rúdsajtó. Meleg- és rúdsajtóláshoz szintén az üzemeinkben lévő rúdsajtók megfelelőek.

c) Hulladék forgács feldolgozása

Forgácsoló megmunkálások során keletkezett hulladékból az öntött és rúdsajtolt anyagokkal egyenértékű termékek előállításához a fent említett üzemeinkben meglévő sajtó, kemence és rúdsajtó szükséges. Hidegsajtoló szerszám a hulladékpor sajtóláshoz használatos szerszámmal azonos.

A jelenlegi forgácsfeldolgozással csak másodrendű tuskók nyerhetők. Új módszer alkalmazása esetén megtakarítható:

- a) 15—20%-os forgács veszteség (leégés),
- b) fogyó anyag (0,2 kg só/kg alumínium),
- c) olvasztó kemence,
- d) pihentető kemence,
- e) kokillák,
- f) kemencék üzemeltetéséhez szükséges energia.

A rúdsajtolás előtti melegsajtolás egy gépesség használatakor is csak kis időtöbbletet jelent és esetleg el is hagyható. Üzemszerű gyártás esetén célszerű lenne a forgácsot ötvözetek szerint gyűjteni, addig is másodrendű áru (ismeretlen összetételű) termelése folyhatna. A pikkelyes alumíniumpornál szerzett tapasztalatok alapján várható, hogy a hosszabb ideje álló forgácsot borító oxidhártya nem fog zavarólag hatni, esetleg a szilárdsági értékek javulhatnak, bár hőállóságot nem biztosít. Kis súlyszázalék alumíniumpor hozzákeverésével a forgácsból sajtolt rúd szilárdsági értékei javíthatók. Ugyanezzel az eljárással a fóliahulladék és esetleg kis vastagságú lemez hulladék is feldolgozható.

Összefoglalás

Az alumínium porkohászatának első időszakában sokirányú próbálkozás ellenére sem sikerült megfelelő jó tulajdonságú, a szokásos úton előállított alumíniummal versenyképes, darabokat előállítani. Sem szinalumíniummal, sem ötvözetekkel végzett kísérletek nem zártak megfelelő eredménnyel. Lényeges haladást jelent az utóbbi években a kereskedelmi tisztaságú alumínium porból való hidegsajtolás, levegőben történő zsugorítás, melegsajtolás és rúdsajtolás útján előállított nagy-szilárdságú, hőálló test. Ennek szobahőmérsékleten az ötvözött alumíniummal megegyező, nagyobb hőmérsékleten azoknál jobb szilárdsági tulajdonságai miatt számos helyen alkalmazható lesz. A hőállóságot a szemcsék közt maradt, szét-töredezett oxidhártya szemcsenövekedést gátló hatásával magyarázzák. A kiinduló kis szemcsenagyság Bragg elmélete szerint a csúszás szabad úthosszának korlátozásával növeli a szilárdságot. Ötvözőporok hozzáadásával a szilárdság utólagos nemesítéssel csak kis mértékben növelhető, azonban az ilyen test már nem hőálló.

Hazai vonatkozásban jelenleg a lemezek hengerlés utáni kefézéséből származó hulladék-porból készíthető, szintén nagy szilárdságú (34—36 kg/mm² szakítószilárdságú) és hőálló alkatrészek gyártása jöhet számításba. Ez egyes alkalmazási helyeken már bevált.

Gazdasági szempontból érdekes a forgácsolási megmunkálások során keletkezett hulladék hidegsajtolás, zsugorítás és rúdsajtolás útján történő feldolgozása. Az ily módon sajtolt rudak szilárdsági tulajdonságai a szokásos úton öntött és rúdsajtolt anyagokéval megegyeznek. Hulladékanyag ily módon történő feldolgozása a beolvastással szemben több előnyt és megtakarítási lehetőséget nyújt.

IRODALOM

1. Greenwood H. W. : Met. Ind. 60 (1942) 77. és 112. old.
2. Trans Inst. End. and Shiphild. Scotl. 90 (1946) 101. old.
3. Wulff J. : Powder Metallurgy, Am. Soc. f. Metals, Cleveland, Ohio, 1942.
4. Katona G. : Gép I (1949) 173. old.
5. Wulff J. : Metal progr. 38 (1940) 665—68. és 720. old.
6. Ullmann : Enzyklopädie der techn. Chemie. 2. kiadás, 8. kötet, 480—81. old. Urban és Schwarzenberg kiadás Blau—Wien, 1931.
7. M. Ju. Balsin : Porkohászat, Nehézipari Könyv-és Folyóiratkiadó V. 1951., 12. old.
8. Balsin M. J. és Katrenko D. N. : Ifjúsági Technika 7—8. sz., 1945., 9. old.
9. Zscseglov : Fizikai, kémiai felfedezések útmutatója, IV. k., 2. sz., SzPB 1827. 196—198. old.
10. Szoboljevskij P. G. : Bányász újság, 1827.
11. Velesz R. : Gép 3 (1951), 203. old.
12. Mint 7., de a 16. old.
13. Kieffer u. Hotop : Pulvermetallurgie u. Sinter Werkstoffe. Springer kiad. Berlin, 1943., 172. old.
14. Sauerwald F. : Z. anorg. allg. Chem. 122 (1922) 286. old.
15. Goetzel : Treatise on powder metallurgy. Interscience Rublishers INC New-York (1950) II. kötet, 489—500. oldal.
16. 673 505. sz. német szabadalom.
17. P. P. Alexander : Metals Alloys 8 (1937) 263., 9 (1938) 45., 179.
18. P. R. Kalisher : Am. Inst. Min. Metallurg Eng., Inst. Metals Divizion 1941. Techn. Publ. Nr. 1302.
19. 16 626/1939. sz. angol bejelentés.
20. G. D. Cremer és J. J. Cordiano : Trans. Am. Inst. Mining Met. Engrs., 152 (1943) 152.
21. M. Stern : The Iron Age, ismerteti Metal Industry 79 (1951) 109. old.
22. R. L. Bickerdike : Symposium on Powder Metallurgy. The and Steel Institute, Special Report No. London, 1947., 185. old.
23. R. Kikuchi : Sci. Rep. Tohoku Univ. 26 1937., 125—141. old.
24. 525 463. sz. angol szab. 315 234., 425 251. és 488. 583. számú német szabadalom.
25. F. Sauerwald : Archiv für Metallkunde 1 (1947), 363. old.
26. E. Nachtigall : Berg u. Hüttenmännische Monatshefte Leichtmetall 93 (1948), 214. old.
27. 425 451., 425 452., 427 370. sz. német szabadalom.
28. G. Wassermann és R. Weber : Metall Wirtschaft 22 (1943), 201. old.
29. 250 118. és 259 878. sz. svájci szab.
R. Irmann, A. v. Zeerleder és F. Rohner : Festschrift M. Ros, Vogt—Schild Verlag, Solothurm (1950), 77. old.
A. v. Zeerleder : Z. Metallkunde 41 (1950) 228. old.
R. Irmann : Technische Rundschau 43 (1951) 19. és 20. szám. — Revue d'alluminium 28 (1951) 269. és 311. old.
R. Irmann : Aluminium 27 (1951) 29. old.
30. mint 7., de 215. old.
31. 14.971 sz. magyar szab.
32. E. Boenisch és W. Wiederholt : Z. Metallkunde 42 (1951), 344. old.
33. W. Seith és G. Löpmann : Z. Elektrochemie Berichte der Bunsengesellschaft für physik. Chemie 56 (1952), 379. old.
34. G. Taylor : Proc. Roy. Soc. (A) 145 (1934), 362., 388. és 405.
E. Orowan : Z. Phys. 89 (1934), 605., 614. és 634.
M. Polanyi : Z. Phys. 89 (1934), 660.
W. L. Bragg : Engineering 160 (1945), 433. és 434.
W. L. Bragg : Symposium on Internal Stesses in Metals and Alloys, Inst. of Metals (1948), 221.
35. F. Rohner : J. Inst. Metals 73 (147) 285.
36. F. Rohner : Metall Industry 81 (1952) 143.
37. R. Irmann : Metall 6 (1952), 608.

Az $Al_2O_3 - Na_2O - H_2O$ -rendszer egyensúlyi diagrammja

F. F. Wolfnak és Sz. I. Kuznyecovnak a „Zsurnal prikladnoj chimii“ 1953. évi márciusi számának 298—302. oldalán található cikke alapján összeállította:

HORVÁTH ZOLTÁN, a műszaki tudományok kandidátusa és WIEDER NÁNDOR

A Bayer-eljárás felfedezése óta több mint 50 év telt el. Ez alatt az idő alatt ezt az eljárást főleg szovjet tudósok és mérnökök rendszeres kutatással állandóan tökéletesítették. Mivel ennek az eljárásnak igen sok előnye van a többi timföldgyártó eljárással szemben, azért a Bayer-eljárás legelterjedtebb az alumíniumkohászatban.

Jóllehet ezt az eljárást már fél évszázad óta sikeresen alkalmazzák, a gyakorlatban és kutató laboratóriumokban is igen sokat foglalkoztak vele, az eljárás elmélete még sincs teljesen kidolgozva. Ennek, a timföldgyártás technológiája további fejlődését hátráltató körülménynek az oka az alumínátoldatok bonyolult, eddig még nem tisztázott szerkezete, azután a 100 C°-nál magasabb hőmérsékletű, koncentrált alumínátoldatok vizsgálatával járó igen sok nehézség.

A Bayer-eljárás elméletének kidolgozásánál talán legfontosabb az $Al_2O_3 - Na_2O - H_2O$ -rendszer egyensúlyi diagrammjának, illetve ezen egyensúlyi diagramm gyakorlati jelentőségű részének az ismerete.

Az $Al_2O_3 - H_2O$ — és az $Al_2O_3 - Na_2O$ -rendszerben előforduló vegyületek

Jelenleg az $Al_2O_3 - H_2O$ -rendszerben Haber vizsgálatai alapján két kristálytanilag eltérő sort különböztetünk meg:

γ -sor	képlet	α -sor
hidrargillit	$Al(OH)_3$	hiányzik
bayerit	$Al(OH)_3$	„
bőhmit	$AlOOH$	diaszpor
γ -timföld	Al_2O_3	korund

(A bayeritet Fricke fedezte fel 1928-ban és Wolf sorozta be.)

Az $Al_2O_3 - H_2O$ -rendszerben található vegyületek egyszerű szerkezetűek, megfelelő körülmények között átalakulhatnak egymásba. Ez az átalakulás sokkal könnyebben megy végbe a γ - vagy α -soron belül, mint valamely egyik sorban lévő vegyületnek, másik sorban található vegyületté való átalakulása. (Ez alapján az ismertetőjel alapján sorozta Wolf a bayeritet a γ -sorba.) Az $Al_2O_3 - H_2O$ -rendszerben található vegyületek sztabilitási területét Laubengayer és Weiss kutatták ki a legalaposabban. Az ő vizsgálataik szerint a hidrargillit 155 ± 5 C° alatt sztabilis. Víz jelenlétében 155 C° felett a hidrargillit átalakul bőhmitté. Wolf és Kuznyecov vizsgálatai szerint ez az átalakulási hőmérséklet lúgos közegben a lúg koncentrációjának növelésével arányosan csökken. A bőhmit vizes közegben Laubengayer és Weiss adatai szerint 280 C°-ig sztabilis. E felett

a hőmérséklet felett diaszpor magok jelenlétében a bőhmit átalakul diaszporrá.

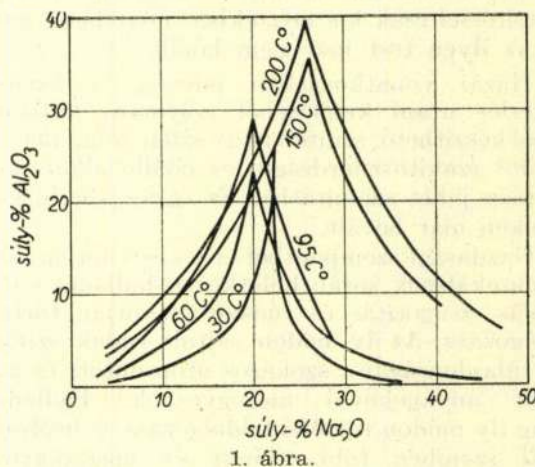
Víz jelenlétében a diaszpor 450 ± 5 C°-ig állandó. E felett a hőmérséklet felett azután átalakul korunddá.

Az Al_2O_3 metasztabilis vegyület. Ugyanez a megállapítás érvényes a bayeritre is, jóllehet Laubengayer és Weiss ennek ellenkezőjét állította. Az előzők szerint a Bayer-eljárásnál uralkodó hőmérséklet határok között az $Al_2O_3 - H_2O$ -rendszerben 150 C° alatt a hidrargillit, e felett a hőmérséklet felett pedig a bőhmit sztabilis.

Az $Al_2O_3 - Na_2O$ -rendszerben jelenlegi ismereteink szerint a nátriummetaaluminát ($NaAlO_2$) a sztabilis. Ez a vegyület alumíniumhidroxidnak vagy oxidnak szódával való hevítésekor keletkezik 500 C° felett. Tudomásunk van az $Na_2O \cdot 11Al_2O_3$ összetételű vegyület létezéséről is. Sokszor találkozunk a nátriumortoaluminát (Na_3AlO_3) nevével is. Az ebben az irányban végzett vizsgálatok azonban azt bizonyították, hogy a Bayer-eljárásnál fennálló körülmények között csak nátriummetaaluminát képződhetik.

Az $Al_2O_3 - Na_2O - H_2O$ -rendszer egyensúlyi viszonyai

Az alumíniumoxid lúgokban való oldhatóságát sok tudományos munka tárgyalja. Így pl. többek között foglalkozott vele Fricke, Iucaitis, Cirilina, Wolf és Magarsak. A felsorolt kutatók állapították meg a hidrargillit oldhatóságát 30—60—95 C°-on, a bőhmitét pedig 150 és 200 C°-on, különféle koncentrációjú lúgos oldatokban. (1. ábra.)



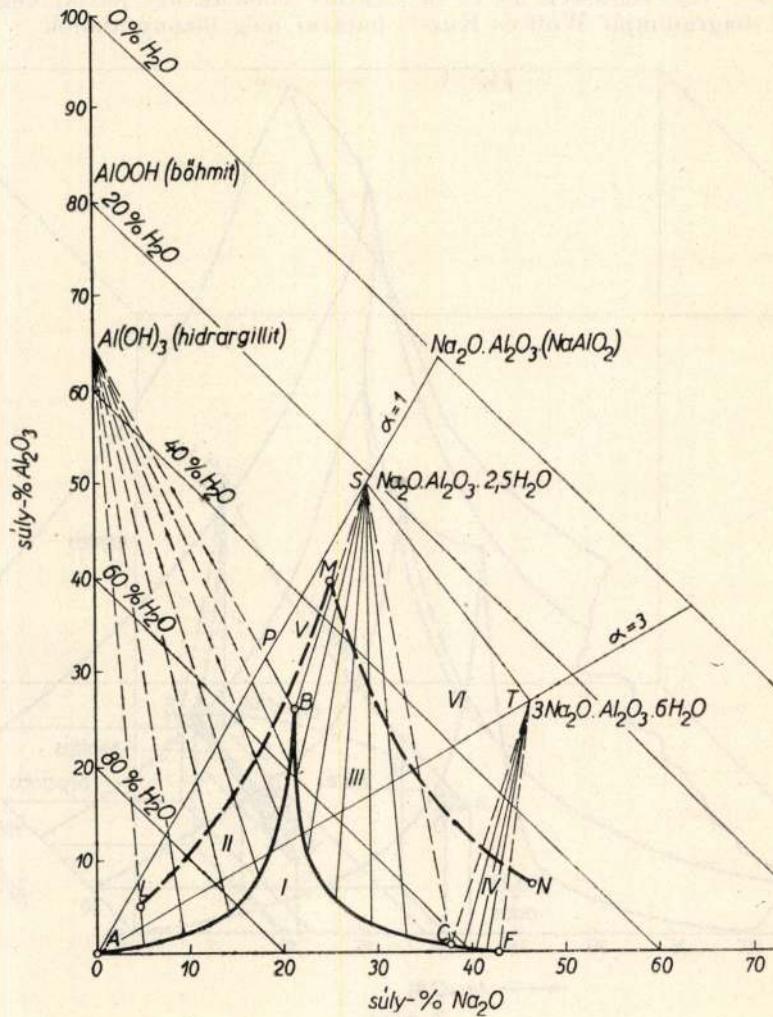
1. ábra.

A felsorolt hőmérsékletekhez tartozó izotermák két ágból állnak, melyek éles maximumban

metszik egymást. A baloldali ágak a hidrargillitnek, illetőleg a bőhmitnek különféle töménységű nátriumhidroxid-oldatban való oldhatóságát szemléltetik, a jobboldali ágak pedig a nátriumaluminátok oldhatóságának az oldószer összetételével való változását mutatják. A jobboldali izotermák egyes pontjai által jellemzett összetételű oldatokkal egyensúlyban lévő szilárd nátrium-

tartalmazó termék nyerhető. A visszamaradó 2 mól vizet $377^\circ C$ alatt légáramban történő hevítéssel nem sikerült eltávolítani.

A fentiek szerint feltételezhető, hogy a 3 nátriumos hidroaluminát komplex-vegyület ($Na_3Al(OH)_6$) és nem a nátriumortoaluminátok hidrátja. Melegítéskor ez a komplex-vegyület vizet tartalmazó nátriummetaaluminátra és nátrium-



2. ábra.

aluminátok pontos összetételét nem ismerjük. Fricke és Lucaitis azt állapították meg, hogy $30^\circ C$ -on a telített nátriumaluminátoldatokkal az $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2,5H_2O$ és a $3 Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 6 H_2O$ összetételű nátriumhidroaluminát vegyület van egyensúlyban.

A fenti megállapításnak ellene szól az a körülmény, hogy az izoterma jobboldali ágán nincsen törés, azután Wolfnak és Kuznyecovnak nem sikerült ezen a görbén a hármas pontot megtalálni.

A 3 nátriumos hidroaluminát összetételét nem lehetett pontosan meghatározni. Az elemzés egyes esetekben egy atom alumínium mellett 4 vagy még több atom nátriumot mutatott. Ennek a nátriumaluminátnak $130^\circ C$ -on száraz levegőáramban végzett víztelenítésénél 2 molekula vizet, 1 molekula Al_2O_3 és 3 molekula Na_2O -t

hidroxidra esik szét. Ezek közül a vegyületek közül a vizet tartalmazó nátriummetaaluminát ($NaAl(OH)_4$) $100^\circ C$ felett elveszti szerkezeti vizét, a nátriumhidroxid pedig magasabb hőmérsékleten nátriumoxidra és vízre bomlik. Fentebb említett komplex-vegyület létezését bizonyítja az a tény, hogy a 3 nátriumos hidroaluminát abszolút alkohollal való átmosáskor a molekulában lévő 2 nátriumatomnak az alumíniumatommal való lazább kapcsolata miatt nátriummetaalumináttá alakul át.

S valóban könnyen elképzelhető, hogy koncentrált oldatokban meg van olyan komplex-vegyületek képződésének a lehetősége, amelyekben 1 mól nátriummetaaluminát mellett több mint 2 mól nátriumhidroxid van.

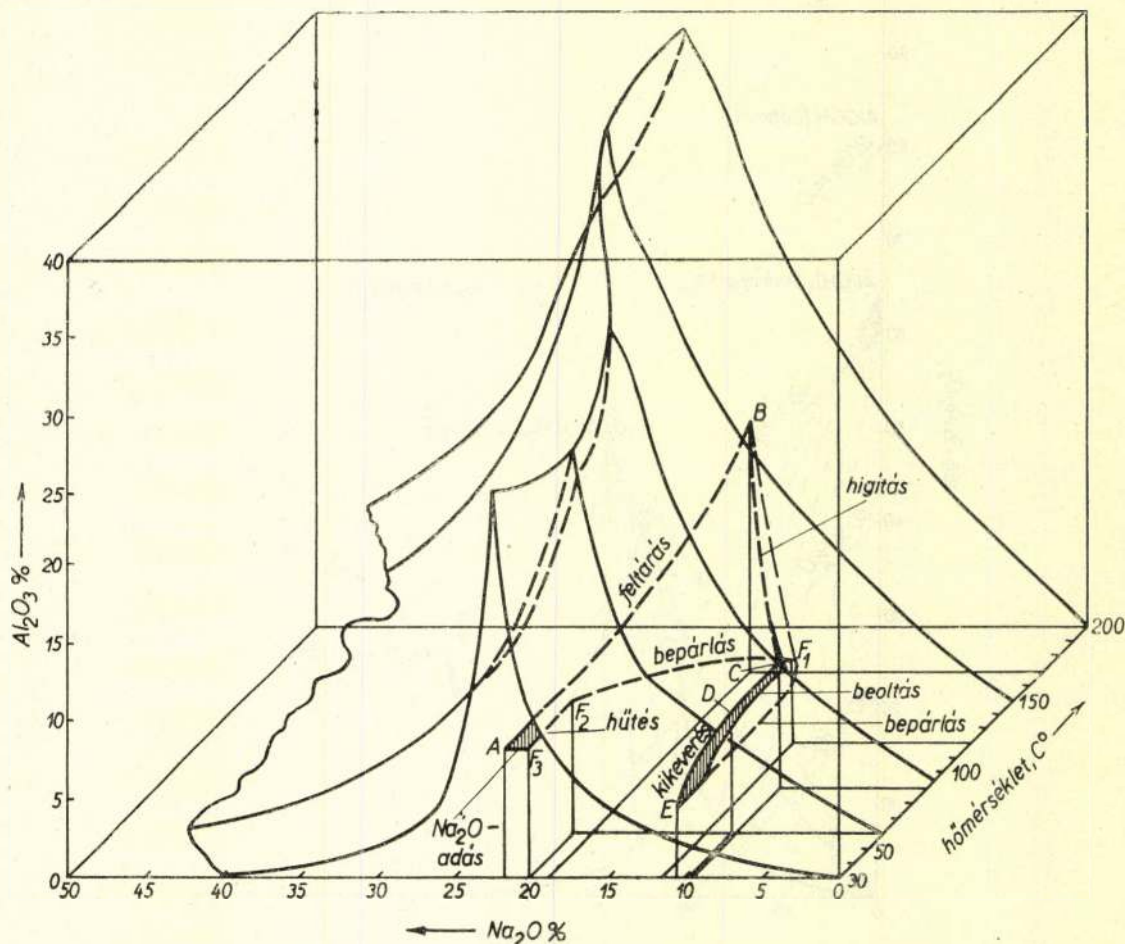
A fentebb elmondottakkal könnyen magyarázható, hogy miért nem sikerült Fricke-nek és

Iucaitisnek a 3 nátriumos hidroaluminát pontos összetételét meghatározni.

30 C°-nál magasabb hőmérsékleten a telített oldatokkal egyensúlyban lévő szilárd fázisok összetételét még nem sikerült megállapítani, azonban feltételezhető, hogy a szóbanforgó szilárd fázis vagy vizet tartalmazó nátriummetaaluminát vagy pedig komplex-vegyület.

Az $Al_2O_3 - Na_2O - H_2O$ -rendszer 30 C°-ra vonatkozó egyensúlyi diagramját Wolf és Kuz-

rendszer középpontjából kiinduló sugarak az azonos mólviszonyú oldatoknak, illetőleg vegyületeknek az összetételét szemléltetik. Az ismert összetételű kémiai vegyületeknek megfelelő pontokból kiinduló és az ABCF izoterma felé irányuló sugarak azt mutatják, hogyan változik a II., III. és IV. mezőbe eső telített oldatok összetétele bomlásuk folyamán. Az ábrán látható szaggatott vonalak azt jelzik, hogy az egyes mezők határai még bizonytalanok.



3. ábra.

nyecov szerkesztette (2. ábra). Ebben az ábrában az A—B-görbéből a hidrargillit oldhatóságát, illetőleg a hidrargillitvel egyensúlyban lévő aluminátok összetételét, a B—C-görbéből az $Na_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2,5H_2O$ összetételű nátriumhidroaluminátnak, a C—F-görbe részből pedig a $3 Na_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 6 H_2O$ összetételű nátriumhidroaluminátnak az oldhatóságát olvashatjuk le. A I. mező a telítetlen aluminátok területe. II. mező (ABPA) a hidrargillittel telített, a III. (BCSB) az $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2,5H_2O$ összetételű vegyülettel, a IV. mező (CFTC) $3 Na_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 6 H_2O$ -val, az V. mező (BSPB) pedig a hidrargillittel és az $Na_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 2,5H_2O$ -val, végül a VI. mező (CTSC) az $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2,4H_2O$ és a $3 Na_2 \cdot Al_2O_3 \cdot 6H_2O$ -val telített aluminátoldatok területe. A koordináta-rendszer tengelyeivel 45°-os szöget bezáró egyeneseken találjuk az azonos víztartalmú oldatok, illetve vegyületek összetételét. A koordináta-

A diagrammnak az egységnyi mólviszonyt ábrázoló sugárnál magasabban fekvő része irreális, ugyanis a gyakorlatban nem lehet 1-nél kisebb mólviszonyú oldatot előállítani.

A diagrammon a 200 C°-ra vonatkozó izoterma (LMN) is látható. Ennek baloldali ága (LN) a bőhmit oldhatóságának a változását mutatja az oldószerkoncentrációjának a függvényében, a jobboldali ág (MN) pedig az ismeretlen összetételű hidroaluminátokkal egyensúlyban lévő aluminátoldatok összetételét mutatja.

Abból, hogy az M pont a B ponttól jobbra esik, az következik, hogy a bőhmit nagyobb nátrium-oxid koncentrációig sztabilis, mint a hidrargillit. Az ábrából megállapíthatjuk, hogy 200 C°-on akkor kaphatunk bőhmitel egyensúlyban lévő telített nátriumoldatot, ha megfelelő mennyiségű lúgos oldatban jól oldódó hidrargillitből, bayeritből vagy aluminogélből indulunk ki. Az

MN-görbe azt mutatja, hogy a nátriumaluminátok oldhatósága jelentősen megnő, ha a hőmérsékletét 30 C° -ról 200 C° -ra emeljük.

A fázisszabály szerint az Al_2O_3 — Na_2O — H_2O -rendszer adott hőmérsékleten egy szilárd fázis jelenléte esetén monovariáns, két szilárd fázis jelenléte esetén pedig nonvariáns. A rendszer komponensei: Na_2O , Al_2O_3 , H_2O , fázisai pedig: aluminátoldat, vízgőz, hidroaluminátok és 30 — 95 C° között $AlOH_3$, 150 és 200 C° között pedig $AlOOH$. Az egyidejűleg található fázisok maximális száma 4, és ebben az esetben a rendszer a BCM pontok által meghatározott nonvariáns egyensúlyi állapotban van.

A 3. ábra ternér diagramm alakjában mutatja a nátriumaluminátoldatok sztabilitás területének a hőmérséklettel való változását. Ebbe a diagrammba az oldat összetételének és hőmérsékletének a Bayer-eljárásnál való változását feltüntető görbéket is berajzoltuk. Az autoklávba az A-pontnak megfelelő összetételű és hőmérsékletű oldattal keverve kerül a bauxit. Az itt tartózkodás ideje alatt a lúg hőmérséklete és összetétele az A. B. térbeli görbe mentén változik. A feltárás után alkalmazott higitásnál, ülepitésnél és hűtésnél az oldatban a hőmérséklettel együtt mind az Al_2O_3 , mind az Na_2O koncentráció csökken, ahogyan azt a BC-görbe mutatja. Ennek a görbének a C-ponthoz közel eső része már kinyúlik a nátriumaluminátoldatok sztabilitásának a teréből.

Éppen ezért a C-pontnak megfelelő állapot elérésekor a hidrolízisnek meg kell indulnia. Beoltáskor az oldat alumíniumoxidtartalma és hőmérséklete csökken, nátriumoxidtartalma ezzel szemben nő. Ezt mutatja a CD-görbe. Kikeverés közben az oldat állapota a DE-görbe mentén változik. Az ezután alkalmazott bepárlás során, amint az EF_1F_2 -görbe mutatja, az oldat metasztabilis állapotból a sztabilis állapotba megy át. A bepárlás után alkalmazott hűtés végén az oldat állapotát a T_3 -ponthoz tartozó koordináták adják meg. Ezután az oldatnak az autoklávba való visszavezetése előtt annyi nátriumhidroxidot kell adnunk, hogy az autoklávba adott oldat összetételét az A-pont határozza meg.

IRODALOM

- Haber : Naturw., 49, 50, 1007 (1925).
 Fricke : Z. allg. anorg. Chem., 175, 250 (1928).
 Laubengayer and Weiss : J. Am. Soc., 65, 247 (1943).
 Cooke and Haresnape, Trans : Farad. Soc., 298, 395 (1947).
 Fricke und Lucaitis : Z. allg. anorg. Chem., 191, 129 (1930).
 Fricke und Meyring : Z. allg. anorg. Chem., 214, 269 (1933).
 I. Sz. Lileev : Szb. naucsno-iszszl. rabot GIPCH, 28 (1936).
 D. Sz. Beljankin : Trudü Inszt. geologies nauk, 106, petrografics. szerija.
 Sz. M. Cirilina, : Legkie metallü.
 G. K. Magarsak : Legkie metallü.
 Maselj : Proizvodszto glinozema.
 Lucaitis : Z. allg. anorg. Chem., 220, 257 (1934).

A Bányászati és Kohászati Egyesület 1953. június 23-i választmányi ülése

A választmányi ülést Czottnér Sándor, Egyesületünk elnöke nyitotta meg.

Az elnökségben rajta kívül Selmeczi Béla, Hargitay Sándor, Lomniczy Dezső és Bocsány János főtitkár foglalt helyet. Bocsány János főtitkár beszámolójában többek között a következőket mondotta :

„Az elmúlt választmányi ülés három határozatot hozott. Az első az volt, hogy az egyesületi tagok jobb tájékoztatása érdekében mind a Bányászati, mind a Kohászati Lapok az egyesületi rendezvények következő havi programját közölné. Ezt a határozatot egyedül az öntödei szakosztály hajtotta végre, a többi szakosztály a határozatot csak részben teljesítette.

A második határozat az volt, hogy a Kohászati Lapok tagoltságának kérdését egy bizottság tárgyalja és az döntsön, hogy a jövőben a lapok külön-külön jelenjenek-e meg mint „Vaskoházat”, „Alumínium”, „Öntöde” vagy pedig egységesen maradjon.

A bizottság úgy határozott, hogy folyó évben nem változtat a lap formáján, január elsejétől azonban a Vaskoházat és Alumínium című lapok nem fognak külön-külön megjelenni, az Öntödét pedig úgy építik be a Kohászati Lapokba, hogy

azt külön is ki lehessen adni. Ez azért szükséges, mert az „Öntöde”-nek sok olyan olvasója is van, akit a koházat többi területe nem érdekel.

A harmadik határozat szerint a kohászati szakosztály vidéki munkájának megjavítása céljából a választmányi ülés felkérte Zambó Pál tagtársunkat, hogy a Lenin Kohászati Művek üzemi csoportjának munkáját segítse, mint aki igen jól ismeri, mind az üzem munkáját, mind pedig az üzem műszaki dolgozóit. Azóta Zambó elvtárs a Lenin Kohászati Művek főmérnöke lett és reméljük, hogy mint ilyen, mindent el fog követni annak érdekében, hogy az Egyesület üzemi csoportja jól működjék.

Első félévi munkatervünket a választmány elfogadta és most már ennek a munkatervnek a végrehajtása nagyobb részt a hátunk mögött van és a második félév munkatervét is nagy vonalakban már elkészítettük.

A bányászati szakosztály munkaterve széleskörű szervezési, előadás és munkabizottsági programot tartalmazott. A szakosztály munkatervében fontos helyet foglalt el a vidéki szervezés és ennek keretében az első félévre Tatabányán, Borsodban és Középdunántúlon kellett volna megszervezni a vidéki csoportokat.

A bányászati szakosztály egyik csoportot sem tudta megszervezni. Ez részben annak is tudható be, hogy az Egyesület vidéki szervezője, miután nem szívesen végezte munkáját, kérte más munkakörbe való áthelyezését, de annak is betudható, hogy az egyes trösztök vezetősége nem támogatta kellőképpen a helyi csoportok létrehozását. Így pl. Tatabányán annak ellenére, hogy azt a Megyei Pártbizottság is sürgeti, a Tatabányai Szénbányászati Tröszt még ma sem gondoskodott megfelelő helyiségről, és a már erre a célra kijelölt épületet is más célra használta fel. Ennek következményeképpen az egyesületi munkát megindítani nem tudták, habár egy-két előadást már tartottak.

Az előadás tervet a bányászati szakosztály általában teljesítette, ugyanakkor viszont a szakosztályvezetőségi üléseket nem tartották meg rendszeresen és ennek következtében a szakosztály vezetése kissé széteső volt.

Helyes kezdeményezés volt a bányászati szakosztály részéről az, hogy a Szénbányászati Igazgatóság műszaki vezetőit igyekezett a vezetésbe bevonni. Az egyik vezetőségi ülésen, amelyen a Szénbányászati Igazgatóság főmérnöke is résztvett, ígéretet kaptunk arra, hogy az Egyesület munkájához a szükséges irányelveket meg fogjuk kapni, oly értelemben, hogy felhívják figyelmünket azokra a legdöntőbb kérdésekre, amelyekre Egyesületünk rá kell irányítsa a műszakiak figyelmét. Ezt a segítséget nem kaptuk meg és ebben, mind a szakosztály, mind az Egyesület vezetősége hibás, mert ezt követelnünk kellett volna a Szénbányászati Igazgatóságtól.

A munkabizottságok általában rendszeresen és jól működtek. Még kell azonban állapítanunk azt, hogy az Egyesület szerepe ezen munkabizottságokban csak másodrendű, ugyanis egyesületi munkabizottságaink legnagyobb része, valamilyen akadémiai szakmai albizottság.

Az olajbányászati szakosztály, amely az első félévben munkatervet sem készített, nem is nagyon működött, eltekintve egy előadástól, amelyet a szovjet tapasztalatok propagálásával kapcsolatban tartott.

Az Egyesület elnöksége komoly bírálatban részesítette az olajbányászati szakosztály titkárát Szurovy Gézát és Szurovy elvtárs a jelek szerint a kritikát komolyan vette, ennek megfelelően az elmúlt hetekben vezetőségi ülést tartott, amelybe bevonta a vidéki csoportok aktívait is és összeállította a második fé.évi munkatervet. Reméljük, hogy a második félévben az olajbányászati szakosztály végre is fogja hajtani munkatervét és belép a jól működő szakosztályok sorába.

A vaskohászati szakosztály első félévi munkatervének előterjesztésekor azt mondtam, hogy a szakosztály munkaterve nem tükrözi vissza eléggé azt az erőfeszítést, amit Egyesületünknek ki kell fejtenie a magyar kohászat előmozdítása érdekében.

Ha ez érvényes volt a vaskohászati szakosztály munkatervére akkor, még inkább érvényes a vaskohászati szakosztály első félévi munkájára.

Lényegében a szakosztály első félévi munkája a sztálinvárosi technológia ismertetését célzó kétnapos ankét, valamint a nyersvas kondicionálással foglalkozó munkabizottságban merült ki.

A sztálinvárosi ankét nemcsak azt eredményezte, hogy a kohászok széleskörben megismertek a szovjet technológiával, hanem kezdetét jelentette a sztálinvárosi műszakiak mozgósításának is. Ennek következményeképpen ma Sztálinvárosban négy működő munkabizottság dolgozik, amelyek részben a beindítás, részben az építkezés munkálatainak értékelésével foglalkoznak.

A szakosztály nem tartott rendszeres vezetőségi ülést és az összehívott vezetőségi ülésekre is csak nagyon kis létszámmal jelentek meg a vezetőségi tagok.

Röviden összefoglalva tehát a vaskohászati szakosztály munkája erősen szétesik és feltétlenül szükséges az, hogy a szakosztály vezetősége keményebben irányítsa a szakosztály munkáját és jobban mozgósítsa az aktívakat.

Az öntödei szakosztály az elmúlt félévben is a legrendszeresebben működő szakosztályunk volt. Az öntödei szakosztály volt az egyetlen, amelyik tervszerint működött és első félévi munkatervét teljes egészében teljesítette. Rendszeresen megtartotta a vezetőségi üléseket és a szakosztály vezetősége valóban irányította is a szakosztály munkáját.

Ugyancsak helyes a szakosztály munkájában az, hogy elég nagy mértékben bevonta a munkába a középkadereket és munkatervében az ipar fontos kérdéseit tárgyalja. Így pl. jól dolgozó munkabizottsága van, amely az anyagnorma kérdéseivel foglalkozik és már az első félévben is foglalkozott az üzemi tervezési és szervezési kérdésekkel is.

Értékes új kezdeményezés volt, amely az öntödei szakosztály győri vidéki csoportjából indult ki, a centrifugális acélöntés. Ezt a győri szakosztály keretében működő Kovács János tagtársunk vezetése alatt lévő brigád dolgozta ki. Az öntödei szakosztály vállalta, hogy a centrifugál-öntést ismertetni fogja azoknál az üzemeknél, ahol ez bevezetésre fog kerülni. Ezt a vállalását az öntödei szakosztály nagyrésztben teljesítette is. Ennek a kezdeményezésnek köszönhető részben az is, hogy az Általános Gépipari Minisztérium utasította az acélöntődéket a pörgetőberendezések beszerzésére. Az egyik ismertető előadás alkalmával a Kőbányai Vas- és Acélöntődében új szempontok merültek fel, amelyek a győri kezdeményezést még egy lépéssel tovább vitték.

A felajánlás még nem fejeződött be, mivel a bevezetés és ennek megfelelően az ismertetés is folyamatosan történik a különböző acélöntődéknél.

Az öntödei szakosztály végzett jó munkájáért javasolom, hogy a választmány részesítse dicséretben az öntödei szakosztály elnökét Hargitay Sándort és az öntödei szakosztály titkárát Varga Ferencet.

A fémkohászati szakosztály az első félév kezdetén átmeneti nehézségekkel küzdött, amelyek főleg az iparág kettéválasztása következtében jöttek létre. A szakosztály néhány aktívja azonban nem engedte teljesen ellaposodni a szakosztály munkáját és ha bár az első negyedévben jóformán nem működött a szakosztály, a második negyedévben ezen a téren javulás mutatkozott.

Ugyanakkor, amikor az Egyesület központjában a fémkohászati szakosztály munkája súlyos mértékben visszaesett, az ajkai csoport annál jobban dolgozik. Kiemelkedő tényként az ajkai csoport munkájában föl kell említenünk azt a szocialista szerződést, amelyet a Béke-Világtanács budapesti ülése tiszteletére a csoport a Veszprémi Vegyipari Egyetem elektrokémiai iparok tanszékével kötött. A szerződés célja, hogy egyrészt az egyetem elvégezzen bizonyos kutatási és mérési munkákat, amelyek problémaként merülnek fel a csoport tudományos munkájában, másrészt az ajkai csoport gyakorlati tanácsokkal, mintakollekciók rendelkezésére bocsátásával, újítások, laboratóriumi eredmények ismertetésével segítse elő a tanszék munkáját. Másik kiemelkedő esemény az ajkai csoport munkájában a bauxitok minőségi problémáival foglalkozó két napos ajkai konferencia, amelynek keretében mind a bányászati, mind pedig a timföldgyártási problémákat megvitatták.

Az ajkai csoport jó munkájáért a szakosztály vezetősége dícséretben részesítette Lomniczy Dezsőt, a csoport titkárát.

Az Egyesület központi vezetése továbbra is az elnökség által lerögzített irányelvek szerint történt. Hiányossága ennek az irányításnak az, hogy az utóbbi időben az elnökségi ülések nem voltak eléggé rendszeresek és még nagyobb hiányossága az, hogy a havi szakosztályi elnök-titkári értekezletet már több esetben nem tartottuk meg. Ez részben az én hibámból történt, de pl. két esetben is megtörtént, hogy a szakosztályi elnök-titkári értekezletet összehívtam, azonban mivel egy-két tag kivételével lemondták az ülésen való részvételt, az értekezletet nem tudtam megtartani. Ez azt vonta maga után, hogy a központi irányítást csak elvileg adta meg az elnökség, gyakorlati kivitelezésre azonban nem mindig került sor.

Az Egyesület munkáját az MTESZ intézőbizottsága is tárgyalta. Az intézőbizottság bírálatot gyakorolt az Egyesület munkája fölött oly értelemben, hogy egyrészt az Egyesület munkatervét, csak részben teljesítette, másrészt, hogy aránylag kevés az aktív tagok száma. Az intézőbizottság azt is megállapította, hogy az Egyesület első félévi munkaterve azt mutatja, hogy az Egyesület munkája főleg ismeretterjesztő jellegű és aránylag kevés az ipari segítség, a mozgósítás a programban. A felvetett témakörök túlságosan sok területet ölelnek föl. Az Egyesület, ha bár foglalkozik az üzemi tervezési és szervezési problémákkal, azonban ez nem elég rendszeres és nem elég széleskörű.

A Tudományos Akadémiával való kapcsolat és együttműködés nem kielégítő, szükséges, hogy ezt a kapcsolatot jobban elmélyítsük. Fentiek

alapján az egyesület elnöksége megvitatta a MTESZ intézőbizottsági ülésén felmerült szempontokat és szükségesnek tartotta, hogy a második félévi munkatervben az ott felmerült szempontok már érvényesüljenek. A felmerült szempontokat amelyeknek a második félévi munkatervünkben szerepelniök kell az alábbiakban foglalom össze:

1. Az egyes szakosztályokon belül a második félévi programot 2—3 döntő csomópont köré kell csoportosítani. A szakosztályok ne foglalkozzanak egy féléven belül sok problémával, hanem csak néhányal, de ezeket a problémákat részleteiben is dolgozzák föl.

2. A Tudományos Akadémiával való együttműködést el kell mélyíteni. Az Egyesület kapja meg az Akadémiától a szükséges tudományos irányítást, ugyanakkor vesse fel azon problémákat az Akadémiának, amelyeket saját aktíváival nem tud megoldani.

3. A csomópontokat úgy kell megállapítani, hogy azok döntő mértékben üzemi problémák legyenek és ezáltal is elő kell segíteni azt, hogy az üzemi műszakiak minél szélesebb körben kapcsolódjanak be az egyesületi munkába.

Különösen a fiatal üzemi műszakiakat, elsősorban saját üzemük problémáinak társadalmi úton való megoldására kell mozgósítani.

4. Nagyobb mértékben kell foglalkozni az üzemi tervezési és szervezési kérdésekkel, mivel az Üzemszervezési Tudományos Egyesület megszűnése következtében ez a feladat is a szakmai egyesületekre hárul nagyobb mértékben.

A felvetett irányelvek már nagymértékben érvényesülnek az egyes szakosztályok második félévi munkatervében. Így pl. a vaskohászati szakosztály munkatervét az alábbi csomópontok köré építi:

1. Hengerművek programozása és a teljesítés folyamatos nyilvántartása.
2. Hengerelt-árak minőségi kérdései.
3. Adatszolgáltatási rendszer kiépítése a kohászatban.
4. A kohászati technológia fejlődési irányelveinek kimunkálása.

Hasonló célkitűzés történt a többi szakosztály munkatervének felépítésénél is.

Fentiekben kívántam ismertetni az Egyesület munkáját az elmúlt választmányi ülés óta és néhány irányelvet adni második félévi munkatervünkből. A beszámolóban nem tértem ki nagyon sok olyan kérdésre, amelyekkel foglalkozni lehetett volna ugyan, azonban, mivel nem voltak jellemzőek az egyesületi munkára, nem akartam őket részleteikben ismertetni. Egy kérdéssel azonban feltétlenül foglalkoznunk kell és ez az Egyesületben folyó aktivitás, a rendezvényeken való részvétel.

A bányászati szakosztály több előadást rendezett munkaterv szerint, ezen előadások mind érdekes problémákat tárgyaltak és az előadások színvonala rendkívül nívós volt. Érdekes azonban, hogy míg az első előadásokon a résztvevők száma meghaladta a 80 főt is, addig a további elő-

adásokon a résztvevők száma fokozatosan csökkent és például a legutóbb rendezett igen érdekes előadáson, alig tíz fő vett részt.

Hasonló a helyzet nemcsak a bányászati, de a többi szakosztályoknál is. De sajnos, hasonló a helyzet a vidéki előadások megtartásakor is, amit pl. bizonyít az, hogy Tatabányán a Mérnöki Továbbképző Intézet első előadásán alig 35—40 fő jelent meg, annak ellenére, hogy a tröszt igazgatósága hívta föl az ottani műszakiak figyelmét arra, hogy minél nagyobb számban vegyenek részt rajta. Helyes volna ezt a kérdést széles körben megvitatni, elsősorban az üzemek műszaki dolgozóival és ezután is elősegíteni részben a társadalmi úton való továbbképzést, részben pedig a társadalmi munkában végzett tudományos tevékenység kiszélesítését.

A főtítkári beszámolóhoz többek között *Szurovy Géza, Novák Frigyes, Esztó Péter, Stemmer Ferenc, Boczor István, Kóta József, Lányi Béla, Vajk Artúr, Kangyalka Antal, Péczely Antal, Ajtay Zoltán, Varga Ferenc, Kummer Ferenc, Emőd Gyula, Arányi Árpád, Felföldi Zoltán* és *Jakó Géza* szólt hozzá.

Esztó Péter felszólalása : Ha a szovjet műszaki irodalmat nézzük, megállapítható, hogy a műszaki cikkek között bőven közölnek műszaki történelmi tanulmányokat is. Így a moszkvai Akadémia kiadványainak, az Izvesztijának áprilisi számában Rabákról jelent meg egy tanulmány. Rabák Selmechányán foglalkozott a bányakötelek mechanikájával. Ugyanebben a cikkben megvédték a selmeci Bányászati Főiskola elsőbbségét Freiberggel és Prágával szemben. A májusi számban az egyik urali bánya monográfiáját közlik.

Nálunk is a Párt álláspontja, hogy ápolni kell a mult haladó hagyományait és a régi haladó szellemű tudósok, technikusok emlékét. De hogyan ápoljuk, ha nem is ismerjük. Hiszen a régi rendszer bőven gondoskodott a történelem meghamisításáról, és elhallgatással igyekezett feledésbe meríteni a régi, haladó szellemű tudósok és technikusok emlékét.

Egyesületünknek közel 3000 tagja van, de vajjon ismeri-e csak 1%-uk, csak 30 tagtársunk a bányászat és kohászat szerepét a 48-as szabadságharcban? Pedig Kossuth Lajos igen szoros, baráti kapcsolatban volt sok bányással. Vajjon tagtársainknak csak tört %-a ismeri-e a bányászat szerepét Rákóczi szabadságharcában? Vajjon tudnak-e róla, hogyan tudtak a szabadság elleneségei vezetőpozíciókba beférkőzni? Hogyan rendezték a diverzánsok a körmöcbányai szabotázszt vagy a selmechányai géprombolást? Tudják-e, hogy maga Rákóczi is készített műszaki terveket, megbeszélve azokat egy selmeci bányamesterrel? Félkezünk ujjain lehetne összeszámlálni azokat a tagtársainkat, akik erről tudnak. A dolgozók tízezreinek pedig sejtelmük sincs róla, holott bizonyára őket is érdekelné.

A Bányászati és Kohászati Lapok nagy nyilvánosságnak örvendenek, még a legkisebb üzembe is eljut több példányunk. Éppen erre való tekintettel alábbi javaslatot terjesztem elő.

„Mondja ki a Választmány, hogy a Bányászati és Kohászati Lapok minden 3-ik, 4-ik számában helyet kell biztosítani bányászati történelmi cikkek közlésére.”

A hozzászólások alapján a választmány az alábbi határozatokat hozta :

1. Az Egyesület folyóiratai minden 3. vagy 4. számában helyet kell biztosítani műszaktörténeti cikkek számára.

2. Az Egyesület könyvtárából elveszett „Bányászati és Kohászati Lapok Név- és Tárgymutatóját” újból el kell készíteni.

3. *Szeless László* helyett, aki vidéki munkakörbe került, a választmány egyhangúlag *Selmechzi Bélát* választja meg a vaskohászati szakosztály elnökévé.

4. Az üzemi munka kiszélesítése érdekében a MTESZ elé javaslatot kell terjeszteni az Egyesület titkársága apparátusának bővítésére.

5. A páncélpajzs-pályázat határidejét 1954. január 1-ig meg kell hosszabbítani.

Ezután *Czottner Sándor* elnök a következő szavak kíséretében osztotta ki az Egyesület ezévi emlékérmét :

„Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület Elnöksége úgy határozott, hogy mivel ebben az évben közgyűlés nem lesz, az Egyesület három érmét a mostani választmányi ülésen osztja ki. Az elnökség határozata szerint az érmeiket és az azzal járó 2—2000 forintot az alábbi tagtársak kapják :

A *Wahlner*-emlékérmét, amelyet kiváló tudományos, irodalmi munkáért szoktunk kiosztani, *Szűcs Endre* tagtársunk kapja, aki az elmúlt évben rendezett Kohászati Kongresszus alkalmával a takarékcélok gyártásával kapcsolatban komoly tudományos munkát végzett, azt előadás formájában feldolgozta és a Kohászati Kongresszuson előadta.

A *Mikovinyi*-emlékérmét, mint az üzemszervezési munkában legjobban kitűnt és az Egyesület keretében is jó munkát végzett tagtársunk, *Hargitay Sándor* kapja, aki saját üzemének szervezésében komoly eredményeket ért el, ugyanakkor nagy segítséget nyújtott — mint az öntödei szakosztály elnöke — a többi öntödéknek is.

A *Zorkóczy*-emlékérmét olyan tagtársunk kapja, aki az egyesületi szervezés terén az elmúlt időszakban a legjobb munkát végezte és ez, amint a főtítkári beszámoló is kitért erre, *Lomniczy Dezső* tagtársunk, aki mint az ajkai csoport titkára hozzájárult az ottani társadalmi tudományos tevékenység nagymérvű fellendítéséhez.”

Czottner Sándor elnök zárószavában részletesen foglalkozott a választmányi ülésen elhangzott felszólalásokkal és külön kiemelte a vidéki szervezett munka biztosításának kérdését. Véleménye szerint aktív, az ipart állandóan segítő egyesületi élet kifejlődéséhez legalább olyan helyiségek van szüksége a vidéki műszaki értelmiségnek, ahol le tud ülni, kérdéseit és problémáit meg tudja vitatni. Ehhez nyugalomra és tiszta légkörre van szükség, ezért elengedhetetlenül szükséges, hogy a gazdasági vezetők e kérdést, mint a terv teljesí-

tésének, az ipar fejlődésének egyik döntő kérdését tekintsék. Az elnökség döntő feladata, hogy rábírja a gazdasági vezetőket, hogy egy-két szobát biztosítsanak üzemi csoportjaink részére. Amíg a diósgyőri kohászati üzemeknek olyan vezetőjük volt, aki érezte a műszaki értelmiség támogatásának szükségességét, addig Diósgyőrben jól berendezett, kényelmes egyesületi klubhelyiség volt. Az új vezető elsőrendű feladatnak tekintette, hogy a klubot szétzavarja. Feltétlenül szükséges, hogy a

gazdasági vezetők mérlegre tegyék eddigi munkájukat, javítsák ki hibáikat és segítsék Egyesületünk tagjainak munkáját. Feltétlenül szükséges, hogy ennek a bírálóknak a Bányászati és Kohászati Lapokban komoly hangot adjunk.

A műszakinak a műszaki munkája, a gazdasági vezetőnek gazdasági munkája lebegjen szeme előtt és Egyesületünk nemesak koránál fogva lesz elismert intézmény, hanem aktív műszaki és gazdasági munkája következtében is.

Könyvismertetés

Klár János, Nagy Ernő, Gál Endre: *Az orosz műszaki nyelv szakfordítók számára.*

A könyv célja, — amint azt a szerzők az előszóban is kifejtik — a műszaki szakfordítók számára a fordítás elmélet és fordítás technika legfontosabb irányelveit rendszerbe foglalni. A szerzők ezt az alap gondolatot a könyv összes fejezetében következetesen vették keresztül.

Jó műszaki fordítónak nyelvtudásra, szakismeretre, szakszavak és szakkifejezések helyes alkalmazására és végül alapos gyakorlatra van szüksége. Ha ezeknek a feltételeknek bármelyike hiányzik, akkor kerülnek az olvasó kezébe azok a torz fordítások, amelyek miatt az ipari és tudományos élet szakemberei oly gyakran panaszkodnak, s amelyek hátráltatják a szovjet műszaki tudomány eredményeinek minél gyorsabb és eredményesebb felhasználását.

A könyv első fejezete a műszaki fordítás elméletét ismerteti. Az általános érvényű fordítás elméletnek (és technikának) kidolgozása a könyv további fejezeteiben ismertetett különböző szakterületeken történő alkalmazása révén jó példája az elmélet és gyakorlat szoros egységének helyes alkalmazására.

A szerzők helyesen fogták fel feladatukat abból a szempontból is, hogy a részletesen tárgyalt gyakorlati részben a szakfordítók számára nélkülözhetetlen alapvető műszaki ismereteket világos és érthető összefüggésekben tárgyalják. A szerzők elkerülik a műszaki magyarító szótárakban található össze nem függő adathalmaz összeállítását és helyesen megválasztott példákkal az egyes szakterületek legfontosabb kifejezéseit, illetve fogalmait magyarázzák. A fogalmak tisztázása után azoknak helyes orosz kifejezéseit az egyes szakaszokban elkülönítve tárgyalják.

Ezzel a módszerrel a műszaki fogalmakban járatlanok számára is a tanulást nagymértékben megkönnyítik. A szerzők nyilvánvalóan arra törekedtek, hogy minden fontosabb műszaki fogalomhoz a hallgató ma-

gyarázó képzetet társíthasson. A példák gondos összeállításánál a szerzők a szakterület legfontosabb szakkifejezéseit ismertetik. Rámutatnak, hogy a szótárban fel nem lelhető bonyolult terminus technikusok orosz-magyar fordítás alkalmával helyesen hogyan alkalmazhatók. Ezekre a kifejezésekre a fordítóknak szinte állandóan szükségük van. A ritkábban előforduló kifejezésekkel, valamint a megadott kifejezések ritkán használt értelmének megadásával viszont a szerzők nem kívánták olvasóikat túlságosan megterhelni.

A könyv második gyakorlati része: mértékegységek, matematikai és kémiai alapfogalmak, gépészeti alapismeretek, fémtechnológiai alapismeretek, vas- és fémipari anyagvizsgálat alapfogalmai, energia-gazdaság, szénbányászati alapismeretek, szovjet iparigazgatás és iparvállalatok szervezete, szakterületeknek fenti szempontok szerinti ismertetéséből áll.

Sajnálatos, hogy a fémtechnológiai alapismeretek című fejezet csak vas- és acéliparral foglalkozik, a fémiparról nem emlékezik meg. A fémipar, de különösen az alumíniumipar jelentőségénél fogva külön fejezetet érdemelt volna.

A szerzők úttörő és sikeres kezdeményezését nagy elismerés illeti, mert munkájukkal jelentősen megkönnyítették a szovjet műszaki tudományoknak jobb és eredményesebb megismerését. Kívánatos lenne, ha a könyvbe foglalt szakterületek egy második kötetben kiegészülnének még a hiányzó iparágak hasonló értelmű feldolgozásával, hogy ezáltal a műszaki orosz nyelv hazai, szakszerű ismertetése teljessé válhassék.

A könyvet az Idegen Nyelvek Főiskoláján tankönyvül használják. Dicséretet érdemel a Tankönyvkiadó a könyv tetszetős, áttekinthető kiadásáért.

Domony András

a műszaki tudományok kandidátusa.

Egyesületi hírek

Szocialista szerződés

melyet a Béke Világtanács budapesti ülése tiszteletére a Veszprémi Vegyipari Egyetem elektrokémiai iparok tanszéke és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület ajkai csoportja kötött.

Szerződő felek megállapodnak abban, hogy szoros együttműködést fejtenek ki az elektrokémia szakos vegyészmérnökök kiképzésében, a kutató munkában és egyéb szakmai munkában, valamint saját továbbképzésükben annak érdekében, hogy ezzel is hozzájáruljanak az ötéves terv teljesítéséhez, népgazdaságunk fejlesztéséhez.

I.

1. A szerződő felek együttműködnek a szovjet szakirodalom terjesztésében és alkalmazásában, így pl. újabb szakkönyvek lefordításának megszervezésében.

2. Közösen határozzák meg az érdekelt hallgatók diplomatervének témáit, hogy ezek kidolgozása egyaránt szolgálja a mérnökök képzését és az ajkai üzem problémáinak megoldását.

3. Ugyancsak közösen határozzák meg az ajkai alumíniumkohóban gyakorlatra kerülő hallgatók feladatát, az előbbi pontban megjelölt célok elérésére.

4. Kölsönösen tájékoztatják egymást könyvtárak állományáról és annak növekedéséről, s ezen kívül könyvkölsönözéssel is segítik egymás munkáját.

II.

A Veszprémi Vegyipari Egyetem elektrokémiai iparok tanszéke vállalja, hogy

1. kutatómunkájába olyan témák kidolgozását iktatja be, amelyek az ajkai alumíniumkohó üzemét és fejlesztését szolgálják. Így pl. vállalja katódszén minőségének vizsgálatát szolgáló módszer kidolgozását, továbbá olyan fizikai-kémiai adatok összegyűjtését az irodalomból és szükség esetén megmérését, amelyek a kohó hőmérlegének elkészítéséhez szükségesek.

2. elvégez olyan méréseket, amelyekre az alumí-

niumkohónak szüksége van, de megfelelő berendezés hiányában nem tud elvégezni.

3. kölcsön ad az ajkai alumíniumkohónak olyan műszereket, amelyekhez a kohó nehezen tud hozzájutni, az egyetemnek pedig feleslegben rendelkezésére állanak.

4. elküldi az O. M. B. K. E. ajkai csoportjának az elektrokémia szakos hallgatók kiképzésénél segédeszközzül használt egyetemi jegyzeteket 1—1 példányban.

5. beszámol időnként a tanszéken folyó ipari és elméleti kutatómunka eredményéről.

6. előadást tart az O. M. B. K. E. ajkai csoportjának klubnapjain.

III.

Az O. M. B. K. E. ajkai csoportja vállalja, hogy

1. az alumíniumipar tárgyköréből előadásokat tart az elektrokémia szakos hallgatók számára, s ezzel hozzájárul a mérnökök képzéséhez.

2. tanácsokkal segíti a hallgatók laboratóriumi gyakorlatának megszervezését és lebonyolítását.

3. minták és mintakollekciók rendelkezésre bocsátásával hozzájárul az egyetemi oktatási anyag szemléletessé és gyakorlativá tételéhez.

4. a technológiai eljárásban változást jelentő újításokat a tanszékkel közli.

5. az üzemi laboratóriumban folyó kutatómunkálatokról a tanszékét tájékoztatja.

6. A tanszéki kísérletekhez szükséges anyagokat érc és gyártmány mintákat rendelkezésre bocsát.

Ajka, 1953. VI. 16.

Veszprémi Vegyipari Egyetem elektrokémiai iparok tanszéke részéről:

Lengyel Sándor
tanszékvezető docens.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület ajkai csoportja részéről:

Lomniczy Dezső
titkár.

Bauxit és timföldankét Ajkán

A Magyar-Szovjet Bauxit-Alumínium R. T. és az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület június 20—21-én Ajkán műszaki előadásorozatot rendezett. Az ankétet *Bese Vilmos* miniszterhelyettes nyitotta meg. *Dr. Aliquander Endre* a bauxittermelés minőségi kérdéseiről, *Gebefügi István* pedig a timföldgyártás fejlesztési lehetőségeiről tartott igen nagy érdeklő-

déssel kísért előadást. Az előadásokat számos hozzászólás és vita egészítette ki. A Magyar-Szovjet Bauxit-Alumínium R. T. vezetősége áldozatkész vendégszeretettel és kitűnő előkészítésével igen nagy segítséget nyújtott az egyesületi munka e reprezentatív megnyilatkozásához. Az ankét anyagára részletesen visszatérünk.

V. P.

A L U M Í N I U M

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója
Megjelenik: 1800 példában. — Szerkesztőség: VI. Rudas László-u. 45. — Telefon: 129-899.

19885/LD02 - Révai-nyomda Budapest V, Vadász-utca 16 (Felelős vezető: Nyáry Dezső)

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉMKOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓÍRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

61—62. szám

A magnéziumoxid-színítés termodinamikájának gyakorlati vonatkozásai

SZULYOVSKY ANDOR

A. СУЛЬОВСКИ:

ПРАКТИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ТЕРМОДИНАМИКИ
РЕДУКЦИИ ОТ ОКИСИ МАГНИЯ

Dipl. ing. A. Szulyovszky *Praktische Beziehungen der
Thermodynamik von Reduktion des Magnesiumoxides.*

A fizikai kémia alkalmazása egyre inkább tért nyer a fémkohászatban is, új fejlődési korszakot nyitott az évszázados múltú kohászati eljárásokban. A termodinamikai törvények ismerete lehetővé teszi a kohászati folyamatok indító okainak mélyebb megismerését, a téves fogalmak ártértékelését és megszabja a fejlődés helyes irányát.

A termikus magnéziumkohászatban, mely gyermekéveiben jár, az alkalmazott folyamatok természeténél fogva a termodinamika ismerete különösen jelentős.

A folyamatokat a gyakorlati, az ipari megvalósíthatóság szempontjából fogjuk vizsgálni. Az elvileg megvalósítható folyamatok, jóllehet jelentősek számunkra, mert meghatározzák a folyamatok lefolyásának legkedvezőbb körülményeit, az ipari fejlődés útmutatójává szolgálnak, mégis csak másodsorban érdekelnek bennünket.

A rendelkezésünkre álló szerkezeti anyagok, a technika jelenlegi fejlettsége mellett előállítható ipari berendezések megszabják a gyakorlatilag gazdaságosan létrehozható fizikai határokat, melyek között a folyamatok lefolytatása lehetséges.

A termodinamikai követelmények szempontjából vizsgálva a magnéziumkohászatban használt kemencéket, két főcsoportot különböztetünk meg.

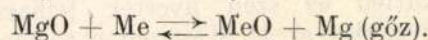
A kívülről fűtött kemencék jól zárhatók, a munkatérben elérhető legkisebb nyomás 0,1 Hg 0 mm, a hőmérséklet a kemence belsejében azonban, a legjobb hőálló acélokat figyelembevéve, sem haladja meg az 1200°-ot.

A belsőfűtésű kemencék szerkezetüknél fogva nehezebben tömíthetők, a tűzálló falazat a kisebb nyomásoknál párolog, így a munkatérben elérhető legkisebb nyomás nem szállítható le 0,8—1,0 mm Hg 0 alá. Ezzel szemben az elérhető hőmérsékletet

csak a belés tűzállósága korlátozza, gyakorlatilag 1600° C körül mozog.

A magnéziumoxid színítését tehát a fent meg-
szabott fizikai körülmények között kell lefolytatni
0,1 Hg 0 mm-nél nagyobb nyomással és 1600° C-nál
kisebb hőmérséklettel.

Valamely fémét oxidjából más fémmel, elem-
mel vagy vegyülettel akkor szoríthatunk ki, tehát
a fémét akkor színíthetjük, ha a színítő anyag
oxigénhez való vegyrokonsága az adott fizikai kö-
rülkények között nagyobb, mint a színítendő
anyagé. A magnéziumoxid színítése az alábbi ál-
talános képlet szerint folyik le:



Az MgO kis- és középhőmérsékleteknél nagyon
állandó vegyület. A fémmagnézium maga is erős
redukálószernek számít és bizonyos esetekben ezt
a tulajdonságát az ipari gyakorlatban is kihasz-
nálják, pl. a titányvártásnál, valamint a cirkon,
vanádium, tantál és uránium előállításánál.

Arra, hogy a fenti vegyfolyamat balról jobbra
folyék, tehát színítés történjék, szükséges, hogy
a baloldal, a rendszer reakció előtti szabadener-
giája nagyobb legyen a jobboldalénál, vagyis a
reakciótermékeinél. Más szavakkal, a vegy-
folyamat akkor folyik le önként, hogyha az hasz-
nos munkára felhasználható energia felszabadulá-
sával jár. Ha a vegyfolyamat állandó nyomáson
és hőmérsékleten folyik, a felszabaduló energia
egyenlő a reagáló rendszer szabadenergia-vesztes-
ségével. Mivel a felszabaduló energia a rendszerre
vonatkoztatva veszteséget jelent — előjellel jelöl-
jük ($-\Delta G$).

A termodinamikai folyamat megvalósítható-
ságát az adott irányban a rendszer reakció előtti
és utáni szabad energiája különbségének előjele
határozza meg. Tehát ha az adott fizikai körülmé-
nyek mellett ez a különbség

$$\Sigma (v \cdot \bar{G})_2 - \Sigma (v \cdot \bar{G})_1 = \Delta G < 0 \text{ vagy } (-\Delta G) > 0$$

a folyamat megvalósítható. Ha a különbség
 $\Delta G > 0$ vagy $(-\Delta G) < 0$ színítés nem való-

sítható meg. ($-\Delta G$) = 0 esetén a rendszer egyensúlyban van. A szabadenergia tehát az a hajtóerő, amely a vegyefolyamatot az előjelének megfelelő irányba tereli.

A folyamat megvalósulása azonban nem folyik le minden esetben a szabadenergia-változás előjele által megszabott irányban, vagy legalább is nem folyik le olyan sebességgel, mely az ipari gyártás szempontjából kielégítő, a hajtóerővel szemben fékezőerők is hatnak. Nagyon fontos lenne meghatározni, hogy milyen nagyságúnak kell a szabadenergia-változásnak lennie, hogy a folyamat a kívánt irányban létrejöjjön.

Dogde a megvalósítható folyamatokat a következő empirikus szabály szerint osztályozza.

Ha ($-\Delta G^\circ$) < -10 000 kal, a folyamat a műszakilag megvalósítható feltételek mellett általában *nem hajtható végre*. Ha ($-\Delta G^\circ$) 0-nál kisebb, de -10 000 kalóriánál nagyobb, a vegyefolyamat lefolyása *nem valószínű*, de a kedvező feltételek kikísérletezése esetén esetleg megvalósítható. ($-\Delta G^\circ$) < 0 esetén a vegyefolyamat *végrehajtható*.

A vegyefolyamatot fékező erők jelenleg azonban még nagyon kevésé ismertek, s így nehéz az értékhatárt biztonsággal megállapítani, amely alatt vagy felett a folyamat lehetséges vagy lehetetlen, habár egyesek szerint ($-\Delta G^\circ$) \approx -10 000 kal volna az ilyen határ.

A magnézium redukálásánál színítő anyagként azok az anyagok vehetők számba, melyek a fent meghatározott körülmények mellett a folyamat megfelelő *sebességét* biztosítják és a *gazdaságosság* kívánalmainak eleget tesznek.

Az ipari gyártásnál az alumínium, szilícium, kalciumkarbid és szén nyertek felhasználást. A következőkben az Al, Si és szénnel történő színítéssel fogunk foglalkozni.

A színítés *alumíniummal* csak olesó hulladékanyag esetében gazdaságos. A színítési folyamat azonban egyszerű és világos, közbenső termékek képződése nélkül, közvetlenül fémmagnéziumot nyerünk. Az alumínium abban az esetben redukálja a magnéziumoxidot, ha az Al_2O_3 képződési szabadenergiája nagyobb, mint a magnéziumoxidé. Annak megállapítására, hogy ez az eset mikor áll fenn, meghatározzuk a két oxid szabadenergia-értékét.

A magnéziumoxidra vonatkozó redukciós egyensúlyi egyenleteket ma még kizárólag a kalorimetrikusan mérhető képződési hőből, a fajhőből és a kis hőmérsékleten végzett fajhőmérésekből kiszámított entrópiákból határozzák meg. Az egyes fázisokra érvényes fajhőegyenleteket K. K. Kelley a következőképpen adja meg. (K. K. Kelley: Contributions to the Data on Theoretical Metallurgy. 2. High-Temperature Specific-Heat Equations for Inorganic Substances. Bull. Bur. Min 371. 1935.)

$$\text{Mg (sz)} : C_p = 620 + 1,33 \cdot 10^{-3} T - 0,68 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ (2\%)}$$

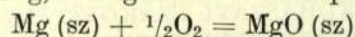
$$\text{Mg (foly)} : C_p = 7,4,$$

$$\text{Mg (gáz)} : C_p = 4,97,$$

$$\text{MgO (sz)} : C_p = 10,86 + 1,20 \cdot 10^{-3} T - 2,09 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ (2\%, 1800° C-ig)}$$

A $\text{Mg (sz)} + \frac{1}{2}\text{O}_2 = \text{MgO (sz)}$ egyenlet szerint képződő magnéziumoxid képződési hőit és szabad-energia-értékeit az alábbi egyenletekkel határozzuk meg.

650° C-ig, a magnézium olvadáspontjáig

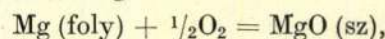


$$\Delta H = -146\,400 + 0,52 T - 0,13 \cdot 10^{-3} T^2 + 0,47 \cdot 10^5 T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = -146\,400 - 1,20 T \log T + 0,13 \cdot 10^{-3} T^2 + 0,24 \cdot 10^5 T^{-1} + 29,56 T,$$

$$H_{298} = -146\,100, \Delta G_{298}^\circ = -138\,830 \Delta S_{298} = -25,91.$$

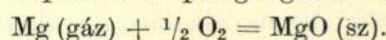
Ezen a hőmérsékleten felül a fém forráspontjáig, 1103° C-ig



$$\Delta H = -147\,090 - 0,68 T + 0,54 \cdot 10^{-3} T^2 + 1,15 \cdot 10^5 T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = -147\,090 + 1,57 T \log T - 0,54 \cdot 10^{-3} T^2 + 0,58 \cdot 10^5 T^{-1} + 22,69 T.$$

A forráspont felett pedig a gáznemű állapotra



$$\Delta H = -182\,970 + 1,75 T \log T + 0,54 \cdot 10^{-3} T^2 + 1,15 \cdot 10^5 T^{-1}$$

$$\Delta G^\circ = -182\,970 - 4,03 T \log T - 0,54 \cdot 10^{-3} T^2 + 0,58 \cdot 10^5 T^{-1} + 66,27 T$$

Az alumínium és alumíniumoxid fajhőegyenletei Kelley szerint :

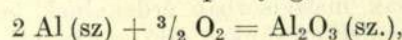
$$\text{Al (sz)} : C_p = 4,80 + 3,22 \cdot 10^{-3} T \text{ (3\%)*}$$

$$\text{Al (foly)} : C_p = 7,00 \text{ (3\%, 1000° C-ig)}$$

$$\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ (sz)} : C_p = 22,08 + 8,97 \cdot 10^{-3} T - 5,23 \cdot 10^5 T^{-2} \text{ (5\% 1500° C-ig)}$$

Az alumíniumoxid képződési hőjét és szabad-energiáját az alábbi egyenletekkel határozzuk meg.

Az alumínium forráspontjáig, 650° C-ig :

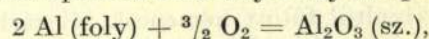


$$\Delta C_p = 0,07 + 2,14 \cdot 10^{-3} T - 2,41 \cdot 10^5 T^{-2}$$

$$\Delta H = -399\,970 + 0,07 T + 1,07 \cdot 10^{-3} T^2 + 2,41 \cdot 10^5 T^{-1}$$

$$\Delta G^\circ = -399\,970 - 0,16 T \log T - 1,07 \cdot 10^{-3} T^2 + 1,21 \cdot 10^5 T^{-1} + 77,01 T$$

A forrásponton felül folyékony állapotnál



$$\Delta H = -403\,500 - 4,33 T + 4,28 \cdot 10^{-3} T^2$$

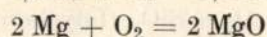
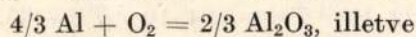
$$\Delta G^\circ = -403\,500 + 9,97 T \log T - 4,28 \cdot 10^{-3} T^2 + 53,86 T.$$

Az így nyert értékeket az első és második táblázat tünteti fel :

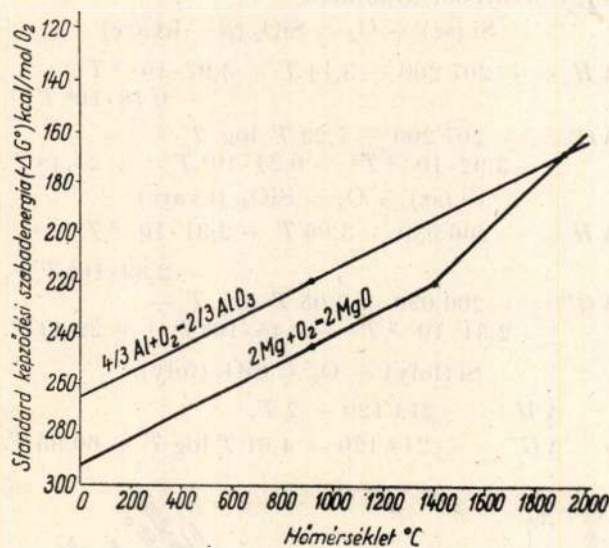
* A képlet utáni zárójeles % a hibahatárt jelenti.

1. táblázat		2. táblázat	
Az Al ₂ O ₃ képződési szabadenergia-értékének különböző hőmérsékleten		Az MgO szabadenergia-értékének különböző hőmérsékleten	
T	ΔG°	T	ΔG°
200	380 986	298,1	138 686
297,1	376 830	400	136 335
400	369 198	600	129 396
600	354 210	800	126 295
800	339 270	924	123 115
931	330 609	1000	121 301
1000	325 110	1200	115 967
1200	308 182	1380	111 177
1400	294 610	1400	110 288
1600	277 040	1600	100 154
1800	261 896	1800	90 336
2000	247 038	2000	80 632
		2200	70 672
		2400	60 904
		2600	48 630

Az így nyert értékeket az összehasonlítás lehetősége végett O₂-re vonatkoztatva tehát a



vegyfolyamatoknak megfelelően az 1. diagramm tünteti fel.



1. ábra.

[Az Al₂O₃ és az MgO képződési szabadenergia-értékei a hőmérséklet függvényében.

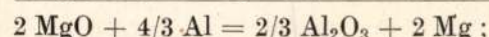
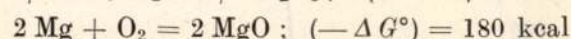
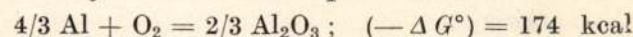
A szabadenergiák görbéje egyenesként jelentkezik, melynek hajlásszöge az entrópiaváltozás ΔS° értékével egyenlő. A két görbe kezdetben szinte párhuzamosan halad. A fázisváltási pontoknál az átalakulási hő következtében az entrópiaváltozás nagyobb lesz és a görbék irányt változtatnak. Ez az irányváltozás a fém olvadáspontjánál az alumíniumnál 655° C, a magnéziumnál 650° C nem nagy, mert az átalakulási hő is kicsi, 2550 kal/mol az alumíniumnál, illetve 1160 kal/mol a magnéziumnál. A magnézium párolgási hőmérsékleténél 1380 °K-nál azonban a fém

nagy párolgási hője, 32 520 kal/mol törést idéz elő úgy, hogy a meredek görbe metszi az Al₂O₃ görbét. Ez a pont a mi diagrammunkon 1924° K-nál van, vagyis az Al₂O₃ és a MgO képződési vegyfolyamatai ennél a hőmérsékletnél egyensúlyban vannak. E pont alatt a Mg redukálja az alumíniumoxidot folyékony Al fém képződése mellett, felette pedig az alumínium szinteti a MgO-t gőzalakú magnéziumfém alakjában. Ezt az egyensúlyi hőmérsékletet, amennyiben ismerjük valamely hőmérsékletnél a két oxid képződési szabadenergia-értékeit, analitikailag is meghatározhatjuk az alábbi egyenlet szerint:

$$T \text{ egyensúlyi} = \frac{\Delta G^\circ_{\text{MgO}} - T - \Delta G^\circ_{\text{Al}_2\text{O}_3} - T}{\Delta S_{\text{MgO}} - \Delta S_{\text{Al}_2\text{O}_3}} + T.$$

Ez az egyenlet feltételezi, hogy az alapul vett szabadenergia-értékhez tartozó hőmérséklet és az egyensúlyi hőmérséklet között fázisváltozás nincs.

Ezek szerint pl. 1800° K-nál a szabadenergia-viszonyok a következőképpen alakulnak.



$$(-\Delta G^\circ) = -6 \text{ kcal}$$

A (-ΔG°) negatív, tehát a magnéziumoxidot alumíniummal 1800° K-nál redukálni nem lehet, mert ΔG° > 0. Fordított irányban természetesen a vegyfolyamatot lefolytathatjuk.

Az egy atmoszféránál kisebb nyomásnál végbemenő vegyfolyamatok szabadenergia-értéke a

$$(-\Delta G) = (-\Delta G^\circ) + RT \cdot \ln p$$

egyenletnek megfelelően változik. A rendszerben egyedül a Mg van gőzalakban, tehát csupán ennek nyomása jön tekintetbe. Egyensúly esetén (-ΔG)O-val egyenlő, tehát a fenti egyenletből közvetlenül kiszámíthatjuk az egyensúlyi nyomást a különböző hőmérsékleteknél. Az egyenletbe az R = 1,987 értékét behelyettesítve és a természetes logaritmust tizedesre átalakítva kapjuk, hogy

$$\log p = \frac{(-\Delta G^\circ)}{2,3 RT} = \frac{(-\Delta G^\circ)}{4,57 T}.$$

V. G. Zsivov a 3 MgO + 2 Al = Al₂O₃ + 3 Mg vegyfolyamatnál 25%-os fölös magnéziumoxid-tartalmú elegy alkalmazása mellett kísérletileg a gőznyomás és hőmérséklet között az összefüggést a következőképpen állapítja meg:

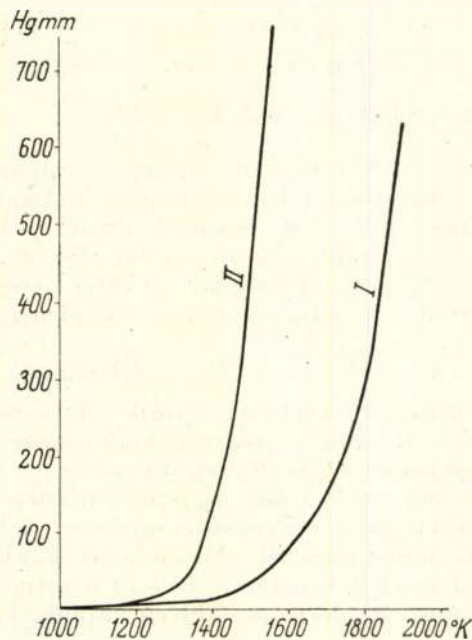
$$\log p = 9,29 - \frac{10,080}{T}.$$

Az így nyert értékek lényegesen eltérnek a számítottaktól. Pl. az egy atmoszféra egyensúlyi nyomás a fentiek szerint 1924 K-nál van, míg Zsivov szerint 1573 °K-nál. A számított és kísérletileg megállapított értékek a táblázat és diagrammon találhatóak meg. Ilyen eltérésekkel a termodinamikában sokszor találkozunk. Pl. a Mg olvadási hőjére 923° K-nál Kelley (Contributions to the Data on Theoretical Metallurgy 5. Heats of

Fusion of Inorganic Substances. Bull. Bur. Min 393. 1936.) két értéket ad meg, 1160 kal/mol-t közvetlen mérési adatokból, 2160 kal-t pedig a kettős rendszerből számítottan. Az előbbi érték meg egyezik Treadwell és Terebesi adataival (1170 kal. Treadwell W. D. Zur Chemie und Thermodynamik der Aluminium- und Magnesiumerzeugung. Schweizer Archiv, angew. Wiss. Techn. 6. köt. 1940. 69. old.)

A $3\text{MgO} + 2\text{Al} = \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{Mg}$ vegyfolyamat magnézium-gőznyomásai

Számítás alapján		Zsivov szerint	
Hőmérséklet °K	P mm higanyoszlop	Hőmérséklet °K	P mm higanyoszlop
800	0,0684	1073	0,77
1000	1,064	1173	4,98
1200	3,268	1273	23,8
1400	10,032	1373	90,4
1600	72,580	1473	282,00
1800	276,64	1573	769,00
1900	614,08		



2. ábra.

A MgO-Al rendszer magnézium-gőznyomásai. I. Számítás szerint. II. Zsivov szerint.

Az egyes hőmérsékletekhez tartozó egyensúlyi nyomáson aluli nyomást kell létesítenünk, vagy az egyensúlyi nyomáshoz tartozó hőmérsékletnél nagyobb hőmérsékletet kell elérnünk a szinités végrehajtására. Ezek szerint, elvileg, bármely nyomáson a hőmérséklet kellő növelésével, vagy bármely hőmérsékleten a nyomás megfelelő csökkentésével a szinitést végrehajthatjuk. Gyakorlatilag azonban természetesen csak a kemence által adott fizikai körülmények határai között.

Az MgO szilíciummal történő szinitése legfontosabb számunkra. A szilícium használata eltekintve attól, hogy a legolcsóbb szinitő anyag, mint a továbbiakból kitűnik a dolomit szinitésénél mely pedig hazánk egyetlen, de bőségesen előfor-

duló Mg érce, különösen kedvező. Feltételezve, hogy a redukció a



egyenlet szerint folyik le, melynél melléktermékként SiO_2 képződik, az energetikai viszonyok a következőképpen alakulnak.

A MgO képződési szabadenergiájának értékeit már ismerjük, a SiO_2 képződési szabadenergiáját az alábbi képletekkel állapíthatjuk meg:

$$\text{Si (szilárd)} + \text{O}_2 = \text{SiO}_2 (\alpha - \text{krisztobalit}),$$

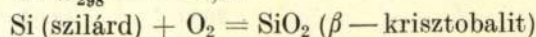
$$\Delta H = -202\,920 - 10,36 T + 11,56 \cdot 10^{-3} T^2 - 29,8 \cdot 10^5 T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = -202\,920 + 23,86 T \lg T - 11,56 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,44 \cdot 10^5 T^{-1} - 20,95 T,$$

$$\Delta H_{298} = -205,950$$

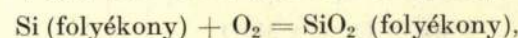
$$\Delta G_{298}^\circ = -103,090$$

$$\Delta S_{298} = -43,17$$



$$\Delta H = -208\,250 + 3,08 T - 0,22 \cdot 10^{-3} T^2 + 6,08 \cdot 10^5 T^{-1},$$

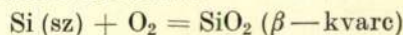
$$\Delta G^\circ = -208\,250 - 7,10 T \log T + 0,22 \cdot 10^{-3} T^2 + 3,04 \cdot 10^{-5} T^3 + 65,58 T.$$



$$\Delta H = 214\,060 + 2 T,$$

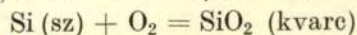
$$\Delta G^\circ = -214\,060 - 4,61 T \log T + 61,56 T.$$

Vagy kvareből kiindulva



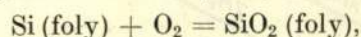
$$\Delta H = -207\,200 - 3,14 T + 3,92 \cdot 10^{-3} T^2 - 0,48 \cdot 10^5 T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = -207\,200 + 7,23 T \log T - 3,92 \cdot 10^{-3} T^2 - 0,24 \cdot 10^5 T^{-1} + 24,48 T.$$



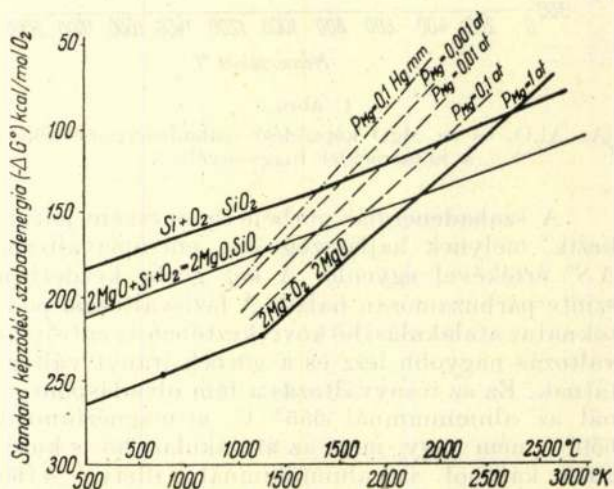
$$\Delta H = -206\,030 - 3,06 T + 2,31 \cdot 10^{-3} T^2 - 2,89 \cdot 10^5 T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = -206\,030 + 7,05 T \log T - 2,31 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,45 \cdot 10^5 T^{-1} + 22,43 T.$$



$$\Delta H = -214\,120 + 2 T,$$

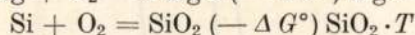
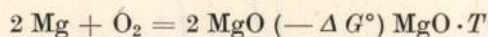
$$\Delta G^\circ = -214\,120 - 4,61 T \log T + 60,95 T.$$



3. ábra. A magnéziumoxid és szilíciumoxid képződési szabadenergiájának változása a hőmérséklet függvényében.

A diagrammban a szilíciumoxid képződési szabadenergiájának értékeit Moser számítása szerint vettük fel (4).

A MgO és SiO₂ képződési szabadenergiája értékeinek ismeretében megállapíthatjuk a $2 \text{MgO} + \text{Si} = 2 \text{Mg} + \text{SiO}_2$ vegyfolyamat szabadenergiájának értékét az alábbiak szerint:



$$(-\Delta G^\circ)_{R \cdot T} = -(-\Delta G^\circ)_{\text{MgO}} \cdot T + (-\Delta G^\circ)_{\text{SiO}_2} \cdot T$$

$$A \log p = \frac{\Delta G^\circ}{2 \cdot 3RT}$$

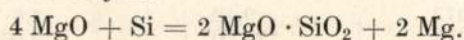
egyenlet szerint pedig meghatározhatjuk a folyamat egyensúlyi nyomását a különböző hőmérsékleteknél.

Egy atmoszféra nyomásnál a vegyfolyamat 2600 °K felett van egyensúlyban. Meyer számítása szerint az említett reakciónál az egyensúlyi nyomás 1200 °C-nál 0,19 Hg mm, 1400 °C-nál 0,35 mm, Dörner szerint az egyensúlyi hőmérséklet 1200 °C-nál 0,25 mikron. Ezek az értékek eltérnek a vegyfolyamatban résztvevő anyagok termodinamikai adataiból számított értékektől, melyeket a 4. diagram I. görbéje tüntet fel.

Láthatjuk, hogy az egyensúlyi nyomás az ipari mérvű berendezéseknél elérhető nyomást csak 1400–1500 °C között éri el.

Kívülről fűtött kemencében tehát a szinitést egyáltalán nem, belsőfűtésű kemencében pedig csak nehezen lehetne végrehajtani, mert mint ahogy a diagramból látható, a vegyfolyamat feletti magnézium gőznyomás görbéje csak 2300 °K után kezd meredeken emelkedni, tehát ha létrehoznánk is az egyensúlyhoz szükséges fizikai követelményeket, a 2300° K-ig terjedő hőmérsékleten nem valószínű, hogy a szinitést végrehajthatnánk. Tekintetbe véve ugyanis a vegyfolyamatot fékező tényezőket, nem bizonyos, hogy a gyártás igényeit kielégítő szinitési sebességet érhetnénk el.

A kísérleteknél azonban bebizonyosodott, hogy a magnézium gőznyomása a Si-MgO-rendszerben a számítottaknál lényegesen nagyobb. 1200 °C-nál pl. 1,9 Hg mm — Zsivov szerint 1,82 Hg mm — és ennél a hőmérsékletnél a szinités kielégítő sebességgel végrehajtható. Ennek a látszólagos ellentétnek az elméleti számítás és a gyakorlati tapasztalat között az oka, hogy a vegyfolyamat nem a fenti képlet szerint folyik le, hanem a képződő SiO₂ a még nem szinitett magnéziumoxiddal magnéziumortoszilikátot alkot, amelynek képződésénél újabb szabadenergia szabadul fel. A vegyfolyamat tehát a következő képlet szerint folyik.



A magnéziumortoszilikát képződése mellett lefolyó szinitési folyamatnál, sztöchiometrikus keverék mellett H. V. Zsivov kísérletileg megállapította az egyes hőmérsékleteknek megfelelő egyen-

súlyi nyomásokat. Az egyensúlyi nyomás megállapítására a fémszilíciummal végrehajtott szinitésnél a

$$\log p = 9,64 - \frac{13 \ 890}{T}$$

egyenletet 75%-os ferroszilícium használata mellett pedig a

$$\log p = 9,25 - \frac{13 \ 312}{T}$$

egyenletet javasolja.

Schneider és Hesse méréseik alapján a

$$\log p = \frac{-1,333 \cdot 10^4}{T} + 9,333$$

egyenlethez jutottak. Az alábbi táblázat a különböző szerzők által megállapított gőznyomások értékeit tünteti fel az egyes hőmérsékletek mellett.

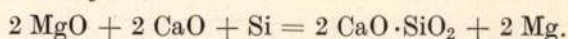
Szerző	Schneider			Moser			Zsivov		
	1250	1300	1350	1250	1300	1350	1200	1300	1400
Hőmérséklet °C									
Nyomás Hg mm	1,9	7,2	13,1	1,5	5,4	9,7	1,82	7,26	24,55

Zsivov egyenlete szerint számított gőznyomásértékeket a 4. diagram II. görbéje tünteti fel.

Sztrelec „Magnéziumkohászat“ c. művében a 3. fejezetben összehasonlító táblázat található a magnézium gőznyomásának Zsivov, valamint Pidgeon és King által megállapított értékei között. Az eltérés lényeges. Az összehasonlítás azonban téves, mert Zsivov adatai a $4 \text{MgO} + \text{Si} = 2 \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 + 2 \text{Mg}$ vegyfolyamatra, míg Pidgeon és King adatai a $2 \text{MgO} + 2 \text{CaO} + \text{Si} = 2 \text{CaO} \cdot \text{SiO}_2 + 2 \text{Mg}$ vegyfolyamatra vonatkoznak.

Így folyt le a szinités, ha a szinitésre csupán például a magnézit kalcinálásával nyert magnéziumoxidot használnánk. A magnéziumortoszilikát képződésével lekötött Mg azonban a gyártás szempontjából veszteséget jelent. A sztöchiometriai egyenlet szerint az összes magnéziummennyiség felét vesztenénk el ily módon. Az így lekötött magnézium mennyiségét eredményesen pótolhatjuk kalciumoxiddal úgy, hogy az égetett magnézithez ezt hozzáadagoljuk, vagy pedig úgy, hogy a szinitésre égetett dolomitot használunk, mely a kalciumoxidot már eredetileg tartalmazza.

Ebben az esetben a szinités az alábbi egyenlet szerint folyik:



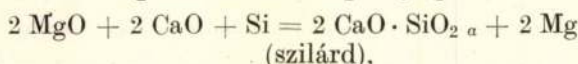
A képződő dikalciumszilikát stabilabb, mint a magnéziumortoszilikát és a gőznyomás a szilíciumdolomit keverék felett lényegesen nagyobb, mint a Mg-Si keverék felett. A különböző szerzők által számított gőznyomásokat a következő táblázat tünteti fel.

Szerző	Grube	Pidgeon és King	Schneider	Számított
Hőmérséklet	1125 1250	1100 1150 1190	1150 1350	1100 1200
Nyomás Hg mm	5,5 33	10,1 18,7 30,2	5,5 100	2,6 9,63

A termodinamikai adatokból számítottaknál a különböző szerzők kísérletileg nyert értékei lényegesen nagyobbak.

A folyamatban résztvevő anyagok képződési hője, entrópiája és hőtartalma alapján levezetve, a vegyfolyamat képződési szabadenergiájának értékeit az alábbi egyenletek szerint határozhatjuk meg.

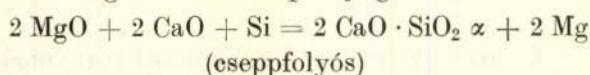
A magnézium olvadáspontjáig



$$\Delta H = 53\,121 - 10,05 T + 8,20 \cdot 10^{-3} T^2 - 5,61 \cdot 10^5 T^{-1},$$

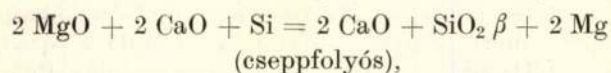
$$\Delta G^\circ = 53\,121 + 10,05 T \ln T + 8,20 \cdot 10^{-3} T^2 - 2,8 \cdot 10^5 T^{-1} - 75,72 T.$$

A magnézium forráspontjáig



$$\Delta H = 56\,131 - 7,53 T + 6,7 \cdot 10^{-3} T^2 - 7,17 \cdot 10^5 T^{-1},$$

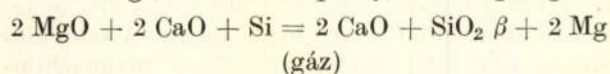
$$\Delta G^\circ = 56\,131 - 7,53 T \ln T - 6,7 \cdot 10^{-3} T^2 - 3,58 \cdot 10^5 T^{-1} - 64,23 T,$$



$$\Delta H = 49\,549 + 6,57 T - 0,43 \cdot 10^{-3} T^2 - 7,17 \cdot 10^5 T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = 49\,549 - 6,57 T \ln T + 0,43 \cdot 10^{-3} T^2 - 3,58 \cdot 10^5 T^{-1} + 33,64 T.$$

A magnézium forráspontján felül pedig

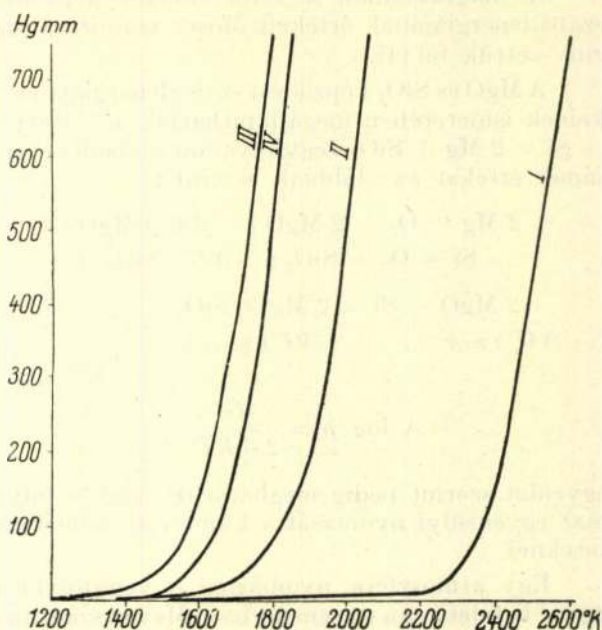


$$\Delta H = 121\,590 + 1,91 T - 0,43 \cdot 10^{-3} T^2 - 7,17 \cdot 10^5 T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = 121\,590 - 1,91 T \ln T + 0,43 \cdot 10^{-3} T^2 - 3,58 \cdot 10^5 T^{-1} - 51,92 T.$$

Az egyenletek szerint számított szabadenergia-értékeket az 5. diagramm és a következő táblázat tünteti fel:

°K	ΔG° kal
1273	32 928
1373	30 998
1473	25 537
1573	18 706
1673	11 940



4. ábra. A magnézium gőznyomásának görbéi. I a $2 \text{MgO} + \text{Si} = \text{SiO}_2 + 2 \text{Mg}$, II a $4 \text{MgO} + \text{Si} = 2 \text{MgO} \cdot \text{SiO}_2 + 2 \text{Mg}$, III a $2 \text{MgO} + 2 \text{CaO} + \text{Si} = 2 \text{CaO} + \text{SiO}_2 + 2 \text{Mg}$ vegyfolyamatnál Pidgeon és King szerint, IV ugyanaz számítás szerint.

A folyamat egyensúlyi nyomását Hg 0 mm-ben a különböző hőmérsékletek mellett a

$$\log p = 10,37 - \frac{13\,820}{T} \text{ Hg 0 mm}$$

egyenlet szerint számíthatjuk ki.

Az egyensúlyi hőmérséklet a fenti egyenlet szerint számítva 1 atm nyomásnál 1572° C, 1 mm Hg 0 nyomásnál 1059° C.

Pidgeon és King kísérletei alapján, melyeknél a magnézium gőznyomását hidrogént vivő gáz használata mellett állapították meg a gőznyomás és a hőmérséklet logaritmikus összefüggésének megállapítására az alábbi egyenletet ajánlják:

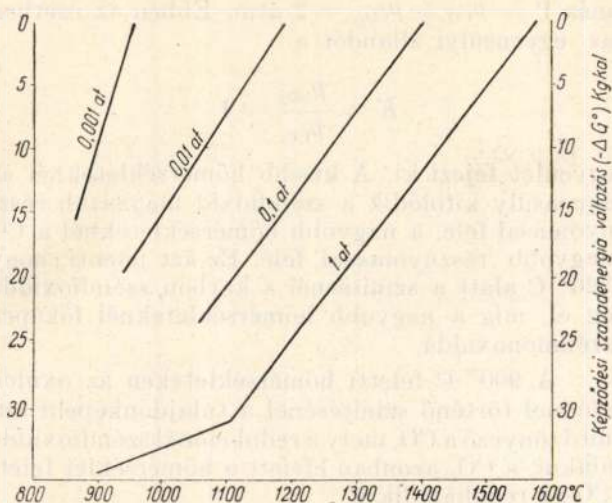
$$\log p = 8,92 - \frac{10\,875}{T}.$$

Az egyensúlyi nyomás ez egyenlet szerint 1800° K-nál éri el az 1 atmoszférát.

A Mg gőznyomását a dolomit-szilícium keverék felett a következő táblázat, valamint a 4. diagramm III és IV görbéje tünteti fel.

°K hőmérséklet	Nyomás Hg 0 mm	
	Pidgeon és King szerint	számítás szerint
1273	238	1,12
1373	9,12	2,6
1473	34,20	9,63
1573	99,50	38,10
1673	263,1	125,9

Ennél a vegyfolyamatnál is csak a magnézium az egyetlen gázállapotban lévő folyamati termék,



5. ábra.

A dolomit-szilicium keverék szabadenergiájának értékei a hőmérséklet függvényében.

ezért az egyensúlyi állandó egyenlő az atmoszférában kifejezett Mg nyomás négyzetével.

$$K_p = P^2 \text{ Mg.}$$

Az egyensúlyi állandó értékéből a van t'Hoff egyenlet integrált alakját használva kiszámíthatjuk a folyamat hőt.

$$\ln K = \frac{\Delta H}{Rt}$$

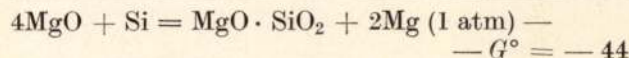
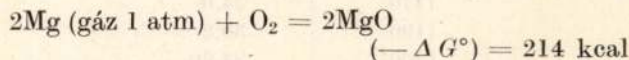
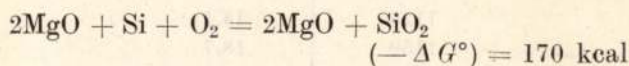
A fent elmondottakból a gyakorlat részére a következőket szűrhetjük le. A $2 \text{ MgO} + \text{Si} = 2 \text{ Mg} + \text{SiO}_2$ reakció elvi vegyfolyamat, mely tulajdonképpen gyakorlatilag nem is valósítható meg. A magnéziumortoszilikát képződése mellett lejátszódó vegyfolyamat viszont, mely szerint a szinités valóságban lefolyik, mint ahogy ezt Schneider és Hesse röntgenográfiai úton bebizonyították, nem gazdaságos, mert magnéziumvesztéssel jár, így tehát a gyártást erre alapítani helytelen lenne. A szinités sziliciummal csak a $\text{MgO} - \text{CaO} - \text{Si}$ keverék használatával gazdaságos, mint ahogy ez a fent vázolt termodinamikai sajátságoknál fogva nyilvánvaló. A keveréket azonban MgO -ból és CaO -ból összeállítani nem is lenne helyes, már azért sem, mert *kétféle nyersanyagot kellene feldolgozni, magnezitet és mészkövet és ezeket külön égetőkemencékben kellene kalcinálni*. A dolomit kalcinálásával azonban közvetlenül megkapjuk a megfelelő $\text{CaO} - \text{MgO}$ keveréket, melyet kisebb mennyiségű égetett magnezit vagy mészkő szükség szerinti hozzáadásával a legjobb kihozattal biztosító molviszonyra helyesbítünk.

Az ipari magnéziumszinitő kemencék leg-súlyosabb problémája a megfelelő vákuum és hőmérséklet előállítása, valamint a behelyezett adag lehető leggyorsabb felmelegítése. Ez utóbbi a reakciósebességre van elsősorban hatással, mely az ipari gyártás szempontjából rendkívül fontos ugyan, de a termodinamika a folyamat időbeli le-

folyásával nem foglalkozik, ezért ennek a pontnak a vizsgálatától eltekintünk.

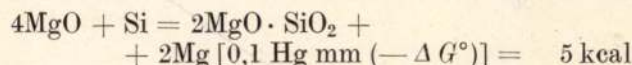
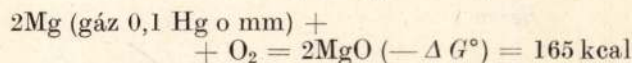
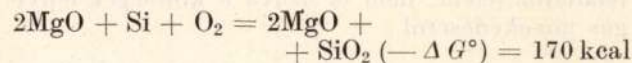
A szinitési folyamat megvalósítása annál valószínűbb és annál gyorsabb, minél messzebb vagyunk az egyensúlyi állapottól a megvalósulás irányában, tehát minél pozitívabb a képződési szabadenergia értéke. A magnéziumoxid szinitési vegyfolyamatnál az egyensúlyi állapottól a szinités irányában a hőmérséklet növekedésével és a nyomás csökkentésével haladhatunk.

A szinités különleges kis nyomáson való végrehajtása nem biztosít a kis nyomás előállításával felmerülő műszaki akadályokkal és költségekkel arányos előnyöket. Nézzük például a $4 \text{ MgO} + \text{Si} = 2 \text{ MgO} \cdot \text{SiO}_2 + 2 \text{ Mg}$ vegyfolyamatot, egy atmoszféra nyomásnál, 1200° C -nál. A képződési szabadenergia értékeit a 3. diagrammból vesszük.



tehát ennél a hőmérsékletnél normál nyomáson a szinités nem hajtható végre, mert $(-\Delta G^\circ)$ értéke negatív.

$0,1 \text{ Hg}$ o mm nyomásnál folytatva a szinitést, mely nyomást az ipari kemencéknél elérhető leg-alacsonyabb nyomásnak kell tekintenünk, a viszonyok a 3. diagrammnak megfelelően a következőképpen változnak:



$0,1 \text{ Hg}$ o mm nyomásnál a szinités tehát végrehajtható, azonban az egyensúlytól való eltolódás a szinités irányában aránylag kicsi.

Ezzel szemben a hőmérséklet növelésével lényegesen jobbfelé tolhatjuk a vegyfolyamat egyensúlyát. A képződési szabadenergia értékeit durván a diagrammból véve $0,1 \text{ Hg}$ o mm nyomásnál a hőmérsékletet fokozatosan növelve a folyamat szabadenergia-értékei változását az alábbi táblázat tünteti fel.

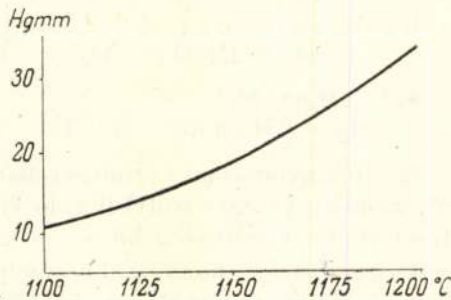
Hőmérséklet $^\circ \text{C}$	$(-G^\circ)$ kcal
1250	10
1300	14
1350	20
1400	26

A hőmérséklet növelésének hatását nyilvánvalóan bizonyítja az egyensúlyi nyomások gyors növekedése is, mint ahogy ez a közölt diagrammokról és táblázatokról látható.

A dolomit szilíciumos elegyből szinitett magnézium gőznyomását 1100 és 1200° C között Pidgeon és King vizsgálták s értékeit kísérletileg állapították meg. E hőmérséklet határoknak a jelentősége az ipari kemencéknél van, mert bármely megoldású kemencékben e hőmérsékletek még könnyen tarthatók. Pidgeon és King szintén kísérletileg megállapították, hogy a nyomás 0,001 Hg o mm és 5 Hg o mm között változtatható anélkül, hogy ez a kihozatalra lényeges hatással lenne. A kihozatal 0,001 Hg o mm nyomásnál 78%, 5 Hg o mm nyomásnál 72%.

Hőmérséklet °C	(Nyomás Hg mm)
1100	10,1
1125	14,1
1150	18,7
1170	24,0
1190	30,2
1200	34,20

Az elmondottak helyessége a $(-\Delta G) = (-\Delta G^\circ) + RT \cdot \ln p$ egyenletből is kitűnik. A korrekciós tag nagysága a $\ln p$ értékelével változik. A nyomás 0,001 Hg o mm-ről 1,0 Hg o mm-re való változtatásával az atmoszférában kifejezett a korrekciós tag értéke lényegesen nem változik. Az ipari kemencéknél azonban a nyomás ilyen mérvű csökkentése műszakilag alig megoldható feladatot jelent, nem is szólva a költségek lényeges növekedéséről.



6. ábra. A magnézium gőznyomása a hőmérséklet függvényében 1100—1200°-ig Pidgeon és King szerint.

A fémoxidok szénnel történő redukciója a legősből és legáltalánosabb kohászati módszer. Természetes tehát, hogy alkalmazásának lehetősége a magnéziumgyártásban is felmerült.

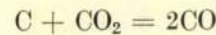
A szénnel, mint általános fémoxid-redukáló anyagnak kivételes helyzete kitűnik a 7. számú diagramból. A $2C + O_2 = 2CO$, a $C + O_2 = CO_2$ és a $C + CO_2 = 2CO$ vegyfolyamatok képződési szabadenergiájának változásait feltűnő gorbék a körülbelül 720° C hőmérsékletnél lévő pontban találkoznak. Ennél a hőmérsékletnél, tehát $C + CO_2 + 2CO$ vegyfolyamat egyensúlyban van, amennyiben a szénmonoxid és széndioxid nyomása 1 atmoszféra, tehát az össznyo-

más $P = p_{CO} + p_{CO_2} = 2 \text{ atm}$. Ebben az esetben az egyensúlyi állandót a

$$K = \frac{p_{CO_2}}{p_{CO}} = 1$$

egyenlet fejezi ki. A kisebb hőmérsékleteknél az egyensúly kitolódik a széndioxid magasabb résznyomásai felé, a nagyobb hőmérsékleteknél a CO nagyobb résznyomásai felé. Ez azt jelenti, hogy 720° C alatt a szinitésnél a karbon széndioxiddá ég el, míg a nagyobb hőmérsékleteknél főképpen szénmonoxiddá.

A 900° C feletti hőmérsékleteken az oxidok szénnel történő szinitésénél a tulajdonképeni szinitő tényező a CO, mely a redukciónál széndioxiddá alakul, a CO₂ azonban efelett a hőmérséklet felett CO-ra redukálódik a

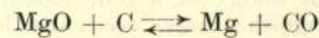


egyenlet szerint úgy, hogy a végtermék a CO. A $2C + O_2 = 2CO$ vegyfolyamat képződési szabadenergiájának értékei ellentétben a fémoxidokéval a hőmérséklet emelkedésével növekednek. Ennek az oka a karbon rendkívüli nagy és a CO kis forrponja. Megfelelően nagy hőmérsékleten a CO képződési szabadenergiájának görbéje alá megy még a legreaktívabb fémek oxidációs görbéjének is.

Így a $2C + O_2 = 2CO$ vonal az $2Mg + O_2 = 2MgO$ vonalat 2000° C alatti hőmérsékleten metszi, ezért e hőmérséklet felett 1 atm nyomásnál a MgO szénnel szinithető magnéziumgőz és CO képződése mellett.

A magnéziumoxid és szén között két vegyfolyamat lehetséges, vagy karbid képződik, vagy a szén szinit a magnéziumoxidot. A karbidképződés 500—740° C-on jöhet létre, amikor kis mértékben mindkét karbid, a MgC₂ és Mg₂C₃ képződhetik. Mind a két karbid azonban 800° C felett bomlik. A MgO szénnel történő redukciója csak lényegesen nagyobb hőmérséklet mellett folytatható le, ezért a karbidképződésre nem kell figyelemmel lennünk.

A szinités a



vegyfolyamat szerint folyik.

A magnéziumoxid különleges állandósága következtében ennél a vegyfolyamatnál a magnézium gőznyomása csak egész nagy hőmérsékleteknél válik jelentőssé. Ezért sokáig úgy vélték, hogy a MgO szénnel nem szinithető. Az irodalmi adatok szerint az első ilyen kísérletet I. Walter végezte 1894-ben minden eredmény nélkül. Idővel azonban a szinitésnek ez a módja ipari alkalmazást is nyert. Az úgynevezett Hansgirg-eljárás szerint, mely a szinitést 2000° C körül végzi, több gyár működött. Ausztriában, Koreában, Angliában és a legnagyobb az Amerikai Egyesült Államban 12 000 tonna évi teljesítménnyel.

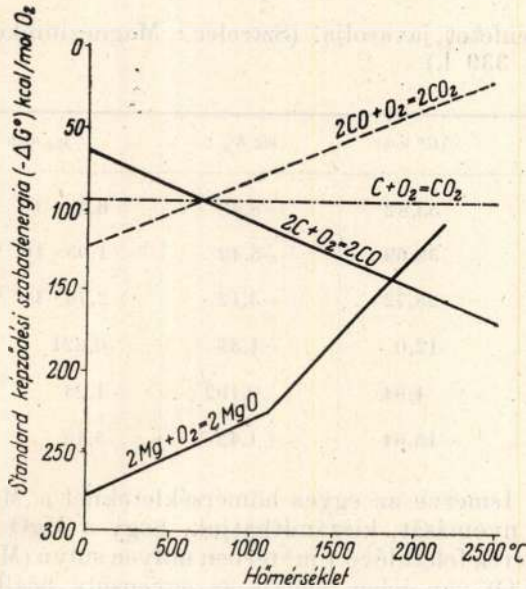
A MgO képződési szabadenergiáját a már ismert, $C + \frac{1}{2} O_2 = CO$ vegyfolyamat szabad-

energiájának értékeit különböző hőmérsékleteknél a

$$\Delta G^\circ = -25\,610 + 0,48 T \log T + 0,78 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,06 \cdot 10^5 T^{-1} - 24,45 T$$

egyenlet szerint számítjuk ki.

A magnéziumoxid és CO szabadenergia-változásait a 7. diagramm tünteti fel.



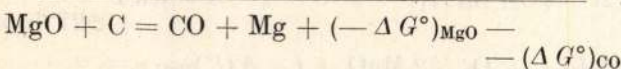
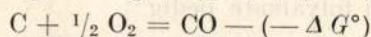
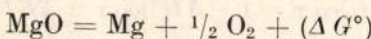
7. ábra.

A MgO és CO szabadenergiájának változása a hőmérséklet függvényében.

A CO képződési szabadenergiájának értékeit a következő táblázat tartalmazza Treadwell és Terebesy számítása szerint. (M. Mack: Grundlegendes zur Reaktion zwischen Magnesiumoxid und Kohlenstoff. Radex Rundschau, 1952.) (Az eredeti adatoknál a $(-\Delta G^\circ)$ értékek voltak megadva.)

°K	$-\Delta G^\circ$	°K	$-\Delta G^\circ$	°K	$-\Delta G^\circ$	°K	$-\Delta G^\circ$
298	32997	900	45323	1500	58116	2100	70569
400	35054	1000	47958	1600	60402	2200	72434
500	37360	1100	49813	1700	62267	2300	74259
600	39666	1200	52120	1800	64573	2400	76104
700	40911	1300	53965	1900	66418	2500	78410
800	43814	1400	56271	2000	68263	2600	80255

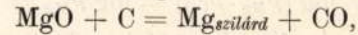
A $(-\Delta G^\circ)_{MgO}$ és $(-\Delta G^\circ)_{CO}$ ismeretében a két vegyfolyamat összeadásával megállapíthatjuk a szinitési folyamat $MgO + C = CO + Mg$ értékeit az alábbiak szerint:



tehát bármely hőmérsékletnél a szinitési vegy-folyamat szabadenergiája

$$(\Delta G^\circ)_{szin} = (\Delta G^\circ)_{MgO} - (-\Delta G^\circ)_{CO}$$

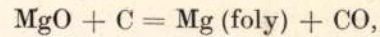
A szabadenergia-értékeket meghatározhatjuk közvetlenül az alábbi egyenletek szerint is. A magnézium olvadáspontjáig



$$\Delta H = 119\,260 - 2,17 T + 0,155 \cdot 10^{-3} T^2 - 3,449 \cdot 10^5 T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = 119\,260 + 5,00 T \log T - 0,155 \cdot 10^{-3} T^2 - 1,75 \cdot 10^5 T^{-1} - 63,60 T.$$

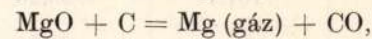
A magnézium olvadáspontja felett:



$$H = 120\,950 - 0,97 T - 0,51 \cdot 10^{-3} T^2 - 4,177 \cdot 10^5 \cdot T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = 120\,950 + 2,23 T \log T + 0,51 \cdot 10^{-3} T^2 - 2,088 \cdot 10^5 T^{-1} - 57,79 T.$$

A magnézium forráspontja felett



$$H = 155\,810 - 3,40 T - 0,51 \cdot 10^{-3} T^2 - 4,177 \cdot 10^5 T^{-1},$$

$$\Delta G^\circ = 155\,810 + 7,83 T \log T + 0,51 \cdot 10^{-3} T^2 - 2,088 \cdot 10^5 T^{-1} - 100,34 T.$$

A vegyfolyamat szabadenergiájának ismeretében kiszámítható az egyensúlyi állandó logaritmusának értéke az alábbi egyenlet szerint:

$$\log K_p = \frac{(-\Delta G^\circ) \text{ kal}}{4,574 T}.$$

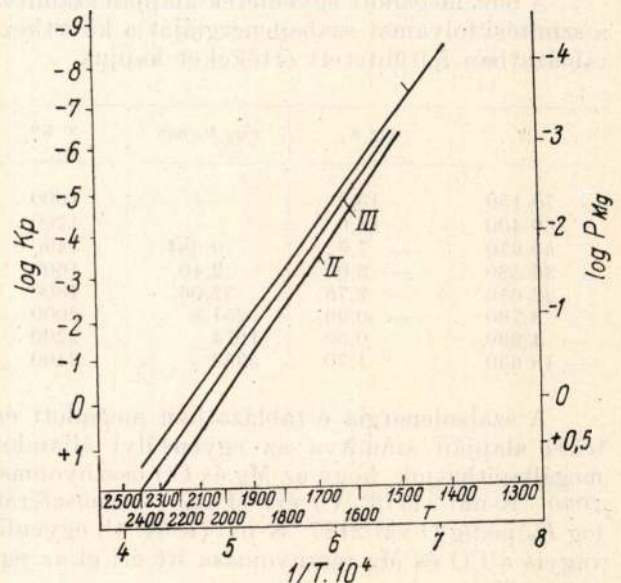
A magnézium forráspontjáig (1380 °K) a rendszerben a szénmonoxid az egyetlen gázállapotú tényező, tehát

$$K_p = p_{CO}$$

ezen a hőmérsékleten felül pedig két gázállapotú tényező mellett

$$K_p = p_{CO} \cdot p_{Mg}$$

A rendszerben a szén és magnéziumoxidot független alkotóknak véve mondhatjuk, hogy a



8. ábra. A magnézium gőznyomása a MgO CO rendszerénél a hőmérséklet függvényében. I M. Mack szerint. II A. I. Leonov kísérletei szerint. III Számítás alapján.

gázfázis egyenlő mennyiségű CO-ból és Mg-ből áll, tehát írhatjuk, hogy

$$\log K_p = \log (P_{Mg} \cdot P_{CO}) = \log P_{Mg} = 2 \log M_g$$

A MgO és CO képződési szabadenergiájának a közölt táblázatokban megadott értékei alapján számítva a szinitési vegyefolyamat szabadenergiáját, egyensúlyi állandóját és a magnézium gőznyomását az egyes hőmérsékleteknél a következő táblázat, valamint a 8. diagramm I görbéje tünteti föl.

T °K	ΔG° kcal	log K _p	T °K	-ΔG° kcal	log K _p	P _{Mg} atm
300	105,6	-76,93	1400	53,82	-8,40	6,29 · 10 ⁻⁵
400	101,1	-55,26	1600	39,69	-5,42	1,95 · 10 ⁻³
600	91,4	-22,54	1800	25,72	-3,12	2,75 · 10 ⁻²
800	76,6	-18,13	2000	12,0	-1,31	0,221
1000	73,2	-15,9	2200	-1,94	+0,192	1,24
1200	63,65	-11,59	2400	-15,64	+1,42	5,15

Treadwell egy atmoszféra nyomásnál az egyensúlyi hőmérsékletet 2175 °K (1902 °C)-nál állapította meg. De az egyensúlyt egy atmoszféra mellett úgy értelmezték, hogy az Mg gőz és a CO nyomása egyenként egy atmoszféra.

Ha azonban az egyensúlyi hőmérsékleten azt a hőmérsékletet értjük, amelynél az Mg és CO össznyomása egy atmoszféra, tehát ha P_{Mg} + P_{CO} = 1 vagyis P_{Mg} = P_{CO} = 1/2, akkor

$$\log K_p = \log (1/2)^2 = \log 0,25 = 0,398 - 1 = -0,602$$

A 8. diagramm I görbéje alapján megállapíthatjuk, hogy ebben az esetben az egyensúlyi hőmérséklet egy atmoszféra nyomásnál 2092 °K₁ = 1819 °C.

A fent megadott egyenletek alapján számítva a szinitési folyamat szabadenergiáját a következő táblázatban feltüntetett értékeket kapjuk.

G°	log K _p	P _{Mg} Hg mm	T K°
70 150	-15,3	—	1000
60 400	-11,0	—	1200
50 670	-7,92	0,084	1400
36 580	-5,00	2,40	1600
22 610	-2,75	32,06	1800
8 760	-0,96	251,8	2000
-4 990	0,50	1074	2200
-18 630	1,70	5383	2400

A szabadenergia e táblázatban megadott értékei alapján számítva az egyensúlyi állandót, megállapíthatjuk, hogy az Mg és CO össznyomása 2040 °K-nál (1173 °C) éri el az 1 atmoszférat. log K_p pedig 0-val 2127 °K-nál (1854 °C) egyenlő, vagyis a CO és Mg résznyomása itt éri el az egy atmoszférat.

Kísérletileg A. I. Leonov határozta meg az egyensúlyi állandót a gázfázis egyensúlyi állandónak elektromágneses lemérése útján. Szerinte a

Mg és CO résznyomása 2060 °K (1787 °C) hőmérsékletnél éri el az egy atmoszférat. A kísérletileg megállapított érték a számítottaknál 67, illetve 115°-kal kisebb.

A. I. Leonov a kísérletileg megállapított értékek alapján az egyensúlyi állandó kiszámítására a

$$\log K_p = \frac{34\,120}{T} + 16,60$$

egyenletet javasolja. (Sztrelec : Magnéziumkohászat 339 l.)

Ismerve az egyes hőmérsékleteknél a Mg és CO nyomását, kiszámíthatjuk, hogy a MgO + C keverék felett lévő 1 m³ térben milyen súlyú (Mg + CO) van jelen, vagyis az egyensúly beálltaig mennyi gramm Mg gőzölög el. Az így nyert értékeket tartalmazza az alábbi táblázat.

T °K	t °C	g (Mg + CO) m ³
1400	1127	0,0286
1600	1327	0,775
1800	1527	9,72
2000	1727	70,5
2092	1819	152
2200	1927	362
2400	2127	1369

Ez azonban csak zárt térben lévő nyugalmi egyensúlyra érvényes. Ha a szinités termékeit a redukciós térből eltávolítjuk, a redukció újra továbbfolyik, míg a redukciós tér az egyensúlyi hőmérsékletnek megfelelő Mg gőz- és CO gázkeveréket nem tartalmaz. A reakciótermékek folyamatos elvonása mellett a szinitést az 1 atmoszféranak megfelelő egyensúlyi hőmérsékletnél kisebb hőmérsékleten is folytathatjuk.

A résznyomástól eltérő kisebb nyomásnál a magnéziumoxid képződési szabadenergiája

$$(\Delta G)_{MgO\ T} = (-\Delta G^\circ)_{Mg\ T} - 2RT \ln p,$$

a szénmonoxidé

$$(-\Delta G)_{CO\ T} = (-\Delta G^\circ)_{CO\ T} + 2RT \ln p,$$

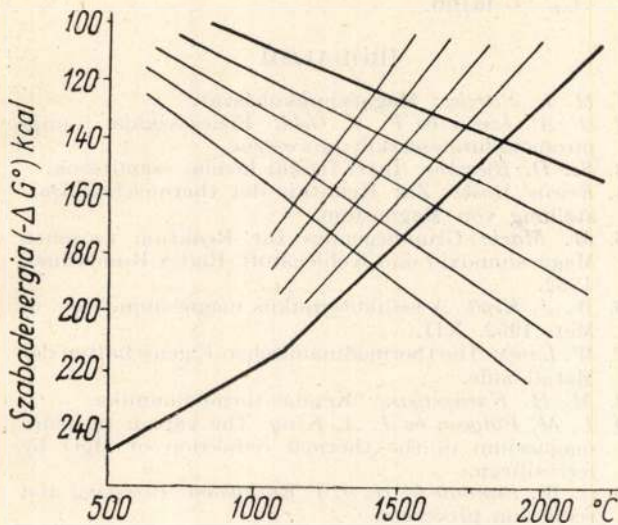
a szinitési folyamaté pedig

$$2C + O_{21\ atm\ (T)} = 2CO + (-\Delta G^\circ)_{CO\ T} + 2RT \ln p$$

$$2Mg_{g\ \delta z} + O_2 = 2MgO + (-\Delta G^\circ)_{MgO\ T} - 2RT \ln p$$

$$2MgO + 2C = 2Mg_{g\ \delta z} + 2CO - (-\Delta G^\circ)_{MgO\ T} + (-\Delta G^\circ)_{CO\ T} + 4RT \ln p.$$

Fenti egyenletek alapján számított értékek szerint a következő diagramm készíthető.



9. ábra. A $\text{MgO} + \text{C} = 2\text{MgO} + \text{CO}$ vegyfolyamatnak az alkotók különböző nyomása mellett egyensúlyhőmérséklet-függvénye.

Mindezek alapján megállapíthatnánk, figyelembevéve a szénnek, mint szinitő anyagnak olcsóságát, a szinitési folyamat lefolytatásának kedvező termodinamikai és műszaki körülményeit, hogy a szén a magnéziumkohászat ideális szinitő anyaga. Azonban a szénnel történő szinitésnél a szinitési térben két gázfázisú anyag van.

A magnéziumgőz elvonásával a redukciós térből vele együtt eltávolítjuk a szénmonoxidot is. A gázkeveréket a szilárd magnéziumfém kinyerése végett 650°C alá kell hűtenünk. Abban a pillanatban azonban, ahogy az egyensúlynyomásnak megfelelő hőmérsékletre hűtjük le a gázkeveréket, természetesen a $\text{MgO} + \text{C} = \text{Mg} + \text{CO}$ vegyfolyamat nem jobbra, hanem balra folyik, s így a kinyert magnéziumfém visszaoxidálódik.

Ennek a jelenségnek a megakadályozására különböző módszereket dolgoztak ki, pl. a keveréket hideg semleges gázárammal hirtelen 200°C -ra hűtik s így a visszaoxidálás az idő rövidsége miatt bonyolulttá teszi és drágítja az eljárást. Pl. a gyors lehűtéssel nyert rendkívül finom szemcséjű poralakú magnéziumfém gyúlékony, nem olvasztható be, nem tömbösíthető közvetlenül, hanem először vákuumban való szállasztással kristályosítani kell.

Tárgyilagosan megállapíthatjuk, hogy a fejlődés jelenlegi foka mellett a magnéziumoxidnak szilíciummal, illetve ferroszilíciummal való szinitése a leggazdaságosabb és ennél a módszernél legegyszerűbb az eljárás is. Ez a megállapítás nem jelenti azt, hogy a szénnel történő szinités a gyártásmódban jelenleg meglévő nehézségek eltávolítása után nem válhatna versenyképessé. Sőt ez valószínűleg be is fog következni.

Az egyes ipari gyártás szempontjából fontos termodinamikai adatok megállapításánál, a folyamatok meghatározásánál, mint pl. a folyamat egyensúlya, egyensúlyi nyomása, egyensúlyi ál-

landó meghatározása stb. sem a különböző szerzők által javasolt módon elméleti számítás alapján megállapítva, sem kísérletileg meghatározva azokat, nem kaptunk egységes eredményeket. Így ezek nem szolgálhattak sok esetben az ipari gyártás részére határozott vezérfonalul. Pl. 1100°C hőmérsékletnél, mely hőmérséklet a kívülről fűtött retortáknál rendkívül fontos, mert ennél a hőmérsékletnél még a kisebb mennyiségű ötvözőanyagot tartalmazó acélok is megfelelő szilárdságúak és reveállók, a dolomit-szilícium elegy feletti magnézium gőznyomása a termodinamikai adatokból számítva $2,60\text{ Hg mm}$, Pidgeon és King mérései szerint $10,1\text{ Hg mm}$. Tehát ez azt jelenti, hogy pl. a számítás szerint 5 Hg mm nyomásnál a szinitést nem tudnánk végrehajtani, vagy legalább is a folyamat nagyon lassú lenne. A kísérleti megállapítás szerint pedig minden valószínűség szerint kielégítő sebességgel végrehajtható. Amennyiben valamely oknál fogva csak a jelzett hőmérsékletet és nyomást tudnánk előállítani, nem lennének biztosak a szinités végrehajtásának lehetőségében. Mellesleg megjegyezve, a gyakorlat Pidgeont és Kinget igazolja.

Ennek a bizonytalanságnak az oka egyrészt a csekélyszámú kísérlet, a kísérleti és mérési körülmények nem kielégítő volta. Másrészt a számításal meghatározott tényezőknél a zalapvető, kiinduló termodinamikai adatok pontatlansága, határozatlansága.

Nézzük pl. a magnéziumoxid legfontosabb adatait. A fajhőre vonatkozó adatok nagyjából még egyeznek.

$$\text{Mg szil: } C_p = 6,20 + 1,33 \cdot 10^{-3} T - 0,68 \cdot 10^5 T^{-2},$$

$$\text{Mg foly: } C_p = 7,4,$$

$$\text{Mg gáz: } C_p = 4,97.$$

A magnéziumoxid fajhőinél már eltérést találunk. Kelley szerint

$$\text{MgO: } C_p = 10,86 + 1,20 \cdot 10^{-3} T - 2,09 \cdot 10^5 T^{-2}.$$

A. Ju. Taic szerint:

$$\text{MgO: } C_p = 10,18 + 1,74 \cdot 10^{-3} T - 1,48 \cdot 10^5 T^{-2}.$$

A képződési hőnél is találhatók eltérések. F. R. Bichovszky és F. D. Rossini szerint, mely értéket a nyugati irodalom általában elfogadott $H_{298} = -146\,100\text{ kal}$, ezt az értéket M. H. Karapetyanc is elfogadta, A. Ju. Taic szerint $143\,840\text{ kal}$, Sz. D. Bjevskov — $145\,800\text{ kal}$ -nak adja meg. Az entrópiára vonatkozó adatok aránylag egységesek. $S_{298} = 7,8 + 0,1$, $S_{298} = 6,4 + 0,1$. Ennek következtében $T S_{298} = 7720 + 60$. A képződési szabadenergiának értéke változik a $G_{294} = H_{298} - T \cdot S_{298}$ egyenletnek megfelelően aszerint, hogy a felsorolt képződési hő értékéből melyiket választjuk kiindulásul. Bichovszky és Rossini szerint $G_{298} = -138\,380$. W. D. Teadwell és I. Hartnagel meghatározása szerint — $138\,690\text{ kal}$.

Az olvadási hő 650°C nál Kelley mérések alapján 1160 kalóriának vette fel a biner-rendszer-

ből meghatározva 2160 kalóriának értékelte. A szovjet irodalom úgy látszik ez utóbbi értéket fogadja el, míg általánosságban inkább az első az elfogadott, annál is inkább, mert Treadwell, Hartmann és Schneider gőznyomás mérései alapján számítva az olvadási hőt, 1350 kal/mol határozza meg. Treadwell és Hartnagel egyik művében 1130 kal/mol-t ad meg.

A közöltekből láthatjuk, hogy ha létesítendő magnéziumiparunkat szilárd elméleti alapokra akarjuk fektetni és ezekből kiindultan az ipari gyártást fejleszteni, komoly feladat vár kutatóinkra a magnéziumszinitéssel kapcsolatos termodinamikai adatok megszerzése és meghatározása terén.

A használt jelzések jelentése:

ΔG° = standard szabadenergia-változás kal vagy kcal.

ΔG = szabadenergia-változás kal vagy kcal. = a molekulák száma.

T = abszolút hőmérséklet.

ΔS° = standard entrópia-változás.

R° = gázállandó, 1,986 kal/mol/fok.

p° = egyensúlyi nyomás atmoszféra vagy Hg 0 mm.

ΔH° = standard hőállapotváltozás kal vagy kcal.

C_p = fajhő.

IRODALOM

1. H. L. Sztreclec: Magnéziumkohászat.
2. O. A. Jeszin és P. V. Geld: Fiziceszkája himija pirometallurgicseszkkih processzov.
3. Sz. D. Bjeszkov: Ipari fizikai kémiai számítások.
4. Erwin Moser: Zur Kenntnis der thermischen Darstellung von Magnesium.
5. M. Mack: Grundlegendes zur Reaktion zwischen Magnesiumoxid und Kohlenstoff. Radex Rundschau. 1952.
6. W. J. Kroll: A szilikotermikus magnézium. Rev. d. Met. 1952. XII.
7. W. Lange: Die thermodynamischen Eigenschaften der Metalloxide.
8. M. H. Karapetyanc: Kémiai termodinamika.
9. L. M. Pidgeon és J. A. King: The vapour pressure magnesium in the thermal reduction of MgO by ferrosilicon.
10. C. W. Dannatt és H. J. T. Ellingham: Roasting and reduction processes.
11. Albert Regner: Pouziti termodinamiky pri základních hutnických pochodech. Hutnicke Listy 1952. IV—V.
12. Erdély-Grúz Tibor és Schay Géza: Elméleti fizikai kémia.
13. Dr. Horváth Zoltán: Fémkohászati folyamatok termodinamikája.
14. Dr. Lányi Béla: Termodinamikai gondolkodásmód elemei.

Na₂O-tartalom meghatározása műkorundban, termikus salakokban és timföldben

FERENCZY MIKLÓS

Ференци Миклош

ОПРЕДЕЛЕНИЕ Na₂O ИСКУСТВЕННОМ КОРУНДЕ, ТЕРМИЧЕСКОМ ШЛАКЕ И В ПЛИНОЗЕМЕ.

Von M. Z. Ferenczy Dipl. Ing. Chem.:

Bestimmung des Na₂O Gehaltes in Kunstkorund, in thermischen Schlacken und in Tonerde.

by M. Z. Ferenczy Dipl. Eng. Chem.:

Determination of Na₂O-Content in Elektrokorundl in Differentes Slags, and in Alumina.

I. Műkorund nátriumoxid tartalmának meghatározása

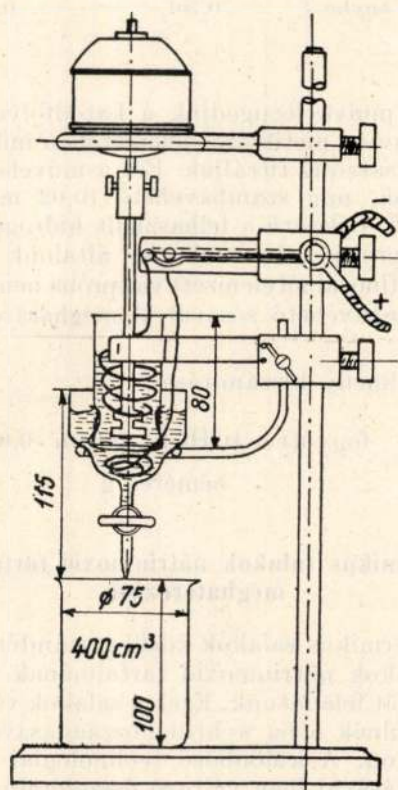
A műkorund nátriumoxid tartalmának meghatározásánál a legnagyobb nehézséget az okozza, hogy az alkáloxid a műkorund kristály-szerkezetébe épül be. Beljankin, Sapin és Simanov szerint a nátriumoxid β -korund rácsába épül be, sőt feltehető, hogy vegyületképződés áll fenn. Simanov (1) ezt a vegyületet egy szverdlovski salakból azonosította is, képlete: $(K, Na)O \cdot 11Al_2O_3$ -nak adódott. Szerinte a β -korund kémiailag abban különbözik az α -korundtól, hogy 3—4% nátriumoxidot is tartalmaz. Természesen kristálytanilag is van különbség, mert az α -korund romboéderes, a β -korund hexagonális kristályokban fordul elő.

H. B. Barlett (2) adatai is megerősítik ezt a feltevést. Szerinte 10% nátriumoxidot α -korunddal összeolvasztva, az olvadék 75%-a β korunddá alakul át. Az átalakulás reverzibilis. A β -korund kristályai szívósabbak, szálak kristályokká törnek és így tovább megtartják csiszolókéességüket, míg az α -korund apró szemcsékre törik szét. Mivel az alkáloxid tartalom befolyásolja a műkorund mechanikai tulajdonságait, a nátriumoxid meghatározása igen fontos.

A nátriumoxid meghatározására igen sok módszer kínálkozik, de az α -korund rácsának szétrombolását ezek a módszerek nem oldják meg. Először is megpróbáltuk a vörösiszap elemzésekénél jól bevált dr. Papp-féle elektrolitikus módszert (3) alkalmazni. Kénnel olvasztottuk össze a műkorundot, majd a kenet óvatosan elégettük és desztillált vízzel az ábrán látható készülék anódtérét képező diafragmás üveghengerbe mostuk. A készülék 110 V-os egyenárammal működik, katódnak nikkelt, anódnak 0,8 mm átmérőjű platina-drótot alkalmaztunk. A katódtérben meleg desztillált víz van, ami a csapos tölcésén időnként leereszthető. Diafragmának 0,23 mm vastagságú titándioxidos matt celofánt (Magyar Viscosa rt. gyártm.) alkalmaztunk. Ez a diafragma a szuszpenziót nem engedi át, de a nátrium-ionokat átbocsátja. A 110 V-os egyenáram már elektroforetikus

jelenségeket is megindít. Gyengén alkálikus közegben, cellofán diafragmával elválasztott vízrétegek vízmolekulái negatív töltést kapnak és az anód felé vándorolnak. Ez a jelenség a nátrium-ionok vándorlását akadályozza, ezért 6 cm szintkülönbséget alkalmazunk, ami a nátrium-ionok vándorlását a katód felé elősegíti. A diafragmaként alkalmazott cellofánhártya kolloid titándioxidot szuszpendál, amelynek segítségével a vízmolekulák ellentétes töltést kapnak. A katódtérbe jutó nátrium-iono-

ezek az eredmények nem is a nátriumoxid tartalomra jellemzőek, hanem a műkorund kalciumoxid tartalma okozza katódtér lúgosságát. Mesterségesen bemért p. a. vegyszerek segítségével kimutattuk, hogy kismennyiségű tartalomnál nátriumoxid kevés kalcium is kielektrolizálható teljes mértékben. Tehát a kenés fellazítás, amely igen jól beválik a vörösiszapok vizsgálatánál, nem használható a műkorund esetében. Ezért olyan fellazítási módszert kell alkalmazni, amely szétroncsolja a kristályrácsot, hogy oldatbavihető legyen a nátriumoxid tartalma. Ilyen fellazítási módszer a többszörös hidrogénfluoridos bepárlás. Ezt a módszert egyébként ammóniumhidroxiddal kombinálva timföld alkálimentes feltárására is lehet használni. Ha a műkorundot hidrogénfluoriddal többször bepároljuk, feltehető, hogy a nátriumoxidból nátriumfluorid, a kalciumoxidból kalciumfluorid keletkezik. A nátriumfluorid desztillált vízben jól oldódik, míg a kalciumfluorid közönséges hőmérsékleten gyakorlatilag oldhatatlan. Az alábbi adatok mutatják a nátriumfluorid oldhatóságát. 100 g deszt. víz old:



1. ábra.

C°-on	g NaF-ot,
15	4,00 Fremy szerint (4)
18	4,40 Mylius, Funk szerint (5)
20	3,96 Jehu és Hudleston szerint (6)
21	4,17 Ditte szerint (7)
25	4,03 Clark szerint (8)
100 g deszt. víz old:	
C°-on	g CaF ₂ -ot
18	1,6 · 10 ⁻³ (9)
26	1,7 · 10 ⁻⁷ (9)

kat tartalmazó folyadékot leeresztjük és metilvörös jelenlétében n/10 sósavval mikrobürettábol megtitráljuk. Ezt a műveletet addig ismételjük, amíg 0,02 ml fogyásnál kevesebbet észlelünk. A fogyott ml-eket összeadjuk. 1 ml n/10 sósavnak megfelel 3,1 mg Na₂O.

A kenés fellazítással az 1. táblázatban látható eredményeket kaptuk.

1. táblázat

Minta jele	Bemérés g	Fogyott n/10 HCl $f = 0,9582$ ml	Vakpróbával korrigálva ml	Alkálitartalom Na ₂ O-ban
U.S.A. . . .	4,0002	1,45	1,25	0,093
1. M.-óvár	4,0010	1,30	1,10	0,082
2. „	4,0003	0,55	0,35	0,026
3. „	4,0005	1,25	1,05	0,078
4. „	4,0002	1,30	1,10	0,082
5. A.-ftő..	4,0006	1,05	0,85	0,063
6. „ ..	4,0003	1,30	1,10	0,082
7. „ ..	4,0007	1,15	0,95	0,071

Látható, hogy igen csekély nátriumoxid tartalom adódik a kenés fellazítással. Feltehető, hogy

A fenti adatokból kitűnik, hogy a bemért műkorundban lévő nátriumfluorid közönséges hőmérsékleten desztillált vízben jól feloldódik, míg a kalciumfluorid gyakorlatilag oldhatatlan marad.

Először próbálkoztunk hidrogénfluorid és koncentrált ammóniumhidroxid keverékkel való bepárlással. Itt nagyon kell vigyázni, hogy az ammóniumhidroxidot teljes mértékben elűzzük. Ez elég nehézkes, mert nem szabad erősen izzítani a száraz maradékot, mivel a nátriumfluorid egy része igen könnyen elillan. A nátriumfluorid már a Bunsenláng hőmérsékletén részben elillan. 0,549 g száraz nátriumfluorid 6 perc alatt 0,4% súlyvesztéssel szenved. A nátriumfluorid nyolcszor illékonyabb, mint a nátriumklorid (10). Hidrogénfluoriddal és ammóniumhidroxiddal történt kétszeres bepárlás útján a műkorund nátriumoxid tartalma elektrodialitikus eljárással meghatározva a 2. táblázatban látható.

2. táblázat

Minta jele	Bemérés g	Fogyott n/10 HCl $f = 0,9582$ ml	Na ₂ O %
1. M.-óvár ..	1,0072	0,94	0,277
5. A.-ftő ...	1,0001	0,75	0,223

Ezután csak hidrogénfluoriddal pároltuk be a porított műkorundot kétszeri, háromszori és öt-

3. táblázat

Minta jele	Bemérés g	Előkészítés módja	Fogyott n/10 HCl f = 0,9582 ml	Alkálitartalom Na ₂ O-ban %
1. Magyaróvár	1,0052	kétszer bepárolva, kétszer enyhe vörös izzásig	0,90	0,267
5. A.-ftő	1,0210	kétszer bepárolva, kétszer enyhe vörös izzásig	0,71	0,207
1. M.-óvár	1,0395	kétszer bepárolva, egyszer enyhe vörös izzásig	0,93	0,266
5. Almásfüzitő	1,0473	ötször bepárolva, háromszor enyhe vörös izzásig	0,471	0,133
1. M.-óvár	1,0080	ötször bepárolva, háromszor enyhe vörös izzásig	0,701	0,206

szöri bepárlást alkalmazva. Elektrodialitikus eljárással kapott eredményeket a 3. táblázat tartalmazza.

A táblázatból kitűnik, hogy többszöri izzítás alkalmával veszteség áll elő, mert a nátriumfluorid egy része elillan. Az izzítást teljesen nem szabad elhanyagolni, mert a szabad hidrogénfluoridot feltétlenül el kell távolítani. Az ammóniumhidroxiddal és hidrogénfluoriddal történt bepárlásokat nem találtuk célravezetőnek, mert az eredmények így mindig kissé magasabbak voltak. Ezért a végleges módszernél csak hidrogénfluoriddal való kétszeres bepárlást és gyenge izzítást (gyenge vörös izzásig) alkalmazunk.

Ezzel a módszerrel végzett elemzések jól egyeznek nagyságrendileg a Harrach Walter (11) által közölt más módszerrel meghatározott nátriumoxid tartalmakkal. Elemzéseinket a „Gránit” csiszolókorong gyár által rendelkezésünkre bocsátott műkorund mintákkal végeztük. Az eredmények a 4. táblázatban láthatók.

4. táblázat

Minta jele	Bemérés g	Fogyott n/10 HCl f = 0,9582 ml	Alkáli tart. Na ₂ O %	Kenes fellazítással Na ₂ O %
U.S.A. . . .	1,0018	0,96	0,276	0,093
1. M.-óvár	1,0052	0,90	0,266	0,082
2. M.-óvár	1,0402	0,92	0,263	0,086
5. A.-ftő . .	1,0210	0,71	0,207	0,063
6. A.-ftő . .	1,0001	0,65	0,193	0,082
7. A.-ftő . .	1,0059	0,39	0,115	0,071

A fentiek alapján a műkorund nátriumoxid tartalmának meghatározására a következő módszer alkalmas:

Bemérünk kb. 1 g 7.000-es szitán áteső porított műkorundot és platina tálban kétszer 20—20 ml 40%-os hidrogénfluoriddal szárazra pároljuk. A maradékot gyengén izzítjuk, de csak annyira, hogy a 0,8 mm vastagságú platinátál ne izzon át. A száraz maradékot kb. 20 ml desztillált vízzel felvesszük, s az így készített szuszpenziót az ábrán látható készülék üveghengerébe mossuk. A katódtérnek szolgáló csapós tölcserbe meleg desztillált vizet teszünk úgy, hogy a két folyadékszint között 6 cm szintkülönbség legyen. 110 V egyenárammal elektrolizálunk és kb.

20 perc múlva leengedjük a katódfolyadékot és n/10 sósavval metilvörös jelenlétében mikrobüret-tából rózsaszínig titráljuk. Ezt a műveletet addig ismételjük, míg számbavehető (0,02 ml) fogyás észlelhető. Célszerű a felhasznált hidrogénfluoridból vakpróbát elemezni. Az általunk használt hidrogénfluoridból elemzett vakpróba nem fogyasztott számbavehető sósavat. A meghatározás ideje 60 perc.

Eredmény kiszámítása :

$$\text{Na}_2\text{O}\% = \frac{\text{fogyott n/10 HCl} \cdot \text{faktor} \cdot 0,0031}{\text{bemérés g}} \cdot 100$$

II. Termikus salakok nátriumoxid tartalmának meghatározása

A termikus salakok közül a titándús és extra-hált salakok nátriumoxid tartalmának meghatározása volt feladatunk. Ezek a salakok vörösiszapból készülnek néha wehrlit hozzáadásával 1500—1600 C°-on. A különböző technológiai eljárások alkalmazásával igen változó összetételű termikus salakok kerültek elemzésre.

A salakok gyártástechnológiáját figyelembevéve feltehető, hogy a nátriumoxid tartalom szintén kristályrácsba vagy vegyületbe épül be. A legfontosabb a nátriumoxid tartalom fellazítása és vízben oldhatóvá tétele. A termikus salakok elemzésénél a műkorundnál is alkalmazott hidrogénfluoridos fellazítással próbálkoztunk. A hidrogénfluoridos feltárás földpátok alkálioxid tartalmának meghatározásával kapcsolatban az irodalomból ismeretes (12, 13). Ezek az eljárások a hidrogénfluorid mellett, vagy ammóniumhidroxidot, vagy perklórsavat is használnak. Mindkét irodalmi hivatkozás a feltárás után a nátrium meghatározására a cink-uranilacetátos módszert alkalmazza. A hidrogénfluoridos fellazítást megpróbáltuk a termikus salakok elemzésénél is összekapcsolva a dr. Papp-féle elektrodialitikus módszerrel. A hidrogénfluoridos fellazítás nem minden esetben járt sikerrel, mert a kb. 15%-nál magasabb Fe₂O₃ tartalmú salakok esetében a vas-ionok is a katódtérbe kerülnek és ott vashidroxid kiválás észlelhető. Ezekben az esetekben hidrogénfluoriddal és ammóniumhidroxiddal együtt pároljuk szárazra a bemért salakmintát. Az elemzési eredményeket az 5. táblázatban foglaltuk össze :

5. táblázat

Minta jele	Bemérés g	Na ₂ O%	Fe ₂ O ₃ %	Fellazítás módja
IX—192/1	0,5	5,62	0,62	Kétszer 20 ml hidrogénfluoriddal
IX—192/2	0,5	2,07	0,34	Kétszer 20 ml „
IX—194/1	0,5	3,06	1,44	Kétszer 20 ml „
X—196/1	0,5	1,26	13,64	Kétszer 20 ml „
IX—194/2	0,5	2,23	7,28	Kétszer 20 ml „
X—21	0,5	19,57	10,23	Kétszer 20 ml „
X—19/1	0,5	15,31	36,32	Kétszer 20—20 ml HF-dal, NH ₄ (OH)-dal
X—12	0,5	14,38	27,75	Kétszer 20—20 ml HF-dal, NH ₄ (OH)-dal
X—11	0,5	20,10	17,74	Kétszer 20—20 ml HF-dal, NH ₄ (OH)-dal

Egyes termikus salakok kalcium tartalmúak, ezek esetében az elemzés menete megváltozik. A kalcium-ionok is átjutnak a katódtérbe és a titrálásnál helytelenül nagyobb értékeket kapunk. Tapasztalataink szerint itt nem érvényes a műkorund esetében feltételezett elgondolás, amely szerint a csekély kalciumoxid tartalom teljes mértékben kalciumfluoridá alakul át. Itt jóval nagyobb kalcium-mennyiséget tartalmaznak a termikus salakok, melynek kb. egyharmada kalcium-ionok formájában a katódfélbe kerül. Ilyen esetekben a dr. Zombory—Kenéz-féle eljárást (14) kell alkalmazni. Az eljárás lényege a következő:

Az összegyűjtött katódfolyadékot ismert titerű sósavval túlsavazzuk, majd nátronlúggal visszatitráljuk. Az oldatot ammonalkalikussá tesszük és a kalciumot oxalát alakjában leválasztjuk. A kalciumoxalát csapadékot feloldjuk és n/10 káliumpermanganáttal megtitráljuk. A hidrogénfluoriddal, illetőleg hidrogénfluorid és ammóniumhidroxiddal történt fellazítás után a fenti módszerrel kombinált eljárással kapott eredményeket a 6. táblázat tartalmazza.

6. táblázat

Minta jele	Bemérés g	Fogyott n/10 HCl ml (különbség)	Na ₂ O%	Katódtérben lévő CaO%	Összes CaO tart. %
IX—194/2	1,0002	7,20	2,23	3,64	10,27
IX—196/1	1,0002	4,06	1,26	1,90	7,22
X—38 ...	1,0004	3,22	0,95	2,38	6,24
X—11 ...	1,0011	64,85	20,10	1,75	5,46

A fentiek alapján a termikus salakok nátriumoxid tartalmának meghatározása a következőképpen történik:

a) *Kalciumoxidot nem tartalmazó salakok esetében:*

A várható nátriumoxid tartalomtól függően bemérünk 0,5—1 g 4.900-as szítán áteső szemcse-nagyságú salakmintát. Platina csészében 20—20 ml 40%-os hidrogénfluoriddal 2-szer szárazra pároljuk, majd gyenge vörös izzásig hevítjük (ha

15%-nál magasabb Fe₂O₃ tartalmú salakot elemzünk, mindkét bepárlás alkalmával 20—20 ml ammóniumhidroxidot is teszünk a bemért mintához). A tégely kihűlése után desztillált vízzel felveszük a maradékot és szuszpenziót készítünk belőle, majd az anódteret képező üveghengerbe öntjük (készülék képét lásd az 1. ábrán). 110 V-os egyenárammal elektrolyzálunk, állandó keverés mellett. A katódtérben lévő folyadékot 20 percenként levesszük és n/10 sósavval metilvörös indikátor jelenlétében rózsaszínig titráljuk. Az elemzés befejezettnek tekinthető, ha a katódfolyadék 0,02 ml-nél kevesebb n/10 sósavat fogyaszt.

Eredmény kiszámítása:

$$\text{Na}_2\text{O}\% = \frac{\text{fogyott n/10 HCl} \cdot \text{faktor} \cdot 0,0031}{\text{bemérés g}} \cdot 100$$

b) *Kalciumoxid tartalmú termikus salakok esetében:*

Az előkészítés menete teljesen megegyezik az a) alatt leírt módszerrel. Az elektrolyzálás folyamán a katód folyadékot összegyűjtjük, lehűtjük és metilvörös indikátor jelenlétében ismert mennyiségű n/10 sósavval túlsavazzuk, az oldatot 3 percig forraljuk, majd n/10 nátronlúggal visszatitráljuk. Megkapjuk a katódtérbe átvándorolt nátrium- és kalciumionoknak megfelelő összes savmennyiséget. Ezután a lúgos folyadékot gyengén megsavanyítjuk, kevés ammóniumkloridot adunk hozzá, majd ammonalkalikussá tesszük. Felforraljuk és forró ammóniumoxalát oldattal a kalciumot leválasztjuk. Két órai állás után a kristályos csapadékot jénai G-4-es szűrőtégelyen leszűrjük, hidegen telített kalciumoxalátos vízzel ötször átmosuk, utána hideg desztillált vízzel még kétszer átöblítjük. A kalciumoxalát csapadékhoz 50 ml forró 1 : 1 kénsavat adunk, s ezt leszívva a szűrőtégelyt híg kénsavas vízzel átmoszuk. A szüredékben a kalciumoxalátból felszabadult oxálsavat n/10 káliumpermanganát oldattal megtitráljuk.

A nátriumoxid tartalom kiszámítását könnyűvé teszi, hogy 1 ml n/10 káliumpermanganát megfelel 1 ml n/10 sósavnak.

Az eredmény kiszámítása:

$$\text{Na}_2\text{O}\% = \frac{\text{n/10 HCl ml} - (\text{n/10 NaOH ml} + \text{n/10 KMnO}_4 \text{ ml})}{\text{bemérés g}} \cdot 0,31$$

A meghatározás teljes időtartama kb. 7 óra, amiben a kalciumoxalát teljes leválásához szükséges pihentetés is benne van.

III. Timföld nátriumoxid tartalmának meghatározása

Nátriumoxid meghatározásra vonatkozó eljárásokat az irodalom igen nagy számban említ. Ezekkel az eljárásokkal azonban a kötött formában lévő nátriumoxid tartalmát nem tudják rendszerint meghatározni. A timföld nátriumoxid tartalmának meghatározásával kapcsolatban számbavehető eljárások a következők:

1. Rozolsavas titrálás (15)

A bemért timföldet desztillált vízzel együtt forralják és 0,5%-os alkoholos rozolsav indikátor jelenlétében forrón sárga színig titráljuk. Az eljárás a titrálás végpontjának megállapítása céljából azt ajánlja, hogy narancsvörös szín megjelenése után forraljuk fel és többször titráljunk, míg véglegesen sárgaszínű marad az oldat. Ennél az eljárásnál a végpont észlelése bizonytalan és az összes nátriumoxidot sem lehet meghatározni. A Vereinigte Aluminium Werke eljárása szerint dr. Fulda azt ajánlja, hogy a timföldhidrátot előzőleg 350 C°-on ki kell izítani és így rozolsavas titrálással a kötött nátriumoxid is titrálható.

2. Desztillációs módszer (16)

10 g alumíniumhidroxidot 10%-os ammóniumklorid oldattal együtt frakcionáló lombikba mérünk be. A desztillátumot ismert titerű bórsavas szuszpenzióban fogjuk fel, majd n/10 sósavval megtráljuk.

3. KHSO₄-es titrálás (17)

Ismert titerű KHSO₄-tal, indigó szulfát indikátor jelenlétében titráljuk a szabad nátront.

4. Na₂SO₄-os eljárás (18)

Az ötödik osztályig minden kationt leválasztunk és a nátriumot szulfát alakban leválasztjuk és izzítjuk (esetleg a jelenlévő magnéziummal és káliummal együtt, amit külön kell meghatározni). Az eljárás nagyon hosszadalmas és a nátriumszulfát kiiztitásánál nagy hibákat okozhatunk azzal, ha 800 C° fölött izzítjuk a csapadékot. Ilyenkor nátriumvesztés következik be, mert ezen a hőmérsékleten a nátrium egy része elillan. Alacsony hőmérsékleten való izzításkor biszulfát keletkezik, melyet egyes eljárások szerint (19) ammóniumkarbonát adagolással és gondos izzítással lehet szulfáttá alakítani.

5. Uranilacetátos módszer (20, 21)

A nátriumoxid tartalom megfelelő fellazítása, illetve oldása után a kevés alumíniumot és vasat tartalmazó 2—5 ml térfogatú sósavas oldathoz cink-uranilacetátot adunk. A sárga nátriumcink-uranilacetátot üvegszűrőn szűrjük, alkohollal mosuk és szárítjuk. Az említett reagens drága és nehezen szerezhető be.

Ha végig tekintünk az előző rövid irodalmi összefoglaláson láthatjuk, hogy mindezeknél az eljárásoknál gyorsabb és pontosságban kb. meg egyezik az elektrodialitikus nátriumoxid meghatározás. Ez eljárással kapcsolatban az a kérdés

vetődik fel, hogy alkalmas-e 3—4 mg nagyságrendű nátriumoxid tartalom meghatározására. Ezt mesterségesen bemért p. a. nátriumsóval bizonyítottuk. 3,7 mg Na₂O-t mértünk be kristályos nátriumtioszulfát alakjában és a vakpróba figyelembevételével 3,65 mg Na₂O-t titráltunk. Ezt az eredményt több párhuzamos méréssel is igazoltuk.

A timföld elemzésénél is megpróbáltuk a hidrogénfluoridos fellazítást, ami azonban nem vezetett sikerre, mert az elektrodialízis alkalmával az anódtérben lévő folyadék felforr és a diafragma hártya átszakadt. Elemzéseket végeztünk párhuzamosan kenés fellazítással és fellazítás nélkül. Az eredményeket a 7. táblázatban foglaltuk össze.

7. táblázat

Minta jele	Bemérés g	Fogyott n/10 HCl f = 1,02 ml	Na ₂ O %	Megjegyzés
1. M.-óvár	1,0002	1,07	0,336	Kenes fellazítás
1. M.-óvár	1,0009	1,07	0,335	Kenes fellazítás
1. M.-óvár	1,0013	1,20	0,379	Fellazítás nélkül
1. A.-ftő..	1,0041	0,945	0,298	Fellazítás nélkül mikrobürettával
1. A.-ftő..	0,9991	0,905	0,287	Fellazítás nélkül mikrobürettával
1. A.-ftő..	1,0021	1,010	0,315	Fellazítás nélkül mikrobürettával

Az eredeti készülék anódtérét képező üveg-edény alsó átmérője 25 mm. Tekintettel arra, hogy 1 g-os beméréssel a fogyott sósav 1 ml körül van, amit pontosan csak mikrobürettából lehet titrálni, arra az elgondolásra jutottunk, hogy nagyobb bemérésből kiindulva, nagyobb dializáló edényt alkalmazva végezzük el a meghatározást. Ezért az eredeti készülék méreteit módosítva 55 mm átmérőjű diafragmát alkalmaztunk. A bemérést 3 g-ra növeltük és az elektrodialízist állandó erőteljes keverés mellett végeztük. A 7. táblázat adataiból is kitűnik, hogy a kenés fellazítással, vagy fellazítás nélkül történő elemzések eredményei között nincs lényeges eltérés, azaz a hibahatáron belül van. Ezért a következő elemzéseket a pontosság növeléséért, a nagyobb átmérőjű diaframmával fellazítás nélkül, nagyobb beméréssel végeztük el. Az eredmények a 8. táblázatban láthatók.

8. táblázat

Minta jele	Bemérés g	Fogyott n/10 HCl f = 1,02 ml	Na ₂ O %	Megjegyzés
1. M.-óvár	2,9969	3,101	0,327	Fellazítás nélkül
1. M.-óvár	3,0114	3,310	0,347	Fellazítás nélkül
1. A.-ftő..	3,0244	2,685	0,281	Fellazítás nélkül
1. A.-ftő..	3,0004	2,830	0,297	Fellazítás nélkül

Ellenőrzésképpen néhány rozolsavas titrálást is végeztünk ugyanazon mintákból. Ezeket az eredményeket a 9. táblázat tartalmazza.

9. táblázat

Minta jele	Bemérés g	Fogyott n/10 H ₂ SO ₄ j = 1,005 ml	Na ₂ O%
1. M.-óvár ..	3,0086	2,06	0,214
1. M.-óvár ..	3,0002	2,08	0,216
1. M.-óvár ..	3,0003	2,20	0,228
1. A.-ftő ...	3,0068	1,20	0,125
1. A.-ftő ...	2,9984	1,10	0,115
1. A.-ftő ...	3,0002	1,18	0,123

Végpontnak a sárga színátcsapást tekinthetjük. Ezzel a módszerrel az üzemi mérésekkel hasonlóan alacsonyabb nátriumoxid tartalmat kaptunk, mint az elektrodialitikus eljárás segítségével.

A fentiek alapján a timföld összes nátriumoxid tartalmának meghatározására a következő módszer alkalmas:

4.900-as szitán áteső timföldmintából 3 g-ot mérünk be, desztillált vízben szuszpendáljuk és 55 mm Ø-jű diafragmával ellátott, a készülék anódterét képező üveghengerbe öntjük (a készülék képe az I. ábrán látható). Keverés mellett 20 percenként leengedjük a katód folyadékot és n/10 sósavval metilvörös indikátor jelenlétében annyiszor titráljuk meg, míg végül a fogyás 0,02 ml alatt van. Célszerű vakpróbát is csinálni, melyet

a számításnál figyelembe kell venni. A vakpróba esetünkben 0,03 ml-t fogyasztott. Az eredmény kiszámítása:

$$\text{Na}_2\text{O}\% = \frac{\text{fogyott n/10 HCl-faktor} \cdot 0,0031}{\text{bemérés g}} \cdot 100$$

IRODALOM

1. Compt. Rend. Acad. Sci. URSS. (C. A. 41, 7315, 1947).
2. Journ. Amer. Ceramic. Soc. 15, 362 (1932).
3. Aluminium. 1950. évf. 51. old.
4. Ann. Chim. Phys. 47, 32 (1856).
5. Ber. 30, 1718 (1897).
6. Journ. Chem. Soc. 125, 1455 (1924).
7. Compt. rend. 123, 1283 (1896).
8. Journ. Am. Soc. 41, 1489 (1919).
9. D. Hodgman: Handbook of chemistry and physics. 1467 (1951).
10. Gmelins: Handbuch der anorg. Chemie. Na-kötet. 302. old. (1924).
11. Aluminium. 1951. évf. 12. sz. 280.
12. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 8, 34 (1936).
13. Journ. Amer. Ceramic. Soc. 22, 24 (1939).
14. Aluminium. 1952. évf. 12. sz. 265.
15. Lunge-Berl: Chemisch technische Untersuchungsmethoden. VI. kiadás. II. köt. 594.
16. Chemiker Calender. I. 570 (1929).
17. Clifford, Shillinglaw C. A. 37, 1674 (1943).
18. L. Merck: Chemisch technische Untersuchungsmethoden. 15. o. (1939).
19. Analyse der Metalle. I. 16 (1942).
20. Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 8, 5, 348 (1936).
21. Barber: Kolthoff. Journ. Am. Chem. Soc. 50, 1625 (1928).

A Magyar Tudományos Akadémia Fémfőbizottságának az Akadémia Műszaki Osztályvezetősége előtt 1953. június 1-én tartott beszámolója

DOMONY ANDRÁS, a műszaki tudományok kandidátusa, a Fémfőbizottság titkára

A Magyar Tudományos Akadémia vezetősége a bauxit- és alumíniumiparral kapcsolatos komplex kérdések összefogására 1951. február hónapban életre hívta az Akadémiai Bauxit és Alumínium Bizottságot. 1951. október 18-án a Bizottság munkaterületét az összes hazai fémelőállítás és feldolgozás kérdéseivel bővítette ki és ezzel egyidejűleg megalakította az *Állandó Akadémiai Fémfőbizottságot*.

A Fémfőbizottság hatásköre részint a hazai színesfémek — elsősorban bauxit, valamint cink- és ólomérceink feldolgozásával, a nyert termékek kohósításával, új, ezideig a magyar ipar által még elő nem állított fémek termelésével (vanádium stb.) és a fémek technológiai feldolgozásával kapcsolatos problémákra terjed ki.

A Főbizottság rendkívül szétágazó munkaterületét hat szakbizottság között osztotta szét. Az Akadémiai Fémfőbizottság felügyelete alatt a következő Szakbizottságok dolgoznak:

1. Vanádium és titán nyersanyagok feldolgozásával foglalkozó Szakbizottság.
2. Timföldgyártási problémákkal foglalkozó Szakbizottság.
3. Alumíniumkohászati kérdésekkel foglalkozó Szakbizottság.
4. Színesfém kohászati kérdésekkel foglalkozó Szakbizottság.

5. Fémfőgyártmányok technológiájának fejlesztési kérdéseivel foglalkozó Szakbizottság.

6. Perspektivikus alumínium előállítás kérdéseinek tanulmányozására alakult Szakbizottság.

A Főbizottság tevékenységéről az Akadémia Műszaki Osztályának Vezetősége előtt 1952. év első félévében számolt be. Az alanti összefoglalás az azóta eltelt idő munkájának értékelését tartalmazza.

A Műszaki Osztály Vezetősége a Bizottság témái közül a következő két súlyponti kérdést jelentő problémát akadémiai témának minősítette:

a) Kishányadosú bauxitok gazdaságos feldolgozásának kérdései.

b) Alumíniumelőállítás perspektivikus kérdései. Ezek az akadémiai témák komplex jellegűknél fogva több szakbizottság munkájának gerincét alkotják, véleményünk szerint tehát a Főbizottságnak és szakbizottságainak munkája legjobban az akadémiai témákban elért előrehaladás kiértékelésével ítelhető meg.

a) *Kishányadosú bauxit gazdaságos feldolgozásának* kérdéskomplexumával a timföld és a Titán-vanádium Szakbizottság részleteiben foglalkozott. A bizottságok összefogó és irányító tevékenységének tudható be, hogy a Fémipari Kutató Intézetben, a timföldüzemek laboratóriumában, valamint a budapesti és miskolci Műszaki Egyetem egyes tanszékein folytatott kísérleti munkák eredményeként a rosszabb minőségű hazai alu-

miniumércék gazdaságos feldolgozásának kérdései laboratóriumi mértékben tisztázódtak. A laboratóriumi eredményeknek üzembe történő átültetése folyamatban van.

A Bizottság az Országos Tervhivatal és más kormányzati szervek felkérésére részletes előterjesztést tett, amelyben timföldgyártásunk fejlesztésének és gazdaságosabbá tételének főbb irányvonalait is kifejtette. A kialakult vélemény, hogy helyesebbnek látszik, ha a többmilliárd forint beruházást képviselő Bayer-féle timföldgyárainkat a rosszminőségű ércek feldolgozásánál fokozottabb mennyiségben keletkező vörösiszap másodlagos feldolgozásával (ú. n. kombinált eljárás bevezetésével) bővítik. A vörösiszap másodlagos feldolgozása nemcsak a timföldgyártás nyersanyagbázisát szélesíti nagymértékben, hanem lehetőséget nyújt arra is, hogy a vörösiszap értékes melléktermékeit, elsősorban a titándioxidot ipari méretekben ki lehessen termelni és ezzel a hazai ferrotitán-gyártás nyersanyagbázisát meg lehessen teremteni. A Bizottság nem elégedett meg a kísérleti- és kutatómunkák ellenőrzésével és értékelésével, hanem részletes tervek és tervezetek kidolgozásával az új eljárásoknak a gyakorlatban történő átültetését az illetékes hatóságoknál állandóan szorgalmazza.

Ma már ipari méretekben is kézzelfoghatóan megvalósított sikerre vezetett a Főbizottság és Szakbizottságainak a timföldgyártás gazdaságosabbá tételét előmozdító egyéb kísérleti munkákkal és technológiákkal kapcsolatos tevékenysége (pl. bauxit nedves őrlése, ami jelentékeny energiamegtakarítást jelent; alumínát-lúg levegőmozgatással történő kikeverése, ami beruházási energiamegtakarítást eredményezett stb.). Külön ki kell emelni a timföldgyártás melléktermékét képező vanádiumszap feldolgozásának problémáját is. Az Akadémiai Bizottság irányításának és aktív részvételének köszönhető, hogy 1952. évben a vanádiumszap feldolgozása üzemi mértékben megindult és az új technológia bevezetésével acéliparunknak ma már hazai gyártású ferrovanádium áll rendelkezésére.

b) *Alumíniumelőállítás perspektivikus kérdései.* Eltérően az a) ponttal, ez a kérdés komplexum jelenlegi állásában csak laboratóriumi és kísérleti munkát igényel. Célja az ú. n. egy vegyértékű (monohalogenideken keresztül) alumínium finomítási eljárás kidolgozása. A Szakbizottság a különböző intézetekben és laboratóriumokban (Fémipari Kutató Intézet, Mechanikai Technológiai Intézet, Eötvös Lóránd Tud. Egyetem Általános Kémiai Tanszék) folyó kutatómunkát nemcsak irányította és ellenőrizte, hanem az érdekelt intézetek között részletre menő munkamegosztást is végzett.

Az akadémiai témákon kívül a Főbizottság és Szakbizottságai a szakterület igen sok részletkérdésének megvitatásával, kidolgozásával és megvalósítására irányuló konkrét javaslatokkal is foglalkoztak. Ezek közül a legfontosabbak:

1. Elmaradt színes- és könnyűfémföldgyártmány gyártásunk vonalán a Bizottság részletes javaslatot dolgozott ki, amelynek megvalósítása hivatva van az ezen a vonalon mutatkozó hiányokat kiküszöbölni. A kidolgozott részletes javaslatban a Bizottság rámutatott, hogy a színes- és könnyűfémföldgyártmány gyártásunk terén mutatkozó lemaradást az elkövetkezendő öt éves terv keretén belül csak egy új színesfémföldgyártmányt előállító üzem és egy új könnyűfémföldgyártmányt előállító üzem létesítésével lehet helyrehozni. A részletes előterjesztésben a Bizottság a rézelektrolízis gazdaságosabbá tételére vonatkozó álláspontját is leszegette.

2. A Bizottság tevékenysége nagyban hozzájárult ahhoz, hogy hazai ötvözőanyagból készülő ferroötvözetek előállítását célzó üzemi kísérletek és próbagyártások, illetve azoknak termelése megindulhasson (pl. ferrotitán-, ferrovanádium-gyártás).

3. Az Alumíniumkohászati Szakbizottság az 1953. évre részletes kutatási irányvonalat és tervezetet dolgozott ki az alumíniumkohókban folyó ipari kísérletek összhangbahozatalának előmozdítására, amely lehetővé fogja tenni az ezen a téren folyó szétágazó kutatómunka központosan történő értékelését.

4. A hazai színesfémkohászat bővítése, Magyarországon eddig még elő nem állított színesfémek gyártási lehetőségének megteremtése képezte a Színesfémkohászati Szakbizottság munkájának gerincét. A Bizottság munkájának tudható be, hogy az illetékes ipari hatóságoknak a figyelmét tiszta mangánfém hazai előállításának lehetőségére, hulladékanyagokból szelén előállítására stb. fel lehetett hívni.

A Bizottság munkája közben, a szükségnek megfelelően, egyéb szakterületeken Akadémiai Bizottságokkal, illetve szakértőkkel szorosan kooperált. A bauxit, valamint cink, ólom és mangánére helyzetének pontos értékelése céljából a bányászati szakértőkkel megbeszéléseket folytatott; a timföldgyárak energiaellátásának javítása érdekében az Energetikai Bizottsággal tanácskozott.

A Főbizottság és Szakbizottságai a szorosan vett műszaki munka mellett az iparági kutatóintézet és a különböző műszaki egyetemek egyes tanszékének problémakörébe vágó munkáit állandóan figyelemmel kísérik, ellenőrzik és amennyiben szükséges, koordinálják. A Bizottság felkérésére a Fémipari Kutató Intézet 35 kísérleti témájából álló, az 1952. évre vonatkozó zárójelentését a szakterület egy-egy kívülálló kiváló reprezentánsa fölülbírálta, a bírálókat eredményeit a Főbizottság által létesített Albizottság összefoglalta és egyeztetette. A Főbizottság a jelentéseket részleteiben megvitatta. A vita eredményeként a Főbizottság megállapította, hogy a Fémipari Kutató Intézet az 1952. év folyamán témakörét helyesen választotta meg és jól dolgozott. A kísérleti munkáknak a gyakorlatba történő átültetése azonban, különösen ott, ahol ez jelentősebben beruházást, vagy technológiai átállítást igényelt, sok esetben nem volt kielégítő. Erre a tényre a Főbizottság az Akadémia hivatalos szervein keresztül az illetékes Minisztériumok figyelmét felhívta.

A káderutánpótlás megjavításának érdekében a Bizottság a szakterület ösztöndíjainak munkáival részletesen foglalkozott. Több ösztöndíjast menet közben és zárójelentésének elkészítése után bizottsági üléseken beszámoltatott. A beérkező jelentéseket szakértőkkel elbíraltatta. Az 1953. évre kidolgozta az ösztöndíjasok témakörét és szükség esetén az ösztöndíjasoknak munkájuk közben segítségét és támogatást nyújtott.

Több ízben foglalkozott a Bizottság a szakterület műszaki publikációinak kérdésével. Felülvizsgálta a Kohászati Lapoknak a fémiparra vonatkozó részét és megállapította, hogy a lap eddigi munkája elismerést érdemel, miután a színesfémipar számos problémáját széles műszaki körben tudatosította. Felkérte a lap szerkesztőségét, hogy a jövőben fokozottabb mértékben igyekezzék fiatal írógárdát szervezni, nagyobb súlyt fordítson az elméleti cikkek közlésére és javítsa a lap magyarságát.

Kidolgozta a szakterület 1954. és 1955. évre vonatkozó akadémiai könyvkiadási tervét.

Az 1953. évi bizottsági munka egyik súlyponti kérdése az elkövetkezendő iparfejlesztési és kutatási terv előkészítése és kidolgozása volt. A tervjavaslatokkal kapcsolatosan az egyes bizottságok felmérték a szakterületek jelenlegi állását, hiányosságait és előrehaladását. A jövő irányvonalaira megtették észrevételeiket. A javaslatok összegezéséből meg lehetett állapítani, hogy míg a timföldgyártás és az alumíniumkohászat az első öt éves terv folyamán igen nagy lépésekkel haladt előre és ezen a területen elérte a fejlettebb ipari államok színvonalát, addig a könnyű- és színesfémföldgyártmány gyártás területén az üzemekben levő berendezések elavultsága miatt nagy lemaradás volt észlelhető. Színesfém kohászatunk ipari méretű megvalósítása, magnéziumkohászatunk megindítása a következő öt éves terv feladatát kell hogy képezze. Az egyes részletkérdések kidolgozása alkalmával megállapítható volt továbbá, hogy a kutatómunka minden területen az ipari megvalósítás előtt járt.

A Fémfőbizottság és Szakbizottságai rendkívül szétágazó működési körének irányítását a Főbizottság Intéző Bizottsága végezte. A Főbizottság havonként egyszer, a Szakbizottságok szükség szerint havonta, illetve kéthavonként tartottak ülést. A Főbizottság és

Szakkbizottságai az általuk kidolgozott, félévre előre megszabott munkaterv szerint dolgoznak.

A Fémfőbizottság majdnem 2½ évi munkásságának pozitív része, hogy kiválasztotta a szakterület kutatási és iparágilag legfontosabb kérdéseit, ezeknek megoldására a Bizottság keretén belül tömöríteni tudta a legjobb tudományos és ipari kádereket. Az ipari vezetőkörökkel történő együttműködés révén elősegítette ipari fejlődésünket; a kutatóintézetek és tanszékek munkájának elbírálásával hozzájárult a kritikai szellem kialakításához. Ezzel szemben a bizottsági munka hiányosságai elsősorban a kidolgozott javaslatok megvalósítása körül mutatkoztak. Ezen a téren a Bizottság erejét több ízben szétforgácsolta. A bizottsági munka eredményeinek a gyakorlatba történő átültetését legjobban az Akadémia és a gazdasági vezetőszervek viszonyának tisztázatlan volta hátráltatta. Bár az Akadémiai Bizottság az iparpolitikailag döntő fontosságú kérdésekben nemcsak javaslatot, hanem részletes előterjesztést is dolgozott ki és a problémákkal kapcsolatosan egységes állást foglalt, a felvetett kérdéseknek az ipari hatóságok részéről történő megvalósítása sok esetben még ma is bizonytalannak látszik, az Akadémiai Bizottság állásfoglalását pedig több ízben figyelmen kívül hagyták (pl. szilikoalumínium kisüzemi termelésének kérdése).

A bizottsági munkák tematikájának megválasztásánál a két és félévi munka alatt nagy javulás volt tapasztalható. Az első időben több bizottság munkáját túlzottan elaprózta és az átfogó irányítás helyett operatív részletkérdésekkel foglalkozott. (Pl. a titán-vanádium bizottság egységben egyes üzemek részproblémái-

val foglalkozott és figyelmen kívül hagyta a ferroötvözők hazai gyártásának lehetővé tételéhez szükséges elvi kérdéseket.)

Tekintettel arra, hogy az elkövetkezendő ötéves terv egyik súlyponti kérdését fém- és acélfélgyártmányt előállító iparunk felfejlesztése fogja képezni és ezt a területet egyik Akadémiai Bizottság sem fogja át, az Osztályvezetőség elhatározta, hogy a meglévő Fém- és Vaskohászati Főbizottságok profiljának szűkítésével egy harmadik Főbizottságot: az Acél- és Fémgélgyártmányok kérdésével foglalkozó Főbizottságot létesít. Az új Főbizottság életre hívása lehetővé fogja tenni, hogy az új Fémkohászati Főbizottság a munka eddigi eredményeinek megtartása mellett a hibákat kiküszöbölje. Az új Technológiai Főbizottság hivatása lesz akadémiai síkon a félgélgyártmány-gyártással kapcsolatos fontos kérdések összefogása és irányítása. Vas- és fémkohászatunk fejlődése szükségessé teszi a két kohászati főbizottság profiljának kérdését felülvizsgálni és szükség esetén a szakközvetítők átesoportosításával az Akadémiai Szakközvetítők munkáját olyan területekre is kiszélesíteni, amelyek ma egy Akadémiai Bizottság profiljába sem tartoznak. Ilyen problémáknek látszik elsősorban az elektrometallurgiai folyamatok segítségével történő fémek, vasötvözőanyagok és egyéb gyártmányok (korund, szilíciumkarbid stb.) előállítása. Ezek a kérdések, bár hasonló technológiai folyamatokon alapulnak, különböző hatóságok profiljába tartoznak, miertis célszerűnek látszik a problémák összefogására a Vas- és Fémkohászati Főbizottság keretén belül működő, szakemberekből álló Bizottság életre hívása.

Hírek

Kinevezés. A minisztertanács *Horváth Zoltánt* a miskolci Rákosi Mátyás Nehézipari Műszaki Egyetem kohómérnöki karának fémkohászati tanszékére egyetemi tanárrá nevezte ki.

Orosznyelvű szakfordító az Országos Műszaki Könyvtárban

Az Országos Műszaki Könyvtár József-körút 6. sz. alatti olvasótermi tájékoztató részlegébe orosznyelvű szakfordítót állított be, aki hétfőn, kedden, szerdán és pénteken 17³⁰-tól 19³⁰-ig, szombaton 16–18 óráig áll az olvasók rendelkezésére. A szakfordító az olvasó által tanulmányozni kívánt orosznyelvű művet, szakcikket stb. előszóval kivonatossan ismerteti. Az Országos Műszaki Könyvtár ezzel a szolgáltatásával is arra törekszik, hogy az élenjáró szovjet szakirodalmat megismertesse a dolgozókkal.

Műszaki könyvtárosok második országos versenyének eredményei

Az Országos Műszaki Könyvtár, a MTESZ és az ÁKV kiértékelte az 1952. év utolsó negyedében indított könyvtárosi munkaverseny második szakaszát, amelyben 40 üzemi, kutató- és tervezőintézeti könyvtár vett részt. A nagyüzemi könyvtárak csoportjában I. a MÁVAG műszaki könyvtára, II. Csepel Autó műszaki könyvtára, III. Győri Wilhelm Pieck-gyár műszaki könyvtára, IV. Magyar Optikai Művek műszaki könyvtára.

A nem függetlenített könyvtárosokkal dolgozó kisebb — középüzemek kategóriájában: I. az Angyal-földi Bútorgyár, II. a IV. sz. Autójavító műszaki könyvtára.

A kutató- és tervezőintézetek csoportjában az I. helyet a Kohóipari Tervező Intézet, a II. és III. helyet a Hőtechnikai Kutató Intézet, ill. az Út-Vasút Tervező műszaki könyvtára érdemelte ki, míg IV. helyen az Építéstudományi Intézet műszaki könyvtára végzett.

A műszaki könyvtárak közötti verseny harmadik szakaszát szeptember 1-ével indítja meg az Országos Műszaki Könyvtár.

Tervpályázati felhívás

Az É. M. Építőanyagipari Tervező Iroda nyilvános jellegű tervpályázatot hirdet fedett kőtároló vasbeton silók téli fagyvesztélyes időben való fűtésének megtervezésére, a silóban lévő zúzott kő összefagyásának megakadályozása céljából.

A pályázat nyilvános és azon bárki résztvehet, tekintet nélkül arra, hogy azonos jellegű tervezéseket hivatásából kifolyólag, vagy külön megbízás folytán végez-e, avagy sem.

A pályázati feltételek díjmentesen átvehetők az É. M. Építőanyagipari Tervező Iroda (Budapest, VIII., Vas-u. 2/d) titkárságán, vagy levélbeli kérésre postán kerülne továbbításra.

A pályázatot jellegű ellátva, név megjelölése nélkül kell lezárt borítékban megküldeni, vagy átadni az É. M. Építőanyagipari Tervező Iroda titkárságának (Budapest, VIII., Vas-u. 2/d).

A pályázathoz külön lezárt borítékot kell mellékelni a jellege feltüntetésével és a lezárt borítékban kell megjelölni a pályázó nevét és címét.

Pályadíjak: I. díj 5 000,— Ft, II. díj 2 000,— Ft. A beérkezett pályázatokat elméleti és gyakorlati szakemberekből álló, külön ebből az alkalomból felkért bírálóbizottság bírálja el, ill. dönt a pályadíjak odaítéléséről.

A pályázatok benyújtásának határideje: 1953. szeptember 30. déli 12 óra.

Postai beküldés esetén határidő szempontjából a feladási postabélyegző kelte az irányadó. Elkésztett beérkezett pályázatok a tervpályázaton nem vesznek részt és elbírálásra nem kerülnek.

A pályázatok elbírálása és az eredmény nyilvánosságra hozatala legkésőbb 1953. október 15-ig megtörténik.

Egyesületi könyvtárszaporulat

- Gépipari Enciklopédia* 1952.
Metallurgia Italiana 1951. I—II. kötet.
Journal of the Iron and Steel Institute 1950. I—II—III, 1951. I—II—III. kötet.
Colliery Guardian 1949. I., II., 1950. I., II. kötet.
Lityejnoje Proizvodstvo 1951. évfolyam.
Szovjet Kultúra 1950, 1951.
Hutnické Listy 1951. évfolyam.
Gornij Zsurnal 1951.
Szokolov—Gabcercetel: Vasolvastás a kupolóban, 1951.
Szőke László: A fémek hótana, Bp. 1952.
Csepai Dezső: Martin-kemencék fűrdőfelületének jobb kihasználása, 1952.
Maréchal Károly: A magkésztés, 1951.
Bársony Kornél: A kolloidgráfit és felhasználása, Bp. 1953.
Raffay—Hutyera: Vas-, acél- és fémöntvények gyártásának ellenőrzése. Bp. 1953.
Visnyovszky László: Acéltötvöző fémek és ferroötvtöztetek, Bp. 1952.
Mihajev: A hőátadás gyakorlati számításának alapjai, Bp. 1953.
Tolnay Kornél: Fűrdőmester I—II., Bp. 1953.
Mosóczi Ferenc: Szénelemzési módszerek, Bp. 1953.
A. K. Trozenyikov: Anyagok és gyártmányok ellenőrzése röntgensugarakkal, Bp. 1952.
Herold—Varga—Magda: Tervszerű megelőző karbantartás a bányáiparban, Bp. 1952.
Berényi—Pál László dr.: Üzemi szénvizsgálatok zsebkönyve, Bp. 1953.
Sztraka János: Bányagépesítés és üzemszervezés, Bp. 1952.
Dr. Oravec Béla: Első segélynyújtás a bányákban, Bp. 1953.
Tóth Miklós—Ményhárt László: Ciklusgrafikon szerinti munka szénbányászatunkban, Bp. 1953.
Surisz: A réselőgép kezelője, Bp. 1953.
Podányi—Moser: Bányavágatok gyorsított kihajtása, Bp. 1952.
Hidegkuti Gyula: Az aktív szén gyártása és felhasználása, Bp. 1952.
Kerpely Kálmán: Hőkezelési eljárások, Bp. 1953.
Halász Előd: Német-magyar szótár I—II. köt., 1953.
Szurokin—Urizov—Rjabárkin—Molokáj: A kőolajkutatás geofizikai módszerei, Bp. 1953.
Letov: Bányászati légsűrítőhelyek prés légvezetéke, Bp. 1953.
V. I. Arnarov: Metallovedenje i termiceszkaja od-rabotka, Moszkva 1949.
Jeljutyin: A ferroötvtöztetek gyártása (Elektrometallurgia II. rész), Budapest 1953.
Kulicsihin: Mélyfűrés, Bp. 1953.
Vas és acél hőkezelése. Bibliográfia, Bp. 1953.
Német-magyar műszaki és tudományos szótár, Bp. 1953.
Vaskohászat, vas- és acéltöntés. Bibliográfia, Bp. 1953.
Schey János: Réztartalmú fémhulladékok feldolgozása, Bp. 1953.
Alumíniumipari balesetelhárítási és egészségvédő óvó-rendszabály, Bp. 1953.
Sztyeapanov: Vándorbiztosítások fejtésekben, Bp. 1953.
Általános bányászati biztonsági és egészségvédő szabályzat, Bp. 1953.
Energetikusok kézikönyve, Bp. 1953.
Az acélgártás időszerű kérdései, Bp. 1953.
Vadász Elemér: A földtan fejlődésének vázlata. Bp. 1953.
Géczy László: Laboratóriumi vizsgálatok. Bp. 1953.
Nazarenko—Poluektov: Ásványok és ércek félmikroanalízise. Bp. 1953.
Muravjev: Olajkutak kitermelése. Bp. 1953.
A Kohászati Könyvkiadó 1939—44-es bibliográfiai útmutatója, Bp. 1944.
Ö. Szabó: Einfluss der Mikrostruktur der unlegierten Stähle und ihre Verformbarkeit, Bp. 1953.
Acta Geologica, Bp. 1953.
Dr. Verő József: Az ipari vasötvtöztetek metallográfiája, Bp. 1948.
Hajdu Lajos: Vasöntvények korszerű gyártástervezése, Bp. 1953.
Heinz Strenge: Gleitlager ohne Buntmetall, Leipzig, 1951.
A raktárgazdálkodási és anyagkezelési tennivalókról. Bp. 1953.
Forbáth Róbert: A bauxit kohósítás kalciumaluminát-salakjának értékesítése, Bp. 1953.
Vadász Elemér: Kőszénföldtan, Bp. 1953.
Kerpely—Hajtó—Horváth: Vaskohászati folyamatok és fizikai kémiájuk, Bp. 1953.
Ruszijan: Műszaki normák meghatározása az öntőiparban, Bp. 1952.
Melnyik: Teljesen hegesztett kohók hegesztése és szerelése, Bp. 1952.
Rosztov: Öntődei ütemtervkészítés, Bp. 1952.
Sztrugovcsikov: Kis karbontartalmú acélok gyártása, Bp. 1953.
Jegorovenkov: Öntődei formázók kézikönyve, Bp. 1951.
Poklad: Öntődék munkájának műszaki és gazdasági elemzése, Bp. 1951.
Mirosnicsenko: A Martin-kemence olvasztárja, Bp. 1951.
Umanszkij: A kőolajtermelő tröszt forgóeszközei és megtérülésük gyorsításának módjai, Bp. 1953.
Siscsenko: A kőolaj szállítása és tárolása, Bp. 1953.
Sztyeapanov: Vándorbiztosítások fejtésekben, Bp. 1953.
Bejzelmann: Gördülőcsapágyak, Bp. 1953.
Magyar-német Műszaki és Tudományos Szótár, Bp. 1953.
Eckhardt Sándor: Francia-magyar szótár, Bp. 1953.

A L U M Í N I U M

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója

Megjelenik: 1800 pld-ban. — Szerkesztőség: VI. Rudas László-u. 45. — Telefon: 129-699.

20263/LD02 - Révai-nyomda Budapest V, Vadász-utca 16 (Felelős vezető: Nyáry Dezső)

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉMKOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

Bese Vilmos miniszterhelyettes megnyitó beszéde az 1953. június 20-21-én Ajkán rendezett bauxit-timföld ankéton

Üdvözlöm az elvtársakat abból az alkalomból, hogy az alumíniumipar döntő problémáit kétnapos ankét keretében itt most megbeszéljük és a megoldatlan és függőben lévő műszaki kérdéseket a lehetőség szerint tisztázzuk. Ennek az ankétnek igen komoly feladata van, mert nemcsak a problémák tisztázása vár ránk, hanem hosszú időre távlati viszonylatban is meg kell szabnunk fejlődésünk irányát és meg kell jelölnünk a döntő feladataink alapjait.

Megbeszélésünk célja egyfelől a termelt bauxit minőségi osztályozására vonatkozó javaslatok kidolgozása, másfelől a timföldgyártás vonalán azoknak az intézkedéseknek a megjelölése, amelyek segítségével — a bauxit minőségváltozása ellenére — a timföldtermelés gazdaságosabbá biztosítani lehet.

Távlati vonatkozásban pedig meg kell jelölnünk azokat az irányelveket, amelyek segítségével timföldgyártásunk fejlesztését és a gazdaságosabb gyártást biztosítani tudjuk.

Nem kell külön hangsúlyoznom, hogy a magyar bauxit-, timföld- és alumíniumipar fejlesztése népgazdasági tervünk egyik súlypontja. Ezért szükséges, hogy az ipar gazdaságos és eredményes termelésének kérdéseit széles körben megvitassuk.

Nem véletlen, hogy az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, valamint a Maszobal Rt. által megrendezett műszaki előadások színterül Ajkát választottuk. Az elmúlt időkben itt mind a timföldgyártás, mind az alumíniumkohászat fejlesztése terén szép eredmények mutatkoztak. Ajka környékén jelentős bauxittelepülések vannak. Mindez indokoltá teszi, hogy a gazdaságosabb termelés és a minőség megjavításának kérdését itt tárgyaljuk.

Természetesen, jelen vannak a többi timföldgyár és bauxitbánya képviselői is, akiknek hozzájárulásaikkal és a vitában való részvételükkel hozzá kell járulniuk a legjobb megoldások kialakításához. Szeretném ha ez az értekezlet olyan szellemben folya le, ahol kiemelkedően megmutatkozik a műszaki vezetők szeretete az alumíniumipar iránt és alkotni akarása az alumíniumipar fejlesztése érdekében, mint ahogy ezt eddig gyakorlatban tapasztaltuk.

Bauxitbányászatunk jelentős mértékben fejlődött az elmúlt években, ha a termelés mennyiségét vesszük figyelembe. A termelt bauxit minőségének vonatkozásában azonban a helyzetet egyáltalában nem mondhatjuk kielégítőnek. Bauxittermelésünk fokozatosan a gyengébb, 10 modul alatti minőségek felé tolódott el. Amíg a termelt bauxit mennyiségének 1950. évben 0,5%-a, 1951. évben 8%-a, 1952-ben 24,7%-a volt 10 modul alatti minőség, addig az egész 1953. évi bauxittermelésünknek mintegy 68%-át, jövőévi termelésünknek pedig 66%-át fogja kitenni a 10 modul alatti minőségű bauxit mennyisége. Erre a jelenségre feltétlen fel kell figyelnünk és mint központi kérdést kell kezelnünk az elkövetkező időkben, mert mint látjuk, nem kielégítő a bauxitminőség helyzete, különösen, ha azt vesszük figyelembe, hogy a timföldgyárakban feldolgozásra kerülő gyengébb minőségű bauxit jelentős anyag- és energiafelhasználástöbbletet okoz, másfelől pedig — mivel nagyobb anyagmennyiségeket kell megmozgatni ugyanannyi termelés elérésére — a berendezések kapacitását is csökkenti.

1950-ben például az Ajkai Timföldgyár 17—20 modulú anyaggal dolgozott, — az elmúlt évben ez a szám átlagban már 12—14 értékre csökkent és előfordultak 10, sőt ennél gyengébb minőségű szállítmányok is. De Ajkához hasonlóan az almásfüzitői és magyaróvári timföldgyárak is az utóbbi évek folyamán többször kaptak 10, sőt 9 alatti modulú bauxitot.

Jelenlegi bauxitvagyonunknak — a leművelhetőségre való tekintet nélkül — 31,3%-át 10 modul fölötti, 10,2%-át 7—10 modul közötti és 58,5 százalékát 2,6—7 modul közötti minőségű bauxit teszi ki.

A bauxitszállítások tervezett minősége azért is romlik, mert bauxitbányászaink nem fordítanak kellő figyelmet a minőség biztosítására, sem a telepítéseknél, sem pedig magánál a termelésnél. A jövőben a bauxittermelés nagyobbreszt mélyművelésből történik, ahol a kutatások eddigi eredményei alapján a tervezett minőséggel lehet számolni. De azért egy pillanatra sem szabad elhanyagolnunk a külszíni művelés lehetőségeit.

Ebből kiindulva kell meglévő timföldgyáraink technológiáját kialakítani és ennek figyelembevételével kell a létesülő új timföldgyárak technológiáját meghatározni.

Megvizsgálva a timföldipar fejlődését, megállapíthatjuk, hogy az eredekeken felfelé ível, amit a következő számok is szemléltetnek:

1950-hez viszonyítva az 1951. évben 257 százalékkal, 1952-ben 308%-kal termeltünk többet, míg az 1953. évi előirányzat szerint ebben az évben 390%-át, jövő évben pedig 500%-át fogjuk termelni az 1950. évi mennyiségnek.

A timföldgyárak munkája megjavításának előfeltétele addig, amíg üzemünk tiszta Bayer-eljárással dolgoznak, a bauxitelosztás rendezése. A timföldgyáraknak feltétlen meg kell kapniok a termelési tervükben lefektetett jóminőségű bauxitot, persze ennek egyik alapfeltétele, hogy bauxitbányászaink is megértsék ennek jelentőségét és ne csak a mennyiségi, hanem a minőségi termelést is vegyék figyelembe. Első ötéves tervünkben timföldgyártásunk fejlesztése döntően Bayer-eljárásra alapult. Ezt az intézkedést indokoltá tette Bayer ércünk mennyisége, amelynek megfelelő gazdálkodással el kell látnia timföldgyárainkat nyersanyaggal, továbbá a timföldgyárak gyorsütemű fejlesztésének szükségessége, amely fejlesztés csak a Bayer-eljárás alkalmazásával volt lehetséges.

Az alumíniumtermelés felfutása 1950-től kezdve a következő képet mutatja:

1951. évben 126, 1952-ben 147%-át termeltük az 1950. évi mennyiségnek, ebben az évben 227, a jövő évben pedig 269%-kal fogunk többet termelni, mint az 1950. évben.

Alumíniumiparunk rohamos fejlődése és a külkereskedelem fokozott igényeket támaszt bauxitbányászatunkkal szemben. Timföldgyártásunk bauxitszükséglete a második ötéves terv folyamán megkétszereződik, ezen belül a Bayer timföldgyártás jóminőségű, 10 modul feletti szükséglete kereken 50%-kal növekszik 1953-hoz képest és a megnövekedett Bayer-szükséglettel körülbelül egyenlő mennyiségű, 10 modul alatti bauxit-szükséglet lép fel létesítendő pirogén üzemünk ellátására.

A hazai szükséglet számára termelendő bauxitmennyiségen kívül feltétlen ki kell elégítenünk exportkötelezettségeinket is, ami újabb, nagymennyiségű 10 modul alatti bauxit termelését teszi szükségessé.

Bayer timföldgyáraink nyersanyagbázisának kiszélesítése céljából döntő fontosságú, hogy a kutatás elsősorban a jóminőségű bauxitelőfordulások felderítésére irányuljon. Tapasztalataink általában azt bizonyítják, hogy a jóminőségű bauxitelőfordulások elsősorban mélyebb szinteken települnek, míg a felszínhez közelfekvő előfordulások általában gyengébb minőségűek.

Újabb számottevő, jóminőségű előfordulást tehát a jövőben is csak nagyobb mélységben remélhetünk. Fokozottabb mértékben kell rátérnünk a futási kutatás tudományos módszerekkel való előkészítésére, — az elektromos, gravimetrius, szeizmikus mérésekre. Észszerűsíteniünk kell

a bauxitkutatást gyorsselemező eljárások bevezetésével.

E súlyponti feladattal párhuzamosan természetesen folytatni kell a kisebb modulú és nagy vastartalmú bauxitok kutatására irányuló munkánkat is.

A bauxitkutatás és a bauxittermelés zavartalanságának biztosítása és az üzemek geológiai ellátása céljából szükséges a kutatási munka és a termeléssel kapcsolatos üzemi geológiai szolgálat elhatárolása, valamint a Maszobal igazgatóságon belül a geológiai szolgálat, illetve a geológiai irányítás megszervezése.

Geológusainknak a kutatás mellett feltétlen foglalkozniuk kell a már felkutatott mezők bauxitmennyiségének és minőségének pontos megállapításával, hogy ennek segítségével biztos alapokra helyezhessük alumíniumiparunk fejlesztésének mértékét.

Mindezekből kiindulva timföldgyártásunk fejlesztésénél figyelembe kell venni bauxit ércünk alakulását és a második ötéves terv timföldfejlesztési programját a következők szerint kell megszabni:

a) új timföldgyártási kapacitást csak kisebb modulú bauxit felhasználásával szabad telepíteni. A kis modulú bauxitok felhasználására építendő gyárak tervezésénél a legmesszebbmenően támaszkodnunk kell a szovjet tapasztalatokra;

b) a hazai kutató és kísérleti munkának arra kell irányulnia, hogy meglévő Bayer-gyáraink adottságainak megfelelően azokat a második ötéves tervben át tudjuk állítani kis modulú bauxitok felhasználására;

c) meglévő Bayer-üzemeink technológiájának továbbfejlesztését állandóan figyelemmel kell kísérni és különös gondot kell fordítani a timföldgyárak hógazdálkodására és anyaggazdálkodására.

Az alumíniumkohászat területén igen fontos feladat fejlődő iparunk részére a hazánkban eddig nem gyártott finomított alumínium termelésének megvalósítása. Ezen a területen mielőbb el kell kezdeni a tapasztalatok gyűjtését, az új üzem építésénél pedig elsősorban a Szovjetunióban már meglévő eredmények felhasználására kell támaszkodnunk.

Nagyobb figyelmet kell fordítani az elektrolizáló csarnokokban az áramvesztések csökkentésére, a sinezés, az anódokban felmerülő veszteségek elleni állandó harc révén. Szükséges, hogy a kohók villamosberendezéseinek veszteségei elleni harcban a jelenleginél sokkal fokozottabban alkalmazzuk az ezen a téren elért szovjet eredményeket.

Az alumíniumkohóknál állandó, rendszeres kísérleteket kell folytatni az áramsűrűség emelése és ezzel a berendezés fajlagos termelésének javítása érdekében.

A kohók részére biztosított nyersanyagok rendszeres vizsgálatával és megfelelő beszerzésükkel, a kádkezelés gondos megszervezésével el kell érniünk, hogy a szovjet példának megfelelően kohóinkban termelt fém csaknem teljes egészében 99,5%-os tisztaság felett legyen. Kohóinkban igen sok lehetőség van a nehéz fizikai munka gépés-

tésére és a kohómérnökök és az újító mozgalom egyik feladatát képezi a kohók gépi berendezésének kiszélesítése.

Az üzemi és kutatómunka egyik leglényegesebb további feladata a hazai nyersanyagokból termelhető anódmasszagyártás nyersanyagának biztosítása és megfelelő minőségre történő beállítás.

Mindezen feladatok megvalósítása csak abban az esetben lehetséges, ha minden esetben a dolgozók széles taborára támaszkodunk, ha bevonjuk őket a feladatok megoldásának előkészítésébe, ha mozgósítjuk őket a munka elvégzése érdekében, ha sohasem feledkezünk meg a munkaverseny fontosságáról, mint a szocializmus építésének motorjáról, ha minden esetben Pártunk segítségére támaszkodva, Pártunk útmutatásának megfelelően dolgozunk. Nem akarok itt részleteiben kitérni egyes üzemeink munkaverseny-helyzetére és nem is kívánom külön kihangsúlyozni azt a rendkívüli fontosságot, amit a versenymozgalom iparunk fejlődése szempontjából jelent. Csupán arra kívánok rámutatni, hogy elsősorban a műszaki vezetőknek kell azon lenniük, hogy a legdöntőbb feladatok kiindulópontjai legyenek a versenyek. A felajánlásokat a népgazdaság szempontjából legfontosabb feladatok köré kell megszervezni és ezzel céltudatosá, szervezetté, összefüggővé és egységessé tesszük a versenymozgalmat. A bonyolult, döntő feladatok megoldása mellett nem szabad megfeledkezni arról, hogy az egyszerűbb, de a népgazdaság szempontjából fontos kérdések megoldására is mozgósítsuk a dolgozókat. Ezen keresztül lesz elérhető a tudomány és a gyakorlat összefonódása, a tudományos műszaki elgondolások gyakorlati megvalósítása.

Ehhez kapcsolódik szorosan a szakmai továbbképzés, a szakoktatás kérdése. El kell érniük azt, hogy minden dolgozónk szüntelenül fejlessze tudását és ezen keresztül a szovjet tudomány eredményeit érvényesítse munkájában.

A dolgozó tökéletesebben oldja meg legkisebb feladatát is, ha tisztában van munkája fontosságával és azokkal az alapvető ismeretekkel, amelyek eredményesebbé, könnyebbé, szebbé teszi a munkát.

A feladatok elvégzése a szovjet elvtársak közvetlen segítségével történik, ami az alumíniumipar gyors fejlődésének egyik alapvető biztosítója. Ezt igazolják a szovjet elvtársak jó szakismeretén alapuló, helyes útmutatásai, az alumíniumiparban az ő közvetlen irányításukon keresztül mutatkozó hatalmas fejlődése. És ez a munka mindig eredményesebb lesz, mert a szovjet elvtársak mellé egyre inkább felsorakoznak a kitűnő magyar szakértő elvtársak is és tudvalevőleg a közös munka mindig hasznosabb és több eredményt hoz, mint az egyéni munka. Ezért kell nekünk a

lehetőségeket megragadnunk arra, hogy az alumíniumipar fejlődését elősegítő minden kérdést közösen vitassunk meg a szovjet elvtársakkal és az ilyen viták során alakuljanak ki azok az egészséges műszaki elgondolások, amelyek mind a bauxit-termelés, mind a timföld- és alumíniumgyártás területén igen hasznos eredményeket hoznak.

Mostani értekezletünk célja, amint már mondtam, feladataink alapjainak meghatározása és ehhez, mint irányadó, fő szempontokat, elsősorban a következő kérdések megvitatását javaslom:

1. az alumíniumiparon belül első és legfontosabb feladat meggyorsítani a bauxitkutatás ütemét, javítani a már felkutatott bauxit elemzési módszereit és törekedni a bauxitvagyron legpontosabb felmérésére és meghatározására;

2. az elkövetkező időszakban timföldgyáraink követelményeinek megfelelően az új feltárásoknál elsősorban a jóminőségű bauxit termelését kell figyelembe venni;

3. tervszerűen fel kell töltenünk timföldgyárainkat olyan mennyiségű készlettel, hogy a folyamatos tervteljesítés, illetve túlteljesítés biztosítva legyen;

4. bauxitbányáink teljesítményemelésében mind művelésnél, mind a szállításnál feltétlenül foglalkozni kell a gépesítés bevezetésének, illetve fokozásának kérdésével;

5. foglalkozni kell azzal a kérdéssel, hogy timföldgyáraink egyikét átépítsük a timföldtermelés fokozása és a kis modulusú bauxit felhasználása érdekében kombinált eljárásra. Új timföldgyár létesítésénél foglalkozni kell a kis modulusú felhasználásának lehetőségével és erre való tekintettel a piros eljárású timföldtermelési technológiára kell áttérni;

6. irányt kell vennünk a gazdaságos termelés érdekében a timföldgyártáshoz szükséges alap- és segédanyagok mennyiségének csökkentésére, illetve minőségének megjavítására;

7. foglalkoznunk kell, — ha itt a programban nem is szerepel — az alumíniumtermelés minőségi megjavításával.

A megjelentek feladata, hogy az előadások és a vita során felmerülő sokrétű feladatok megoldásához megtalálják az utat. Vezesse mindnyájunkat az a legjobb szándék és akarat, hogy mostani megbeszéléseink teljes világosságot derítsenek a tisztázatlan kérdésekre, utat mutatnak további tennivalóink tekintetében és végső fokon döntően előre fogják lendíteni munkánkat. Most, amikor a világ legjobb békeharcosai hazánk fővárosában legdrágább kincsünk, békénk megőrzésének ügyét tárgyalták, nincs szebb feladat számunkra sem, mint a legnagyobb odaadással, minden képességünkkel a békét és szocialista hazánk felépítésének előrehaladását szolgálni.

A bauxittermelés minőségi kérdései¹

dr. ALLIQUANDER ENDRÉ

Az a tény, hogy maga a bauxit fogalma nem egy egyszerű kőzetet, hanem egy igen változatos jellegű, üledékes kőzetsoprotot ölel fel, — melyben keletkezése folyamán az alumínium feldúsult, de ugyanakkor feldúsult a vasoxid és vashidráttal is, valamint egyéb kísérő ásványai — hozza magával azt, hogy egyértelmű jellemzésük igen nehéz és így a bauxitok egyes minőségi kérdései vitás és meg nem oldott problémaként oly sokszor kerülnek napirendre.

Ha a bauxitot, mint kőzetet vizsgáljuk, látjuk, hogy az éppúgy, mint minden érc, ércásványokból és kísérő ásványokból tevődik össze. Ércásványai az oxidos, vagy allitos típusú agyagásványok, az alumíniumhidrátok, a kísérő ásványok közül legnagyobb mennyiségben vashidrátok és vasoxidok, ezenkívül kvarc, rutil, ilmenit, anatóz, titanit, cirkon, spinel stb. lehetnek jelen a legváltozatosabb formában. Az alumíniumhidrátok monohidrátok — diaszpor, böhmít — vagy trihidrátok — hidrargillit — formájában ismeretesek. Az ércásványfajták azonban tisztán a legritkább esetben fordulnak elő, általában minden bauxitban vegyesen, különböző százalékos arányban a mono- és trihidrát típusú ércásványok együttesen fordulnak elő. Ezen az alapon az egyes bauxitokat megkülönböztetni legfeljebb csak oly formában lehet, hogy jelezzük az ércásványtípust, mely a kérdéses bauxitban túlsúlyban van. Ilyen alapon mondhatjuk, hogy két egyforma előfordulás nincs, legfeljebb csak nagyon hasonló előfordulásról beszélhetünk. Minden előfordulás egyéni, sőt minden előforduláson belül több egyéni előfordulásról is beszélhetünk, mert nem egy, hanem több típusú bauxitféleség van rendszerint jelen és ezek a bauxitféleségek horizontális és vertikális kiterjedését tekintve a legrendszertelenebb módon változtatják egymást, egész kis térközön belül is.

Tehát a bauxit igen sokrétű és változatos egyedi előfordulású anyag. Ha emellett még figyelembe vesszük, hogy a minőség megismerése akár vegyi, akár ásványi összetételt illetően, a jelen körülmények között igen hosszadalmas eljárást vesz igénybe, érzékelhetjük a bauxit minőségi kérdéseivel kapcsolatos bányászati problémák nehézségeit és nagyságát.

A bauxitok vegyi összetételét illetően Máriaassy Mihály mult évben az Akadémián tartott igen értékes előadásában foglalkozott a bauxitok alkotóelemeinek részletes vizsgálataival, kiemelve a timföldgyártást befolyásoló tényezőket, valamint megadta azon szempontokat, melyek szerint hazai bauxitjainkat a timföldipar elsősorban vizsgálja.²

Az általa felsorolt három fő szempont szerint a vizsgálatoknak elsősorban a bauxitok ásványtani

és kristálytani kérdésével és a modulus kérdésével kell foglalkozniok.

Ugyancsak az Akadémián Vendel Miklós dr. professzor a bauxitok ásványtani és kőzettani vizsgálatával foglalkozva, ismertette a bauxitvizsgálatoknál eddig használt összes meghatározási módokat. Igen részletesen beszélt a különböző mikroszkópi vizsgálatokról (fénymikroszkóp, polarizációs mikroszkóp, elektronmikroszkóp), a Debye—Scherrer-féle röntgenmódszerről, a termikus differenciális eljárásról. Mindezek mellett ismertette saját eljárásait, melyekkel tri- és monohidrát szempontjából a bauxit allitos ásványainak százalékos megoszlását jó hibahatáron belül gyorsan meg lehet határozni, vastalanított bauxit különböző fajsúlyú részeinek fénytöréséből és faj-súlykülönbségéből.

Annak okát, hogy a bauxitok ásványtani vizsgálata terén még igen nagy nehézség van és a vizsgálatoknál a jól bevált ásványtani és kőzettani vizsgálati módok nem alkalmazhatók, Vendel professzor abban látja, hogy a bauxitot felépítő ásványok közül az allitos és sialitos ásványok egyrésze, valamint a vashidrátos elegyrészek szubmikroszkópikus méretűek.

A bauxitok vegyi vizsgálatainak kérdése ismert. Általában a minták alapján nagyszámban készülnek üzemi elemzések, melyek az Al_2O_3 , SiO_2 , Fe_2O_3 , TiO_2 -tartalmat és izzítási veszteséget, ritkán CaO , MgO , vagy SO_3 -at határozzák meg. Úgynevezett teljes elemzések csak különleges vizsgálatok alkalmából készülnek. A modulus meghatározások üzemi elemzéseken alapulnak.

A bauxitokat mindemellett sok szempontból próbálták már természetesen csoportokba foglalni és így minőségileg egységes alapon osztályozni. Ismeretes fizikai tulajdonságuk, vegyi összetételük, kristályossági fokuk, ásványi összetételük, felhasználhatóságuk stb. szempontjából történt rendszerezés. A gyakorlat azonban mindinkább azt mutatja, hogy csak egy tulajdonság szerint való osztályozás kellő és kielégítő megoldást nem ad. Legelterjedtebb osztályozásuk felhasználhatóságukkal kapcsolatban a kereskedelmi szempontból, vegyi alapon való megkülönböztetés. Ebből a szempontból a bauxitok osztályozása a feldolgozó ipar fejlettségének megfelelően bizonyos mérvű fejlődésen ment keresztül. Általában az alumíniumipar szempontjából a bauxitokat Bayer-eljárással való feldolgozhatóság szerint osztályozták. Így a Bayer-eljárás tökéletesedése, illetőleg kombinált eljárások bevezetése folytán a rentábilisan feldolgozható minőségi határok állandóan változnak. Kezdetben maximum 4% kovasav tartalomig, később már 7,5% kovasav felső határral kötötték megállapodásokat. A minőségi kikötések általában bázis alapra vonatkoztak, ami az elméletileg kinyerhető alumíniumoxid mennyiséget jelentette.

¹ Elhangzott 1953 június 20-án az Ajkán tartott bauxit-timföld ankéton.

² Lásd Kohászati Lapok 1952. évi 10. számában.

Újabbban a szovjet szabványnak megfelelő, ugyanez csak kémiai alapon, modulus alapján osztályoztuk a bauxitokat. Ennél a rendszernél is a technológia fejlődésének megfelelően bizonyos változás tapasztalható. Ezt látjuk, ha az 1941. évi szabványt az 1950. évi szabvánnyal összehasonlítjuk. Ezek a szabványok már a kémiai kikötéseknél a járulékos alkatrészekre is kiterjednek, sőt már a minőségi határok megadásánál figyelemmel vannak arra, hogy milyen típusú érceel állunk szembe ásványtani szempontból. Itt a szabványban a bauxitok hozzávetőleges rendeltetését is közlik. Ezek a szovjet szabványok csak irányelv-ként alkalmazhatók nálunk, mert hisz ezek is különlegesen oroszországi bauxitokra vonatkoznak. Mindenesetre véleményünk szerint helyesebb lenne, ha ásványtani alapon tudnánk elsősorban osztályozni a bauxitokat és ezen belül térnénk ki a vegyi összetételre. Így a timföldgyárak sokkal egyenletesebb minőségi ellátásban részesülnének.

Természetesen e kérdés megoldása nem egyszerű, mert egyrészt az ásványtani meghatározás — mint látjuk — még nem nyugszik biztos alapon, másrészt az egész ércvagyon kataszterünket új alapokra kellene fektetni. Hazai timföldgyártásunk szempontjából mindezek ellenére jó lenne, ha a bauxitok típusainak ásványtani vizsgálatát elvégeznénk és tekintve, hogy meglévő timföldgyáraink kapacitása és feldolgozási eljárása ismert, a szállításokat úgy kellene irányítani éppen e megismerések alapján, hogy az ásványtanilag hasonló típusú érceket dolgozná fel egy-egy timföldgyár. Így a legkedvezőbb eredménnyel dolgozhatnánk.

A bányászatnak, amidőn országosan felmérték a bauxitkincset, magyar szabványok hiányában valamiből ki kellett indulnia. Vállalatunknál a szovjet szabvány szemelött tartásával modulus alapon osztályoztuk a bauxitokat és az 1952. évig 2,1—6, 6—10 és 10 feletti modulus csoportokat állapítottuk meg. 1952. évtől kezdve az újabb ГООТ-szabvány alapján minőségi határok úgy változtak, hogy a pirogén érceknek 2,6—7 és Bayer-érceknek a 7—10 és 10 feletti modulusú érceket számoljuk. Ezen az alapon méri fel az ércvagyonat a Bauxitkutató Expedíció és újabb kutatási eredményeit is ezen az alapon értékeli. A minőségben és az ércvagyon becslésekben az Fe_2O_3 tartalmat is átlagolják. Az ércvagyonnak minőség szerinti ilyen értékelése és tovább vezetése igen nagylétszámú munkaerőt foglalkoztat. Több helyről különböző különleges kívánságokkal lépnek fel, kérik, hogy vanádium, titán, foszfor, kén stb. tartalom szempontjából is értékeljük az ércvagyonot. Ez hatalmas költséget és többletmunkát jelentene és véleményem szerint a munka és költség nem állna arányban az elérendő céllal.

Ezekre vonatkozólag teljesen elegendő, ha a több mintából készített teljes elemzés alapján határokon belüli értéket adunk ezen alkatrészekre; vagy, ha statisztikai alapon évekre visszamenőleg megvizsgáljuk a vonatkozó adatokat és így képezzük átlageredményeket. A statisztikai alapon lefolytatott munka szép példáját mutatta Bárdossy György geológus, aki két dolgozatában a titánra és vasra vonatkozóan igen figyelemre méltó meg-

állapításokat tett, üzemi elemzések feldolgozása révén. Sajnos e munkát még nem publikálták.

A Bauxitkutató Expedíció működése során a jelenleg üzemeltetett bányák ércvagyonát, ezenkívül a már ismert előfordulások ércvagyonát jelentős mértékben tisztázta.

Az ércvagyon becslést a szovjet szabályok szemelött tartásával készítették el. Az összeállításnál a Bayer- és pirogén érceket külön vizsgálták. Bayer-érceknél két osztályt különböztetünk meg 10 modulusnál jobb és 7—10 modulusú érceket, valamint 2,6—7 modulusú pirogén érceket.

A kutatások során az említett területet általában 50 m-es hálóval felfúrták és $\frac{1}{2}$ m-kénti mélységbeli mintavételt eszközöltek a bauxitból. A mintavételt megfelelő gonddal végezték úgy, hogy a magkihozatal általában az 50%-ot mindenütt elérte és így megbízhatónak mondható. Tekintve, hogy ilyen sűrű fúrású hálózattal vizsgálták meg az előfordulásokat, az így kapott átlagértékek jónak mondhatók és a nagy számok törvénye alapján az egész területre vonatkozóan feltétlenül helyesek.

Természetesen az érc mennyiségi becslése — ha még olyan szigorú szabályok szerint is történik az — pro és kontra vitatható, azonban ez az összes mennyiség csak 1—2%-ára tehető, az országos helyzetet vizsgálva nem jelentős. Ennek során kimondhatjuk, hogy Al_2O_3 és SiO_2 tartalom szempontjából — sőt vasoxid szempontjából is — az adatok minden kritikát kibírnak és ezen adatokra nyugodtan lehet tervezni.

A többi üzemi elemzéseknél meghatározott elegrészre (TiO_2 és az izzítási veszteségre) vonatkozóan az adatok rendelkezésre állanak, tehát átlagolhatók. Az egyéb járulékos elegrészre azonban az adatok hézagosságok. Így CaO -ra és MgO -ra nem minden esetben történik vizsgálat, csak olyan helyeken, ahol feltehető, hogy a megengedettnél nagyobb százalékban fordul elő és így a készletek minőségi értékét rontja. A többi helyről csak átlag próbák alapján van szórványos elemzés. Ugyanez vonatkozik a kén-tartalomra, valamint a vanádium, foszfor tartalomra is.

Mindezt természetesen lehet, hogy valaki hibának rója fel, azonban ha tekintetbe vesszük, hogy a kutatott területek általában a jelenleg már üzemeltetett és így eléggé ismert területhez kapcsolódnak és ezeknél az üzemeknél az évek hosszú során sok ezer elemzés készült el és a kifogásolható egyéb járulékos elegrészek százalékos arányát rendszerint több száz elemzés támasztja alá, az aggodalom felesleges, mert így statisztikai alapon is jó átlagértékek nyerhetők. Állíthatjuk tehát azt, hogy az ércvagyon becslésnél közölt átlagos adatok a kérdéses területre vonatkozóan minden körülmény között elfogadhatók. A jelenlegi elemzési módszerek és berendezések mellett nem kívánható, hogy ily nagytömegű anyagból minden elemzés teljes legyen, hiszen ez nem is állna arányban az elérendő céllal. Véleményem szerint, inkább csak tudományos jelentősége lenne.

A Bauxitkutató Expedíció készletbecsléseinél hiba az, hogy az egyes előfordulások ásványi és

közvetlen vizsgálata úgyszólván teljesen hiányzik, erre vonatkozóan legfeljebb csak szórványos adatokat közölnek, ami biztos alapot nem nyújt.

A feltárhatóságra vonatkozóan adatok általában találhatóak, de csekély számban és az ásványtani vizsgálatok hiányában összefüggéseket és következtetéseket nehéz belőlük megállapítani.

A bauxitok minőségével kapcsolatos kérdések bányászati szempontból való elbírálásához szükségesnek tartom, hogy az eddig alkalmazott minőségi mintavételi eljárásokat ismertessem és az azokkal kapcsolatos problémákra rámutassak.

A bauxit minőségének nyilvántartása a bányászásban az ú. n. üzemi vegyi elemzések alapján történik. A bányán belül a különböző települési viszonyoknak és művelési módnak megfelelően mintát vesznek, amit üzemi elemzéssel megvizsgálunk és ennek alapján tart-térképet fektetnek fel, aminek birtokában irányítja a művelő a termelést.

Külfejtésnél a mintázás a következőképpen történik:

Az előzetes 25, illetve 50 m-es fúrési háló alapján már bizonyos mennyiségű tájékoztató adatunk van. E geológiai adatok alapján takarítjuk le a bauxitról a fedőréteget. Miután a meddőközetet letakarítottuk, szabályos 5×5 m-es hálózattal felfúrjuk a területet, rendszerint a fedőtől a talpig tecklenburgi kézifúróberendezéssel és mékenti mélységbeli kőzet mintát veszünk. E fúrás módnál a mintázott lyuk nincs esővezve, a fúrás nedvesen történik.

Ha megvizsgáljuk ezt a fúrési rendszert, azt találjuk, hogy maga az 5 m-es hálózattal való fúrás és méterenkénti mintavétel teljesen kielégítő eredményt kell adjon, azonban a fúrás kivitelezésénél a tecklenburgi fúrás alkalmazása nem a legelőkételesebb eljárás. Ennél az eljárásnál ugyanis a felsőbb méterekből az alsóbb méterekbe az anyag utánhullását nem akadályozzuk meg, másrészt — tekintve, hogy a bauxit anyaga nem elég egyenmő, — ha az érc például pizolitos, úgy a fúrás folyamán a lazább alkotóelemek a csigamenetből kimosódnak, az iszapban visszamaradnak, míg a keményebb alkotórészek (pizolitos szemek) feldősulva kerülnek a mintába. Tehát sokszor nem a legelőkételesebb mintát kapjuk.

Ennek ellenére ez a mintázási mód van több évtizede gyakorlatban. Tárgyilagosan meg kell jegyezni, hogyha néha kisebb eltérések adódtak is ebből kifolyólag, használata kielégítő eredményt adott.

A mélyműveleteknél már sokkal nehezebb a minőség megismerésének kérdése. Itt nincs mód arra, hogy minden esetben a lefejtés előtt ilyen sűrű hálózattal minőségileg megkutassuk a telepet, hiszen sokszor több száz méter fedőréteg takarja. Vékony telepek megmintázásakor a felső szintről sűrű (5 m-es) hálózattal való telepelfúrás nem lehetséges. Ilyen esetben a fejtési tömböket az elővájási és fejtés előkészítési vágatokkal körülróljuk és a fedőtől talpig ezekből a vágatokból résmintát veszünk, általában egymástól 5 m-es távolságban.

A mintázott tömbre vonatkozóan így csak eléggé hozzávetőleges minőségi tájékoztatást nyerünk, hiszen egy-egy ilyen tömb kiterjedése akár 50×50 m-es vagy még ennél nagyobb terület is lehet és tulajdonképpen ennek csak a széleit vizsgáljuk meg.

Az így készített tart-térkép alapján indul meg a fejtés. Ez a mód az egész területre vonatkoztatva csak akkor ad megközelítő átlageredményt, ha aránylag egyenmő ércről van szó, egyébként a fejtési homlokok előrehaladásával kiegészítő mintázást kell végezni. Ez a mód viszont csak akkor lehet eredményes, ha a minták feldolgozása csak pár órát vesz igénybe, mert különben a nyert adatok gyakorlatilag értéktelenné válnak.

Vastag telepi fejtéseknél a nálunk alkalmazott emlasztásos fejtésmódnál a legfelső szeletet mintázzuk meg az előbb ismertetett módon. A további szeletek megmintázása könnyebb, mivel a felső szelet lefejtése alkalmával hasonlóan a külszíni fejtések megmintázásánál alkalmazott módhoz, 5×5 m-es hálózattal talpfúrás eszközlünk ugyancsak tecklenburgi berendezéssel, amelynek alapján éppúgy mint a külfejtésnél, egész pontos tart-térkép készíthető az alsó szeletekre vonatkozóan.

Az eddig elmondottak a fejtésekre vonatkoztak. Tekintve azonban, hogy a termelésnek csak egy része kerül ki fejtésből, jelentős része pedig elővájásból, az elővájás megmintázása is lényeges.

Az elővájás megmintázása a munkahely fejtési homlokán vett résminta útján történik. Itt természetesen felmerül annak kérdése, hogy a résmintából mikor kap a művelő elemzést. A mai gyakorlat mellett általában 3—4 nap múlva tudja meg a művelő azt, hogy az elővájási homlokon vett minta milyen minőségű volt és így milyen anyagot szállított. Éppen ezért olyan bányákban, ahol sok az elővájás, a szállítás minőségének megtervezése igen nehéz.

Ezekkel a bányászásban általánosan elfogadott mintázási módokkal szemben a MASZOBAL keretén belül van egy módosítás. A résminták helyett az iszkaszentgyörgyi üzem példájára, ahol robbantással jövesztünk, a robbantási fúrólyukakból kikerülő fúrési lisztet mintázzuk meg oly módon, hogy a fúrókalapács, vagy szénfúró porkihordási helyére kis zsákot erősítünk, amelybe a fúró automatikusan kihordja már örölt állapotban a mintaanyagot. Így a minta feldolgozása könnyebb és jobb átlagot is tudunk kapni, tekintve, hogy egy homlokban átlagban 7—11 robbantási lyukat fúrunk.

Mindez azonban nem oldja meg a mintavétel, a jövesztés és az elemzési idő közötti időhözag kérdését, hanem csak automatizálja a mintavételt. A gyors elemzés problémája továbbra is fennáll.

Kérdés most már, hogy ezekkel a mintavételi eljárásokkal szemben milyen jobb eljárásokat lehetne bevezetni, milyen felszerelést — berendezést igényelnek ezek és milyen eredményt biztosítanak.

A külfejtéseknél alkalmazott mintavételi mód végeredményben megfelel, itt legfeljebb a fúrás technikájában lehetne változtatni annyiban, hogy nem tecklenburgi fúrókat alkalmazunk, hanem

valamilyen gyors magfúrási eljárást. Ez mindenképpen modernebb és pontosabb lenne. Mindenesetre megfelelő számú modern igen jó teljesítményű, könnyen szállítható, kb. 20—25 m mélységig alkalmazható fúróberendezésre lenne szükség. Megfelelő kis munkaigényű berendezést nehéz találnunk főleg azért, mert amennyiben gépi fúrásról volna szó, egyik pontról a másik pontra való átvitele, tehát mozgatása, lényegesen munkaigényesebb, mint a kézzel szállítható tecklenburgi fúrógépé. A külfejtések gépi termelése viszont az eddiginél pontosabb mintázási módot nem indokol.

A vékony telepek és elővájások megmintázásának kérdése a legnehezebb. A vékony telepek mintázásánál résminták helyett az egyes fejtési tömbök jó megmintázását egyedül vízszintes magfúrással tudom elképzelni. Vízszintes magfúrást kivitelezhető, azonban itt is a fúróberendezés kérdése nehéz. Itt különleges könnyen mozgatható magfúróberendezésre van szükség, mellyel 40—50 m hosszú vízszintes fúrás eszközölhető.

Feltétlenül magfúrással kell beszélnünk ebben az esetben. Ennél viszont a vízöblítés kérdése elég nehéz, mert amennyiben lazább anyagról van szó és erős a vízöblítés, ez a lazább szemcséket kimossa és a kapott minták nem lesznek elég megbízhatók.

Iszkaszentgyörgyön ilyen vízszintes fúrási rendszerrel mintáztuk meg a felső szeleteket 1947-ben. Munka közben feltűnt, hogy az iszkaszentgyörgyi bauxithoz képest aránylag túlzottan pizolitos bauxitrétegeket tartalmaz a minták szerint ez a szelet. Mikor a fúrások kivitelét ellenőriztük, rájöttünk arra, hogy a fúrás csigafúróval történt, az öblítővíz a lazább szemeket kimosta és így csak a pizolitos kemény szemek maradtak meg. Így természetesen a vett minta egész hibás eredményt adott. Tehát vagy dupla magcsöves, vagy száraz magfúrást kellene alkalmazni.

Ezek a javaslatok csupán a mintavételi technika megjavítását célozzák.

Véleményem szerint azonban nem lehet csak ezen az úton keresni a megoldást. A jobb megoldásnak még két másik módját is látom. Az egyik a gyors elemzés kérdésében van. A gyors vegyi elemzés kérdésével már úgyszólván évtizedek óta foglalkoznak, azonban kielégítő módon még sehol sem oldották meg. Véleményem szerint kémiai elemzési módszerrel a kérdés nehezen oldható meg.

A kérdés megoldása szerintem színek elemzéssel volna lehetséges. Művelő bányamérnöknek nem szükséges a százalék tizedrészén belül ismernie például a kovasav tartalmát, elég, ha bizonyos határközön belül ismeri. Hiszen nem egy munkahelyről termel, ígyis-úgyis egy bizonyos bauxitkeveréket kap, aminek átlagolásához elegendő fél vagy egy százalékon belüli kovasav értékek ismerete.

Megfelel például, ha színek elemzés útján 1—3, 3—5, 5—7 stb. határközök szerint gyorsan kapja az elemzett értékeket. Mivel egy ilyen színek elemzés tudomásom szerint percekben belül készül, így a munkahelyről vett anyag még elszállítás előtt kiértékelhető és a minőségi szállítás ennek alapján megfelelő módon irányítható. Véle-

ményem szerint ez a mód az egyik legjárhatóbb út a kérdés megoldására. Itt a beruházott értékkel szemben feltétlenül megfelelő ellenérték áll.

A másik mód végkifejződésben még egyszerűbb megoldás, de egyéni megítélést kíván. Ez a mód már több előadás tárgya volt, de megvalósítása még késik. Ez a bauxitok makroszkópikus megkülönböztethetőségén alapszik. Véleményem szerint a fejtési munkahelyen a bauxittípus olyan, hogy az esetek 90%-ában szemre felismerhető. Amennyiben a szemre megismerhető bauxitokat kémiai, fizikai és ásványtani vonatkozásban megismerjük és megfelelően tudatosítjuk, akkor kialakult az, hogy egy bizonyos hibahatáron belül a bauxitokat már maga a felügyelet könnyen osztályozhatja és a minőségi termelést ennek megfelelően irányíthatja. Természetesen ezen az alapon egy tized százalékon belüli értékkel a kovasavtartalom nem állapítható meg, de 1—2% pontossággal megállapítható, hogy milyen bauxitról van szó és a durva hibák kiküszöbölhetők. A szemre gyenge bauxitokat már a munkahelyen kell elválasztani, amennyiben ez nem történt meg, később a szállítás menete folyamán is ki tudjuk selejtezni a szemre meg nem felelő bauxitot tartalmazó csilléket. Így a szállítmány minőségét jelentősen meg tudjuk javítani. Ennek viszont alapfeltétele az, hogy a jellemző bauxittípusok teljes vizsgálatát elkészítsük és ennek alapján a felügyeletet jól kiképezzük, ami viszont költséget és időt igényel. Ha azonban ez egyszer elkészült, akkor a továbbiakban csak oktatás és ellenőrzés kérdése, ami külön költséget nem igényel.

Hangsúlyozni kívánom, hogy ez a mód nem teszi teljesen feleslegessé a fejtési tömbök megmintázását, hanem csak a mintázás sűrűségét befolyásolja, másrészt a fejtési munkahelyeknél a minőségi szétválasztást segíti elő és a szállításoknál a szennyeződés lehetőségét csökkenti.

Nem elég azonban az, hogy a minőségi tisztántermelést csupán a munkahelyen oldjuk meg. Hiszen a bánya különböző helyein termelt bauxit szállítási útjai végeredményben egyesülnek a szállítóvágatokban, ereszkéknél, alapközlén és végül a rakodón. Így természetesen az egymást követő csillékekben más és más anyag van. A csillék minőség szerinti szétválasztása a rakodón kell megtörténnie. Ezt a műveletet a jelen berendezkedés mellett igen nehéz kielégítően megoldani. Ugyanis a bányák csak 2—3 minőségi csoportot tudnak külön kezelni, ez rendszerint a szállítási kikötésnek megfelelően alakul. A rakodó felügyelet megkapja az utasítást, hogy milyen csapat számú csilléket, mely szállítmány részére döntsék. Ez így gyakorlatilag megfelelő eredményt ad, azonban, ha a folyamatos szállításnál fennakadás van, vagy a szállítási diszpozíciót megváltoztatják, úgy zavarok adódnak. Ezért fontos, hogy az üzemek szállítási terveiket minőség szerint időben megkapják, azok egyezzenek a bánya minőségi tervfelbontásával és a szállítási terveket napról-napra ne változtassák, mert a bánya sokszor a legnagyobb igyekezet mellett sem tudja egyik percről a másikra a telepítési és így a szállítási tervét a minőségnek megfelelően átállítani, miután a termelő helyei adottak

és a munkahelyekről csak az adott minőségű érc termelhető ki.

A szállítási mintavételre és a szállítmányok elemzésére itt nem térek ki, ez szabványosított eljárás, ennek kritikai vizsgálata messzire vezetne.

A szállításnál a minőség biztosítása szempontjából lényegesnek tartom, hogy a rakodókat úgy építsük ki, hogy azon legalább 4—5 fajta minőség külön legyen kezelhető. A bányánál a készletterek berendezkedése olyan legyen, hogy ott hasonlóképpen 4—5 minőség külön legyen készletezhető (a készletezés dumperekkel megoldható). A szállítási tervek jól megalapozottak legyenek és operatív megváltoztatásuk csak egészen kivételes esetben történhessék. A szállítási minőség ellenőrzése szempontjából is a jellemző típusok teljes vizsgálata alapján a makroszkópicusan történő ellenőrzés bevezetése és alkalmanként színképelemzés igénybevétele kívánatos.

Mindezek után felmerül a kérdés, hogy a timföldipar mire számíthat és mik a jövő kilátásai, a bauxitok minőségét illetően.

Erre a kérdésre a Bauxitkutató Expedíció adatait alapulvéve a következőket mondhatjuk: A jelenleg üzemeltetett bányák ércvagyonának 35%-a Bayer-érc, a többi pirogén bauxit.

• A területek jelentős része — 58%-a — csak mélyműveléssel jövesztendő és ennek 75%-a karsztvízveszélyes bányászatot kíván meg.

A tervezés alatt álló bányák ércvagyonának 46%-a Bayer-minőségű, a többi pirogén érc. Az összes mennyiség 99%-a csak mélyművelésre alkalmas, úgyszólván 100%-ban karsztvízveszéllyel.

Figyelemmel kell lenni a karsztvízveszély okozta bányászati nehézségekre, amelyek a költségekre fognak kihatni.

A megkutatott, de fel nem tárt ércvagyon ugyanezen bányakörzeteken belül 50%-ban Bayer-ércet mutat. Az össz mennyiség 70%-ban erősen karsztvízveszélyes mélybányászat.

Ezzel kapcsolatosan ki kell térnem az ismert bányakörzetek különleges bauxitminőségi termelési kérdéseire. Iszkaszentgyörgyön a szürke bauxit kérdése vár megoldást. Ennek az ércnek kitermelése bányatechnikai okokból (tűzveszély) fontos, viszont minőségi értékelése nem tisztázott. Véleményem szerint ez is nagyrészt ásványtani probléma a már ismert vegyi kérdések mellett. A kérdés rendezése az üzem szempontjából rendkívül sürgős.

Halimbán a pirogén bauxitok kitermelésének kérdése különös súllyal vetődik fel a mélybányászatnál. Külszíni bányánál ez a kérdés eddig nem volt jelentős, mert a gyenge minőségű ércet a fejtési üregben hagytuk és az bármikor még kitermelhető. A karsztvízveszélyes mélyművelésnél azonban ez nem lehetséges, mert ha egy bányamező művelését felhagyjuk és víz alá eresztjük, akkor annak újramegnyitása — ha egyáltalán lehetséges — rendkívüli áldozatokat kíván, ami már nem áll arányban az elérhető eredménnyel. Éppen ezért ezt a kérdést fel kell vetni és a kibányászandó, vagy benthagyandó ércek minőségi határait tisztázni kell, a feldolgozó ipar technológiájának haladását tekintetbe véve.

A teljes helyzet tisztázása érdekében meg kell jegyezni, hogy az ismert bányakörzeteken kívüli területeken is folytak bauxit utáni kutatások és a Bauxitkutató Expedíció ércvagyon mérlege több kisebb előfordulást jelez. Ezek az előfordulásokon azonban a jelenlegi kutatási adatok még nem mutattak ki olyan mennyiségű iparilag hasznosítható ércvagyont, hogy azok művelése — különösen hazai timföldiparunk szempontjából — számításba jöhetne.

Mindezek után felvetődik a kérdés, hogy mivel számolhat a hazai timföldipar a közel és távolabbi jövőben minőségi bauxitellátás tekintetében és milyen intézkedéseket kell hozni a bauxitbányászatban a bauxit tisztán kezelése és a bauxitnak, mint anyagnak jobb megismerése érdekében, továbbá az ipar milyen segítséget kell nyújtson a bauxitbányászat számára.

A timföldipar csakis azzal az érccel számolhat, amelyet már ismertettem. Minőség tekintetében hiba lenne azzal számolnunk, hogy a jelenlegi helyzet javulni fog, vagy az sokáig tartható. A nyírádi területen létesülő új műveletek ércvagyonának minősége a geológiai jelentések szerint is már kb. két modulussal gyengébb az eddigi minőségénél. Bayer eljárás szerinti timföldgyártásra jelentős ércbázisul elsősorban az iszkaszentgyörgyi és halimbai lelőhely vehető csak figyelembe. Ezeknek az előfordulásoknak ércminősége a jelenlegivel közel azonos lesz. Ezek a megállapítások a jelenleg működő timföldgyárakra vonatkoznak. Ha timföldiparunkat tovább óhajtjuk fejleszteni, akkor Bayer minőségű bauxitot ércbázisul már nem vehetünk figyelembe. Sokkal célszerűbb új timföldgyárainkat pirogén bauxitbázisunkra tervezni és ebből a szempontból feltehetően a halimbai bányakörzet jöhet elsősorban számításba.

Minőség szempontjából ennek megfelelően kell a bauxittermelést szétosztani. Vagyis hazai timföldgyáraink közül jóminőségű Bayer ércel Almásfüzitőt, Iszkaszentgyörgy, Ajkát kezdetben Nyírád, később Halimba, Magyaróvart Halimba kell ellássa. Az esetleges új pirogén bauxit feldolgozására épülő gyárat szintén Halimba kell ellássa. Export lehetettségünket a fennmaradó Bayer minőség pirogén ércel való keverése által, valamint tiszta gánti pirogén bauxittal kell teljesíteni.

A timföldiparnak számolnia kell a bauxit árának jelentős megváltozásával függetlenül a minőségtől, tekintve a karsztvízveszélyes mélybányászat térhódítását.

Az alumíniumiparnak sürgősen tisztázni kell a bauxitok minőségi osztályozását. Felül kell vizsgálnia a Maszobal rendszerét, hogy az mennyiben felel meg a hazai előfordulások minőségi határértékeinek és az a timföldipar érdekeivel, illetőleg a jelenlegi gyárak technológiájával hogyan egyeztethető össze. Megfelel-e a Bayer érc minősítés 7—10 és 10-nél jobb modulusú határokkal? Elég-e egy minőségi osztály, 2,6—7 modulus felállítás, a pirogén ércnél, vagy célszerű-e annak kettéválasztása 2,6—4 és 4—7-ig osztályokkal?

Végül a minőségi alsóhatár 2,6 vagy 2,1 modulban fogadható-e el? Ezenfelül meg kell vizsgálni a vasdús bauxitok osztályozásának kérdését is.

E kérdés eldöntését követően az egyes előfordulásoknál minőség szempontjából a kibányászandó érc alsó határértékét, valamint a különleges minőségi termelés feltételeit szabályozni kell. Csak ezen szabályok elkészítése után lehet a minőségi tisztántermelés elvi feltételeit oly módon megteremteni, hogy az gyakorlatilag és maradéktalanul teljesíthető legyen.

A minőségi tisztántermelés érdekében feltétlenül meg kell oldani a gyors elemzés kérdését. Véleményem szerint ez csak a szinképelemzés bevezetésével lehetséges. Ezért szükségesnek tartom, hogy minden bányüzemnél a laboratóriumokat szereljük fel szinképelemző berendezéssel. A tudományos intézetek a gyors szinképelemzéshez szükséges etalonokat készítsék el, dolgozzák ki a szinképelemzés bauxitra vonatkozó előírásait. A bányabeli mintavételt e berendezés beszerzése esetén úgy kell megszervezni, hogy minden munkahely megmintázása közvetlenül a jövesztési folyamat előtt megtörténhessen és így a minták feldolgozása és az eredmények közlése egy órán belül megtörténjen. Ezáltal a bányaművelést vezető mérnök teljes biztonsággal tudja majd a termelést és az elszállítását minőség szempontjából kézben tartani.

Emellett el kell végezni a bauxitok makroszkopikusan elkülöníthető típusainak teljes ásványtani, kőzettani, kémiai vizsgálatát. Ezeknek alapján a jellemző érc típusokat megfelelő módon el kell nevezni és a művelőkkel meg kell ismertetni. Ez is döntően hozzájárul a minőségi tisztántermelés kérdésének megoldásához. Ezt a munkát a tudományos kutatóintézeteknek kell a legsürgősebben elvégezniük és erre megfelelő kapacitást, valamint anyagiakat kell biztosítani.

Jelentősen meg kell javítani mélyfúrótechnikánkat. A Bauxitkutató Expedíciót megfelelő modern mélyfúróberendezéssel kell ellátni, hogy munkáját fokozhassa, különösen a részletes fel-

fúrások terén. De ugyanakkor a bányüzemeket is megfelelő bányabeli mélyfúróberendezésekkel kell ellátni, amelyek 40—50 m vízszintes magfúrás keresztülvitelére alkalmasak. Ez nemcsak a minőség megállapítása céljából lényeges, hanem lényeges a karsztvízveszélyes bányák vízvédelmének szempontjából is. Be kell vezetni az ásványtani vizsgálatokat mind a bányászatban, mind a timföldgyártásnál. Első lépésként ajánlom a Vendel-féle gyors elemzés bevezetését, ami megfelelő biztonsággal, pár órán belül megadja a bauxit allitos ásványainak százalékos arányát és így jól ellenőrizhetjük a timföldgyáraknál körfolyamatba kerülő nyersanyag ásványi összetételét és ennek alapján szabályozhatjuk a folyamatot.

A szállítások ütemét összehangba kell hozni minőségi és mennyiségi szempontból a termelési lehetőségekkel, ennek megfelelőleg kell irányítani az elszállítását és biztosítani annak egyenletes ütemét.

A bányák rakodóit és készlettereit modernizálni kell, hogy azokon az eddiginél több fajta bauxitminőség legyen tisztán kezelhető.

Meg kell erősíteni a bányák geológiai, felmérői szolgálatát, hogy a termelés minden fázisában a bánya minősége tervezhető és ellenőrizhető legyen.

Mindezen intézkedések megtétele után feltétlenül el kell érjünk, hogy a bauxitokat egységes alapon szemlélve, a föld méhéből eredeti minőségben, szennyezés mentesen kerüljön a feldolgozó iparhoz már olyan minőségi ismérvekkel ellátva, amelyek technológiailag a lehető legjobb feldolgozásukat biztosítják.

Kétségtelen, hogy ennek elérése érdekében még sokat kell tenni, de véleményem szerint az általam javasolt intézkedések és elvégzendő feladatok aránylag mind könnyen és gyorsan kivitelezhetők. A bauxitvagyon, mely hazánk egyik legjelentősebb kincse, a legnagyobb gonddal kell kezelnünk és annak érdekében, hogy ezt a kincset valóban a leggazdaságosabban értékesítsük dolgozó népünk javára, tudásunkhoz mérten mindent megtenni hazafias kötelességünk.

Új eljárás metallográfiai volfrám és molibdén csiszolatok fényesítésére és marására

MILLNER TIVADAR, a műsz. tud. doktora és IFJ. SASS LÓRÁNT

НОВЫЙ МЕТОД ДЛЯ ПОЛИРОВАНИЯ И ТРАВЛЕНИЯ МЕТАЛЛОГРАФИЧЕСКИХ ШЛИФОВ ВОЛЬФРАМА И МОЛИБДЕНА

Др. Мильтнер Тивадар
и Шаш Лоранд

Для межкристаллитного травления вольфрамовых и молибденовых шлифов был испытан раствор следующего состава: 10 гр $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 40 мл. дистиллированной воды, 20 мл. концентрированного NH_4OH сс.-который оказался значительно лучше, чем известные до сих пор составы для травления. Добавка 1—2 гр $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ и 20 мл. конц. сс. NH_4OH на 1 литр полировальной взвеси сокращает время полирования в 10 раз.

A new method for polishing and etching of metallographic specimens of tungsten and molybdenum

By dr. Tivadar Millner and Lóránt Sass

For grain boundary etching of metallographic specimens of tungsten and molybdenum a solution prepared from 10 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$, 40 ml dest. water and 20 ml cc. NH_4OH proved much better than the generally known etching reagents. Adding 1—2 g/l $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ and 20 ml/l cc. NH_4OH to the alumina suspension, the time of polishing is reduced to the tenth.

Ein neues Verfahren zur Polierung und Ätzung von metallographischen Wolfram- und Molybdän-schliffen.

Von dr. Tivadar Millner und Lóránt Sass

Bei Metallschliffen sowohl rekristallisierter, wie auch bearbeiteter Wolfram- und Molybdän-Proben haben sich für Kristallgränzenätzung eine wässrige Lösung von

10 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

in 20 cm³ konz Ammoniak, und 40 cm³ H₂O weitaus besser bewährt. Wie die bisher bekannten Ätzmittel. Die Polierzeit kann durch Zufügung einer Auflösung von 1—2 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ in 20 cm³ konz. Ammoniak je Liter zu den üblichen Al_2O_3 Suspensionen in Verhältniss von etwa 10 : 1 verringert werden.

A vákuumtechnikai ipar termékeiben, pl. az izzólámpákban, rádiócsövekben stb. ma olyan, igen tiszta volfrámfémből készült volfrámdrótot használunk, amelynek rekristallizációját aligezredszázaléknyi idegen anyagok befolyásolhatják. Ezek szabják meg, hogy nagy, vagy kis kristallitok keletkeznek-e rekristallizációkor a drótban. A tapasztalat azt mutatta, hogy a volfrámfém kívánatos technológiai tulajdonságait (pl. a hideg- és melegszilárdságot stb.) a nagy kristályokból álló, rekristallizált fémszerkezet sokkal inkább biztosítja, mint az apró kristályokból álló. Érthető tehát, hogy a kristályszerkezet alakulásának vizsgálata a volfrámmetallográfiának elsőrendű szükséglete. Az ilyen vizsgálat a szokásos módon pl. metallográfiai csiszolatok mikroszkópos megfigyelése révén történhetik.

Az irodalom (1) nem tartalmaz volfrámfém csiszolatainak elkészítésére és fényesítésére a többi fémektől eltérő, különleges előírásokat, csak megemlíti, hogy a volfrámfém nagy keménysége miatt nehezen csiszolható és fényesíthető. Mi is

azt tapasztaltuk, hogy 400-as finomságú csiszoló-papíron, egyenletes karcolatúra csiszolt felületek fényesítése (pl. 2. sz. Dujardin-alumíniumoxid vizes szuszpenziójával) egymagában 6—8 órát vesz igénybe.

A fényesített csiszolatok marására az irodalom (1,2) négy marószert ajánl: a kristallit-határok kimarására hideg lúgos ferricianid oldatot, vagy forró hidrogénperoxid oldatot, mélymarásra hideg szódás ferricianid oldatot, vagy forró salétromsavas hidrogénfluorid oldatot. Mi a bennünket leginkább érdeklő feladatra, a kristallit-határok marására a lúgos ferricianidoldatot alkalmasabbnak találtuk, mint a hidrogénperoxid oldatot, megelőgedve azonban ezzel sem voltunk, mert hol maratlanul hagy egyes területeket, hol pedig barna foltokat alkot, bármint zsirtalanítjuk is a fényesített felületeket és bármely hígításban használjuk is a marószert.

Egy régi észlelésre (3) visszaemlékezve részletesen megvizsgáltuk milyen maratást lehet volfrám felületeken rézammóniumhidroxid-oldattal elérni. Ez az oldat enyhén oxidálóan és oldóan hat a volfrámra. Már első próbálkozásainknál igen szép kristallit-határmarást észleltünk — mélymarás nyomai nélkül. Rövidesen megállapítottuk, hogy ha

10 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$
40 ml deszt. vízben

feloldunk, az oldatot megszűrjük és azután

20 ml konc. NH_4OH

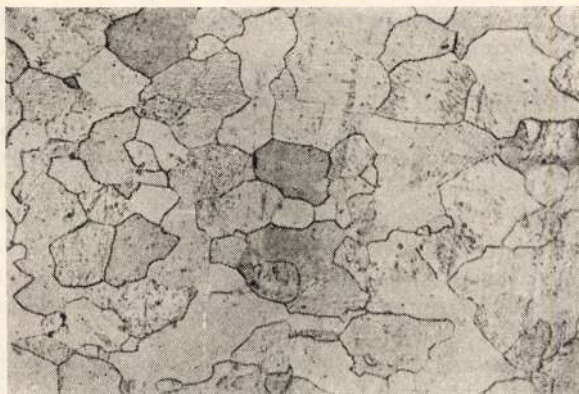
oldattal elegyítjük, olyan marószert hozunk, amely kristallit-határok kimarására különösen alkalmas és e tekintetben az eddig ismert marószereket messzeelőz meg.

Ha jól zsirtalanított csiszolatot ilyen oldatba bemártunk, s abban állandóan mozdítunk, 3—4 másodpercenként megfigyelés céljából ki-kiveszünk, megállapíthatjuk, hogy kristallit-határaink kimarása 30 másodperc alatt befejeződik. A marás kellő előrehaladását többek között arról is fel lehet ismerni, hogy mindaddig, amíg a marás még nem elegendő, a folyadék nem marad összefüggő hárttyaként a kiemelt csiszolat felületén, hanem cseppekbe szalad össze, amikor azonban a marás már kellően előrehaladt, a folyadék a felületen egyenletes hárttyát alkot.

Igen előnyösnek találtuk ezt a marószert nemcsak különböző metallurgiai eredetű, hanem különbözően megmunkált volfrámfémtestek csiszolatainak megmarására is. Mindezt az 1—3. ábrákkal szemléltetjük.

A rezes maróoldat azonban nemcsak a marás feladatait segítette megoldani, hanem a fényesítésre is igen alkalmasnak bizonyult. Megvizsgáltuk, mi történik, ha a mechanikai fényesítést igen enyhe kémiai marással kötjük össze. Mi történik, ha a

fényesítő szuszpenzióhoz kevés rézammónium-hidroxid oldatot is adunk? Már az első ilyen irányú próbálkozás meglepő eredményre vezetett. 400-as csiszolópapíron nem is nagy gondal előcsiszolt mintadarabok 10 percig tartó maróoldatos fényesítés után már teljesen karcolásmentesek voltak.



1. ábra. Lágyított (rekristallizált) volfrámrúd
(N = 150 x)

Rendszeres vizsgálatokkal megállapítottuk, hogy a végleges maratás számára igen alkalmas felületet készíthetünk elő, ha 400-as csiszolópapíron előcsiszolt, mintadarabokat literenként 1 g $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -t és 20 ml tömény ammóniaoldatot tartal-



2. ábra. Kovácsolt, 2,2 mm \varnothing -jű volfrámrúd
(N = 150 x)

mazó fényesítő szuszpenzióval 15—20 percig fényesítünk, majd még 15—20 percig tiszta, csak alumíniumoxidot tartalmazó szuszpenzióval továbbfényesítünk. *Igy 6—8 óra helyett 30—40 perc alatt olyan karcolásmentes, leheletszerűen megmart felülethez jutunk, amelyen igen jó eredménnyel lehet elvégezni a végső csiszolatmaratást — akár mélymaratás, akár kristallit-határ-maratás legyen is az.*

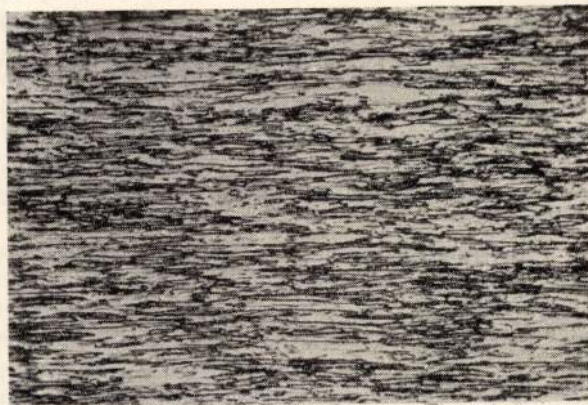
A rézammóniumhidroxidos maróoldat molibdén-csiszolatok fényesítésénél és marásánál is ugyanolyan előnyösnek bizonyult, mint volfrám-csiszolatok készítésénél. Célszerűnek találtuk azonban, hogy a fényesítő szuszpenzióhoz molibdén-csiszolatok esetében ne egy, hanem két gramm

$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ -t adjunk 20 ml ammóniával együtt. A maróoldat megváltoztatását nem találtuk szükségesnek, de azt tapasztaltuk, hogy a marási időt 30—50 másodpercre kell növelni. A 4. ábra rézammóniumoxid oldattal fényesített és mart molibdén-csiszolatot mutat be.



3. ábra. Húzott, 0,6 mm \varnothing -jű volfrámdrót
(N = 150 x)

A rézammóniumhidroxidos marószer az eddigieknél jóval szebb kristallit-határ-marást tesz lehetővé. Az itt közölt fényesítési módszer pedig igen alkalmasnak bizonyult volfrám és molibdén fémtestek csiszolatainak előkészítésére és lénye-



4. ábra. Kovácsolt, 4,3 mm \varnothing -jű molibdénrúd
(N = 150 x)

gesen lerövidíti a mechanikai csiszoló eljárásokhoz képest a fényesítés idejét.

Érdeemesnek látszik megvizsgálni, nem rövidítené-e le a marószeres szuszpenziók használata más fémeknél is a fényesítés idejét.

A szerzők köszönetüket fejezik ki a Híradás-technikai Ipari Kutató Intézet Igazgatóságának munkájuk támogatásáért.

IRODALOM

1. *Smithells*: Metal Reference Book. London, 1949. 265. old.
2. *Smithells*: Tungsten. London, 1945. 67. old.
3. *T. Millner*: Z. anorg. allg. Chem. 212. (1933) 284.

Alumíniumbázisú csapágyfémek értékelése metallográfiai szempontokból*

dr. BURAY ZOLTÁN

Др. Золтан Буран:

ОЦЕНКА ПОДШИПНИКОВЫХ МЕТАЛЛОВ С АЛЮМИНИЕВОЙ ОСНОВОЙ, С ТОЧКИ ЗРЕНИЯ МЕТАЛЛОГРАФИИ

Mint minden csapágyfém, úgy az alumíniumbázisú is metallográfiai és egyéb tulajdonságok szempontjából két csoportba osztható. Az első csoportba tartozó fémek általában nagyobb szilárdságúak és mint tömöröntésű csapágyak használhatók. A második csoportbeliek, kisebb szilárdságuknál fogva többnyire, csak mint bélésfém szerepelhetnek.

Bármely csoportba is tartozik azonban a csapágyfém, metallografiai összetétel szempontjából nagyjából azonos feltételeket kell kielégítenie. E metallográfiai feltételek: az aránylag lágy alapanyagba ágyazott keményebb hordozó fázisok jelenléte.

Az alumíniumalapú csapágyfémek alapanyaga az alumínium önmagában lágy fém. Szilárdságát csak ötvözéssel lehet növelni. A nagyobb szilárdságokat azok az ötvözetek érik el, amelyek hőkezelhetők. Csapágy szempontjából ezek közül a Cu-val, Zn-el és Si-vel ötvözöttek jöhetnek számításba. Azok az ötvözetek, amelyek nem hőkezelhetők, aránylag csak kisebb szilárdságúak.

A hőkezelhető ötvözetek szilárdságukat megfelelő hőkezeléssel érik el. Csapágyakat általában hőkezelnéni nem lehet, illetőleg azok a csapágyak, amelyek nagyobb hőfokon futnak (150°C felett), a hőkezelés adta tulajdonságukat elvesztik és szemcseszerkezetükben durva kiválások észlelhetők.

Csapágyazás szempontjából az alumíniumalap kiválóan mondható, mert a matrix, vagyis a lágyabb alapanyag vagy a lágy alumínium, vagy az általában szintén elég lágy alfa vegyeskristály. Ebbe a lágy alapanyagba kell a megfelelő keményebb hordozó kristallitoknak beágyazódnia.

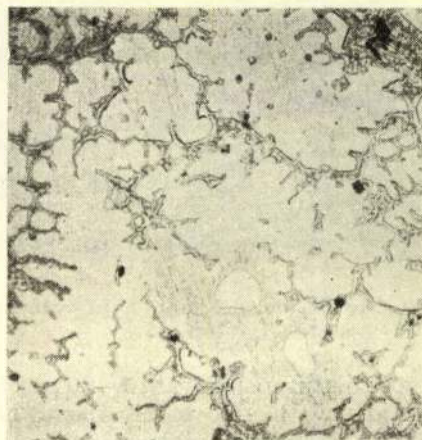
Természetesen minél keményebbek a hordozó kristallitok, annál nagyobb a csapágy teherbírása, viszont annál érzékenyebb a csapágy a tiszta folyadéksúrlódási állapot fenntartására is. A kemény hordozó fázis tehát a terhelhetőség szempontjából előny ugyan, de más szempontból viszont a túlnagy keménység káros. Káros pedig a fentemlítettéken kívül azért is, mert minél keményebb fázisok vannak jelen a fémbe, annál nagyobb kerületi sebességnél áll be — egy adott felületi nyomás mellett — a folyadéksúrlódási állapot. Amennyiben pedig vegyesúrlódás van jelen és a csapágyfémbe nagy keménységű fázisok vannak, úgy az olajréteget áttörő kemény fázis

a tengellyel súrlódva lágy ágyából kimozdul és a tengely és a csapágy közé kerülve sérülést, berágódást okozhat.

A csapágyak határterhelési görbéit vizsgálva, az üzemi felhasználás szempontjából könnyen tévedésbe lehet esni. Az alumíniumbázisú csapágyfémek túlnyomó többsége — kellő finom felületi megmunkálás után — aránylag nagy felületi terheléseket képes elviselni, de ha jól megnézzük, csak nagyobb kerületi sebességeknél. Az üzemi felhasználás során azután ott, ahol a fordulatszám erősen ingadozó, a kis kerületi sebességeknél gyakori a berágódás.

Célszerű tehát annak a megállapítása, hogy mi az a keménység, ameddig a tengely megsértésének veszélye nélkül fel lehet menni a csapágy hordozó kristallitjainál.

A gyakorlatban használt tengelyek, vagy hő-, illetve felületi kezelés nélküliek, vagy felületileg kezelték. Az első keménysége 200 Brinell körül van, míg az utóbbiaké 600 Brinell felett. Ezek alapján a lágy tengelyekhez alkalmas jó csapágyfém lehetőleg lágy bélésfém legyen. Ennek megfelelően 200 Brinell feletti fázist ne tartalmazzon. A kemény felületi tengelyekhez alkalmazandó csapágyfémbe sem lehetnek azonban ennél lényegesen nagyobb keménységű fázisok. Általában megállapítható, hogy a legkeményebb fázis se legyen 300 Brinellnél keményebb.



1. ábra. 20%-os ónbronzt $N = 300x$

A csapágyazás céljaira kiválóan bevált ónbronztok mikroszerkezetét megvizsgálva, megállapítható, hogy azok egy kb. 50–60 Brinell keménységű alfa vegyeskristályból, mint matrixból állanak és a szemcsehatárok mentén 260 Brinell keménységű eutektoid helyezkedik el. Egy 20% ónt tartalmazó ónbronzt mikroképét láthatjuk az 1. ábrán.

Másik kiváló csapágyfém a fehérfém, mely kis szilárdságánál fogva bélésfémül szolgál. Egy 92% ónt tartalmazó fehérfém mikroképe a 2.

* Hozzászólás Czégy József 1953. februárjában a Kohászati Lapokban (Alumíniumban) 31–45. old. „Csapágyötvözetek siklasi sajátságainak vizsgálata” címen megjelent cikkéhez.

1. táblázat

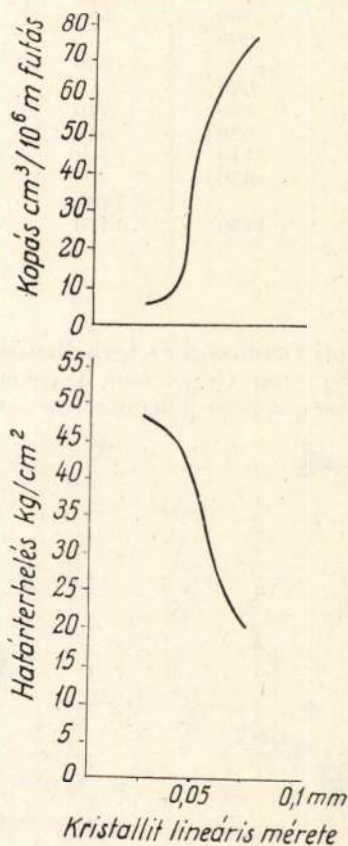
Csapágy- ötvözet	Főötvezők	Keményiség kg/mm ²		Felületi finomság RMS.		Határterhelés			Nyomás			Megjegyzés
		makro	mikro	előtt	futás után	V m/sec	P max-nál		σ _{0,2} kg/mm ²	σ _{max} kg/mm ²	def. %	
							P _{max} kg/cm ²	t °C				
KS 1275H KS 1275S Al-Fe-s	Si 13, Cu 1, Ni 1, Mg 1 Si 13, Cu 1, Ni 1, Mg 1 Fe 0,6, Mg 0,5, Si 0,3	108	1450	42	30	1	250	75	115	150	Nem jobb mint H Felületi finomság erősen változó Durva kiválások kem.-fáz. kiford. Felületi megmun- kálásra érzékeny	
		121	1450	18	18	3	350	100	100	170		
		35	960	20	28	2,5	430	110	320	150		
Al-Fe-Mn	Mn 1,2, Fe 1,2, Ni 0,5, Sb 1	33	960	55	43	3	260	80	220	160	Felületi megmun- kálásra érzékeny	
411	Mn 1,2, Fe 1,2 Sb 1	29,5	960	22	20	3	510	110	210	160		
Alcoa 750	Sn 6,5, Cu 1, Ni 1	35	770	18	20	3	550	120	180	150		
KD Atra Al-Ag-Pb Al-Ag-Pb	Fe 2, Sb 2,2, Mn 1,1, Si 2,9 Si 12, Cu 1, Ni 2,4, Mg 1 Ag 5, Pb 1 Ag 1, Pb 1	40	1450	45	40	4	230	110	160	140	Nyomásnál tört. 5% Ag 1% Ag, nyomás- nál nem reped	
		45	1450	15	17	2	360	80	170	100		
		23	140	26	24	3,5	440	120	270	160		
Öbz.-12 92 ón	Sn 12 Sb 4, Cu 4	70	260			1,7	490		110	75 22 83	84	

ábra. Jól látható a szürke matrix, melynek mikro-
keménysége 30 kg/mm² és a 290 kg/mm² mikro-
keménységű fehér hordozó kristallitok. A köz-
ismerten kiváló siklasi tulajdonságú fehérfémmel



2. ábra. 92%-os fehérfém N = 150x

is fontos azonban, hogy ezek a kemény hordozó
kristályok aránylag kicsik legyenek, mert a nagy
kristályok könnyen kifordulhatnak, dinamikus
igénybevételnél a szögletelés következtében ki-



3. ábra.

töredeznek. Connelly* vizsgálataival bebizonyí-
totta, hogy a hordozó szemese méreteinek csök-
kentésével nemcsak a határterhelések emelkednek,
hanem a kopás is lényegesen csökken (3. ábra).

* Connelly: The influence of a High-Lead Bearing
Metal Trans. A.S.M.E. Bd. 62/1940/P. 309—318.

A két csapágyfém ismeretében metallográfiai vizsgálat alá vettünk egynemely — jelenleg csapágy-vizsgálatoknak alávetett — alumíniumbázisú csapágyfémeket. A Műszaki Egyetem Gépelemek Tanszéke és az Autókísérleti Állomástól kapott e csapágyakra vonatkozó adatokat az 1. táblázatban foglaltuk össze.

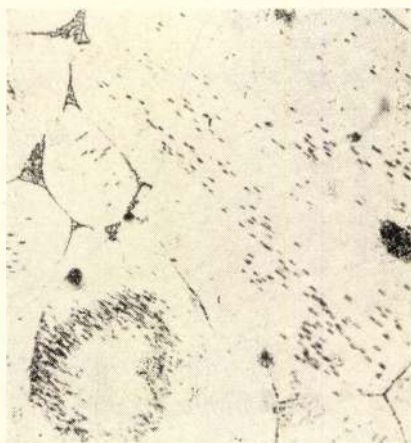
A csapágyak kémiai összetételeit csak maximálisan 4 alkotóig tüntettük fel az áttekinthetőség kedvéért, mert az esetleges többi alkotó mennyisége csak pár tized százalékban van jelen és az inkább csak mint szennyező, vagy szemcsefinomító szerepel.

Az alap és a legkeményebb hordozó fázis mikrokeménységét részint irodalmi adatok, részint saját mérések alapján adtuk meg. Egyébként az alumínium csapágyfémekben leggyakrabban szereplő kétalkotós fázisok mikrokeménységét a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat

Fázis	Mikrokeménység kg/mm ²		
	Saulnier	Hannemann	Fémkutató
AlAg ₃			230
AlAg eut. ...			140
AlCr ₇	500	510	
Al ₁₁ Cr ₂	700	710	
Al ₂ Cu	560	560	
Al-Cu eut. ...	200		
Al ₃ Fe		960	
Al ₇ Fe ₂	600		
Al ₇ Mg ₃	280	340	
Al ₆ Mn	520	540	
Al ₁ Mn	740	778	
Al ₃ Ni	650	770	
AlSb		1480	
Si	1450	1320	
Cu ₃ Sn			290
CuSn eut. ...			260

A felületi finomsági és terhelhetőségi adatok a Műszaki Egyetem Gépelemek Tanszéke mérései. A terhelhetőségen belül feltüntettük azt a kerületi



4. ábra. 411 jelű csapágyfém N = 150x

sebességet, amelynél a csapágy maximálisan terhelhető és ennél az értékpárnál a csapágy hőfokát is ugyanígy 10 m/sec-nél, a terhelhetőséget és a csapághőfokot.

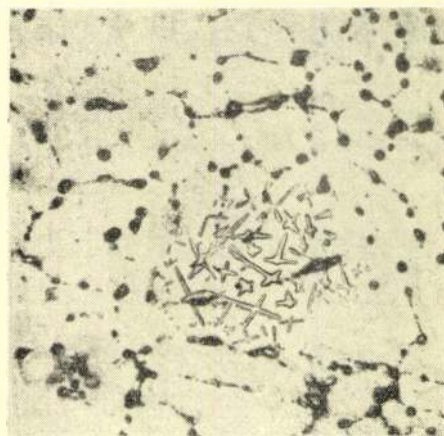
A táblázatot nyomókísérleti adatainkkal is kiegészítettük.

A táblázatokból látható, hogy ezek az alumíniumötvözetek csapágyazás szempontjából általában túlkemény hordozó krisztallitokat tartalmaznak. A 2. táblázatból megállapítható, hogy



5. ábra. KD jelű csapágyfém N = 150x

csaknem minden fémes vegyület a kívánatosnál nagyobb keménységű. Ezek a hordozó krisztallitok azonkívül legtöbbször túalakúak, vagy éles szögletű kockaalakúak. Így a 4. mikrófelvételen a



6. ábra. Alcoa 750 jelű csapágyfém N = 150x

411 jelű csapágyfém 960 kg/mm² keménységű Al₃Fe tűi láthatók. Az 5. mikróképen a KD jelű csapágyfémnél még nagyobb méretű Al₃Fe tűk mellett 500—750 kg/mm² keménységű Al-Mn



7. ábra. Atra jelű csapágyfém N = 150x

vegyület krisztallitok kockácskái találhatók. A 6. ábrán látható Alcoa 750 jelű csapágyötívzet mikroszerkezetében, a fekete Al_2Cu vegyület fázison kívül, jól láthatók egy nagykeménységű ferronikkal vegyület tüi. A nikkel ez ötvözetben szennyezőként mindig jelenlévő vasat leköti és mint magas olvadáspontú vegyület csiraképzőként szerepelve csomósan kiválik. A 7. ábrán látható Atra csapágy 1450 kg/mm² keménységű szilícium dendritjei elrettentő példának szolgálnak.

Ezeknek a fázisoknak a matrixhoz képest nagy keménységüknél és éles szögleteiknél fogva a beágyazásuk nem megfelelő. Ennek következménye egyrészt az, hogy az ezeket nagyobb mennyiségben tartalmazó ötvözetek megmunkálása nehéz és csak finom felületi megmunkálással lehet a kellő felületi simaságot elérni, másrészt az, hogy dinamikus terhelésnél a lágy ágyból könnyen kimozdulnak, vagy eltörnek. Ugyanez okból nehezebb ezeknek az ötvözeteknek a bejáratása, rosszak a szárazsúrlódási tulajdonságai és később érik el a folyadéksúrlódás állapotát.

Nem kétséges azonban az, hogy nagy keménységű hordozó fázist tartalmazó ötvözetek kiválóan terhelhetők, — finom felületi megmunkálás után — jó kenési viszonyok között nagyszerűen beválnak. Egyenletes nagy fordulatszámú, konszolidált terhelési és üzemi viszonyok között a bronzokat messze felülmúló tulajdonságuk van.

Kis fordulatszámoknál, amikor folyadéksúrlódás nem lép fel, kenés kimaradásakor, vagy a vegyes súrlódás beálltakor azonban az alapanyagba lágyan beágyazott szemcsék kifordulnak és a tengely és a csap közé kerülve, berágódást okozhatnak. Hogy ez mennyire így van, legjobban a Műszaki Egyetem Gépelemek Tanszékének vizsgálatai bizonyítják, amely kimutatta, hogy a kevésbé finom felületi megmunkálás a túl kemény fázist tartalmazó ötvözetek terhelhetőségét felénél jobban lecsökkentette. Kimutatta azonkívül azt, hogy a maximális terhelhetőség ezeknél az ötvözeteknél 3—3,5 m/sec. felé — tehát elég nagy fordulatszámok felé — tolódik el, valamint azt is, hogy a terhelés emelkedése a csapágy hőmérsékletben rohamos emelkedést eredményez.

Az alumínium csapágyfém minél nagyobb terhelhetőségen felül még figyelembe kell venni azt, hogy az ötvözet mielőbb érje el a folyadéksúrlódás állapotát és a szárazfutási tulajdonságai minél jobbak legyenek. Ezek az igények pedig éppen a hordozó kristályok finom eloszlásán, jó beágyazásán, valamint nem túlnagy keménységén múlnak.

Az Al-Ag-Pb típusú csapágyötívzetek megalkotásánál éppen ezek a szempontok vezettek. Az alumínium az ezüstöt nagymennyiségben oldja, de az oldás mértéke szobahőfokon erősen lecsökken. Az alfa vegyeskristály mikrokeménysége méréseink alapján 40—50 kg/mm²-re adódott. Az ipari célokra alkalmas Al-Ag ötvözeteknél az oldás csökkenése folytán az alfa vegyeskristályok szélein finoman kivált eutektikum helyezkedik

el. Az eutektikumot alfa és Ag_3Al vegyület alkotja. E vegyület mikrokeménysége 230 kg/mm², míg az eutektikum mikrokeménysége 140 kg/mm².

A 8. ábrán látható mikroszerkezet egy Al-Ag-Pb ötvözetű csapágy struktúrája. Jól látható a szemcséhatárok mentén elhelyezkedő finom eloszlású eutektikum, amelyet alfa vegyeskristály és Ag_3Al vegyület alkotnak. Ez a szerkezet mind keménység, mind felépítés szempontjából csaknem teljesen megegyezik az ónbronzoval jól bevált szerkezetével.



8. ábra. Al-Ag-Pb csapágyfém N = 150x

Az így kapott mikroszerkezethez adagolt ólom (a 8. ábrán finom eloszlású pontok) a beágyazóképesség növelésén kívül a szárazfutási tulajdonságokat és a bejárathatóságot van hivatva javítani.

Az Al-Ag-Pb ötvözet nagy előnye, hogy a hordozó fázis nem túl kemény, azonkívül finoman eloszlott, így a megmunkálhatóság — amelyet az ólom, mint forgácsoló jelenléte még nagyobb fokoz — igen jó. A csapágyak semmiféle finomfelületi megmunkálást nem igényelnek, a felület pusztán esztergályozással állítható elő.

A csapágy bejárathatósága jó. A maximális terhelhetőséget aránylag már kis kerületi sebességeknél — 2 m/sec — eléri. Szárazfutási sajátosságai jók. Az olajozás kimaradása esetén is sokáig fut berágódás nélkül, mert a bronzokhoz hasonló olajszívó tulajdonságú. A csapágy hőfoka nagyobb terheléseknél is kicsi és nem lépi túl a 100° C-t.

Bár a Műszaki Egyetem Gépelemek Tanszékének csapágyvizsgálatai szerint a keményebb hordozó fázisokat tartalmazó fémek között egyesek jobban terhelhetők, de éppen a fenti megfontolások és tulajdonságok alapján az Al-Ag-Pb ötvözetű csapágyfém látszik a legmegfelelőbbnek. Ezt különben éppen olyan eklatáns üzemi kísérletek is bizonyítják, mint pl. a tatabányai Készítők és Ellátó Vállalat Diesel-mozdony hajtórúd csapágya, valamint a Magyar Gyapjúfonó- és Szövő Vállalat szelfaktorába beépített csapágyak, ahol a nagy terhelések mellett rendkívül változó fordulatszámok és erős dinamikus igénybevétel is van.

A fenti vizsgálatokból megállapítható, hogy az Al-Ag-Pb ötvözetek az általános gépgyártás

igényeinek megfelelnek és hivatva vannak a fehér-fém és ónbronzzal csapágyak helyettesítésére. E csapágy nem pótanyag, hanem az eddig használttal teljesen egyenértékű, hazai nyersanyagok felhasználásával készült új megoldás.

Jelen munkával kapcsolatban hálás köszönetet kell mondanom Hankóczy Jenőnek, aki

alapszabadját bocsatotta rendelkezésre az Al-Ag-Pb csapágy jelenlegi kialakításához, hasonlóképpen dr. Vargha Györgynek, a mikrokeményesség-mérések és mikrofelvételek, Czégi Józsefnek (Műegyetem, Gépelemek Tanszék) és Nemes Aurélnak (Automobil Kísérleti Állomás) pedig a csapágyvizsgálatok elvégzéséért.

Biztonsági előírások magnézium feldolgozásánál

EMŐD GYULA

Инструкция безопасности у обработки магнии.
Автор Дьула Эмеб.

Safety prescriptions at working of Mg.

A magnéziumnak az O_2 -hez nagy a vegyrokonsága és a teljes oxidációja erős tűztűnemény kíséretében folyik le. Az oxidáció közben fejlődő hő a környezetben minden szerves anyagot meggyújt. A meggyulladás veszélye már az ötvözeteknél is fennáll, ha azok legalább 80% Mg-ot tartalmaznak. Az olvadék az olvadáspont fölött kb. $50^\circ C$ -szal már könnyen meggyullad. A finom forgács oxigén-tartalmú vegyületekkel keverve robbanásszerűen ég el. A nedves Mg-por magától is könnyen begyulladhat. A vizet a finom Mg-por megbontja és H_2 fejlődik. A Mg erősen vakító fehér fénnel ég el.

A magnéziumnak ezek a tulajdonságai megkövetelik, hogy az olvasztásnál, öntésnél és a munkálásnál szigorú óvrendszabályokat vezessünk be.

1. Anyagraktár

Az anyagraktár száraz, magas és tágas helyiség legyen. Erre azért van szükség, mert így megvan a lehetősége, hogy a különböző hulladékanyagokat a finomságnak megfelelően egymástól távolabb tároljuk. Ezenkívül tűz esetén könnyen hozzáférhető a tűzoltók számára. Nagymennyiségű magnéziumot egytömegben ne tartsunk, mert így nehezebb lokalizálni a tüzet.

Az esetleges tűz oltására a raktárban több helyen helyezünk el ládában öntöttvas-forgácsot vagy grafitport, vagy száraz homokot és helyezünk a közelébe megfelelő lapátot. *Oltáshoz vizet és semminemű víztartalmú oltóanyagot használni nem szabad.* Magnéziumtüzek oltására csak olyan anyagok használhatók, amelyek a fejlődő hőt elvonják és közben éghető anyag (mint pl. a víz bontásánál) nem keletkezik. Ilyenek a fentemlített öntöttvaspor, grafitpor, homok vagy poroltóvegyületek.

2. Öntőcsarnok

A magnézium-öntőcsarnok legyen földszintes, azonban magas és jól szellőztethető. Az öntőedényben a fedős olvadásából, a használt kénporból, borsavból és a kigyulladásokból meglehetősen nagymennyiségű és egészségtelen gázok és gőzök képződnek, amelyeket el kell távolítani. Öntés alatt

ne állandó szellőzés legyen, de az öntés befejeztével az erősen SO_2 és bórsavgózos levegőt percek alatt ki kell cserélni. Az üzem szellőztetésénél célszerűségi és gyakorlati szempontokat is szem előtt kell tartani. Nyáron pl. részben megfelel az öntőablakainak és ajtóinak kinyitása, télen azonban az egyszerű nyári szellőztetés már azért sem jöhet számításba, mert a kemencéknél és az öntésnél foglalkoztatott megizzadt munkásokat nem lehet kitenni a meghülésnek. Az öntésnél keletkezett gőzök a levegőnél nehezebbek és ezért célszerűnek látszik ezeket a helyszínen, vagyis keletkezésük helyén elszívni. Természetes, hogy ezeknek a berendezéseknek beszerzési és üzemeltetési költsége meglehetősen nagy. A korszerű öntőedényben a szellőztetés kérdését télen úgy oldották meg, hogy a gőzök és gázok kiszívása után, amikor természetesen az öntőedény meleg levegője is az elszívott gázokkal és gőzökkel eltávozott, előmelegített friss levegőt nyomnak be az öntőedénybe. A keletkezett gőzök és gázok elszívása az *öntőedény munkaszintje alatt e célra külön épített csatornákon* és erre a célra ugyancsak külön felszerelt ventilátorokkal történik. Irodalmi utalások a legkülönbözőbb megoldásokat ajánlják, azonban a legtöbbször közös vonása, hogy a gőzök és gázok keletkezésének helyéről szívja el a gázokat, illetve gőzöket. Hogy melyik megoldás a legmegfelelőbb, az a helyi viszonyoktól is függ és a szellőztetés terveinek részletes kidolgozása elsősorban a szellőztetéssel foglalkozó szakemberek feladata.

Az öntőedényt úgy kell megépíteni, hogy se a tetőzet, sem pedig a berendezés ne legyen könnyen gyúlékony. Az öntőcsarnoknak két ellentétes irányban legyen kijárata, nehogy tűz esetén az ott dolgozók egy része a kijárat nélküli csarnokfelbe szoruljon.

Magnézium öntésére szolgáló öntőedény padlózatát semmi körülmények között se készítsük betonból. A legmegfelelőbb padlózat fakocka, vaslapok vagy döngölt agyag. A betonra kifolyó magnézium ugyanis meggyullad és a fejlődött hő hatására a beton felpattogzik és az égő magnéziumolvadékot szétszórja. Ebből kifolyólag már sok sérülés történt, mert a ruhára kerülő legkisebb magnéziumtűz is pillanatok alatt átégeti a ruhát és a testen égési sebeket okoz. Az ilyen sebek nagyon nehezen gyógyulnak. Még aztbeszt-védőruha esetén is előfordulhat, hogy az égő magné-

ziumolvadék annyira átmelegíti az aztbesztruhát, hogy alatta a gyúlékony anyag könnyen elég.

A kemencéket süllyesszük annyira a kohószint alá, hogy csupán 25—30 cm álljon ki. Ezenkívül egymástól és a faltól távolabb építsük be, mert így a kemencéket könnyen lehet kiszolgálni, jól tisztíthatók és tűz esetén könnyen hozzáférhetők. Az olaj- vagy gázvezeték, valamint a levegő hozzávezetőkön az elzárószelepek könnyen elérhetőek legyenek. A lángvezetés olyan legyen, hogy a tégelyt szűrőlánc ne érje.

Forgácsolvasztásnál feltétlenül előzetes szárítás szükséges. Forgácsot a kemence közelében ne tároljunk.

3. Tűzoltás

Kismennyiségű olvadt fém égését tégelyen kívül és a tégelyben is takarószóval akadályozhatjuk meg. Nagymennyiségű folyékony fém, pl. tégelyrepedés esetén kifolyó olvadék oltására öntődei homokot ne használjunk, mert a reakció a homok nedvessége folytán erősödik. Ilyen esetben le kell állítanunk a tüzelést és a levegőt, a fémeket kiégni hagyjuk. A közelből minden éghető anyagot el kell távolítanunk. Oltásra esetleg használhatunk öntöttvas-forgácsot vagy grafitport.

4. Óvintézkedések forgácsolásnál

Forgácsolásnál Mg begyulladására nagyon ritkán fordul elő és szabályos kezelés mellett teljesen el is kerülhet. A magnézium meggyulladásához szükséges, hogy hőmérséklete az olvadáspontot (650° C) elérje. Forgácsolás alkalmával még az ötvözetek részleges olvadásának hőmérsékletét (430° C) is nehezen lehet elérni, mert a magnéziumnak nagy a hővezetőképessége.

Nagyolásnál a durva forgács egyáltalán nem gyulladhat meg. Készresimításnál finom forgács képződik, amikor a gyulladás veszély már megvan, különösen akkor, ha a kés tompa vagy kicsorbult, avagy kicsik a hátszögek, túlnagy a vágási sebesség és hűtőanyagot nem használunk.

Éles szerszám és megfelelő hátszögek esetén tűzveszély nincsen.

Ha forgácsolás közben a vágás megszakad, az előtolás megáll, a munkadarab azonban tovább forog, akkor a szerszám és a darab közti surlódás gyulladást idézhet elő. Betétes (vastartalmú) Mg-öntvények forgácsolásakor szikra képződhet, amitől a finom forgács meggyulladhat. Ilyen munkánál különösen fontos hűtőfolyadékok használata.

A forgácsolóműhelyben képződött tűz oltására sem szabad vizet vagy a szokásos tűzoltószereket használni, mert ezek csak élesztik a tüzet. Az ilyen tüzek oltására is öntöttvasforgács vagy grafitpor a legalkalmasabb. Ilyen oltószereket minden forgácsológép mellett el kell helyezni, hogy tűz esetén kéznél legyen. A tűz elfojtását a tűzoltószerek lassú rászórásával kell végezni.

Tűz esetén először is lokalizálni kell a tüzet és csak azután oltani. A gépeken és gépek körül

ne hagyjuk felgyülemelni a forgácsot. Fontos, hogy a dolgozók ruhája sima legyen, mert így a ruhákon Mg-por nem gyűlhet össze. A forgácsot szabályos időközökben a gépekről el kell távolítani és a dolgozók ruháját a Mg-portól mentesíteni.

Forgácsolóműben jól látható helyen ajánlatos a következő figyelmeztetések kiírása:

1. Forgácsot vagy port gépen és ruházaton ne hagyjuk összegyűlni.

2. A forgácsot zárt fémedényben kell gyűjteni.

3. A gépek mellett legyen oltószerezettel telt tartály.

4. A vágószerszámot helyes hátszöggel köszörüljük és mindig éles legyen.

5. Forgó munkadarabról a szerszámot vegyük le.

6. Hűtőanyag használata ajánlatos minden Mg-öntvénynél, de betétes öntvényeknél feltétlenül szükséges.

7. Kerüljük a szikra kipattanását.

8. Csiszoláshoz olajos hűtőanyagot, vagy olyan porelszívókészüléket használjunk, amely a port vízben hűti.

9. Csiszoláshoz sima és könnyen levehető kötenyt használjunk.

10. Magnéziumcsiszoláshoz használt kövön acélt vagy más fémeket ne csiszoljunk.

11. Az esetleges tüzet lokalizálni kell, azaz a környező forgácsot távolítsuk el.

12. Magnéziumtűz oltásához vizet vagy szokásos tűzoltókészüléket ne használjunk, hanem öntöttvasforgácsot vagy grafitport, vagy egyéb porvetőkészüléket.

Magnéziumraktárak, öntődék vagy forgácsoló műhelyekre feltűnő helyen ki kell írni még a következőket:

1. Vigyázat!

Magnéziumötvözetek!

Tűzveszélyes!

Vízzel vagy homokkal oltani tilos!

Oltás öntöttvasforgáccsal, száraz homokkal vagy grafitos oltóval!

2. Dohányozni tilos!

Tűzzel vagy nyílt lánggal belépni tilos!

3. Magnézium!

Oltásnál vigyázz!

A vízzel történt oltás tiltására alkalmas, ha egy vödröt rajzolunk a plakátra és azt feltűnően áthúzzuk.

IRODALOM

K. I. Portnoj és A. A. Lebegyev: Magnyievijev szplavi. Moszkva, 1952. Metallurgizdat.

V. V. Krinov és G. Sz. Viskvarkó: Faszonoje lityó iz magnyievijev szplavov. Oborongiz, 1952. Metals Handbook, 1948.

I. G. Farbenindustrie gyártási előírásai. N 1—5. 1940.

A. Beck: Technologie des Magnesiums. 1940. Berlin.

V. D. I.: Werkstoff Magnesium. Berlin, 1939.

Jakóby L.: A magnézium és ötvözetjeinek olvasztása és öntése. Bányászati, Kohászati Lapok, 1948. 2.

Fémek forrasztása

VARGA ISTVÁN

I. rész

Иштван Варга: ПАЙКА МЕТАЛЛОВ

I. Varga: Das Löten der Metalle

A fémek kötése két főcsoportra tagozódik:

1. oldható,
2. nem oldható kötések csoportjára.

A nem oldható kötések közé — amelyeknek szétbontása csak valamelyik alkatrész használhatatlanná válásával történhet — a hegesztés, szegecselés, forrasztás és ragasztás tartozik.

Ezen a csoporton belül a forrasztásnak nagy felhasználási területe van. Az utóbbi években a forrasztóanyagok és a forrasztási segédanyagok fejlődése lehetővé tette más eljárással végzett kötéseknek forrasztással való helyettesítését, számos esetben a hegesztést is. A forrasztott kötés minőségét nagymértékben befolyásolja az egyesítendő fémekhez megfelelő összetételű forrasztóanyag, folyósító, forrasztási eljárás és kötésmód alkalmazása. Ezeknek a kiválasztásában kívánunk segítséget nyújtani azzal, hogy az általánoságban használatos forrasztóanyagok típusait, tulajdonságait és a forrasztási módokat röviden összefoglaljuk.

A forrasztás lényegének meghatározása a következő: a forrasztás két fémek megömlése nélküli egyesítése egy harmadik megömlő kötőanyag hozzáadásával, amelynek olvadáspontja az egyesítendő fémmel alacsonyabb. Ez az alapvető különbség a hegesztés és a forrasztás között, mert míg a hegesztésnél mind az alapanyag, mind a kötőanyag megömlik, addig a forrasztásnál csak a kötőanyag ömlik meg.

A forrasztás előnyei:

a) az alapanyagot nem kell megömlésztetni és a hegesztéshez viszonyítva csak kismértékben kell felmelegíteni, ezáltal vegyi összetétele, szövetszerkezete és mechanikai tulajdonsága nem, vagy csak igen kismértékben változik;

b) a kötés legtöbb esetben utólagos megmunkálást nem kíván, a tárgy eredeti pontos méretét és alakját megtartja, belső feszültségek és elhúzóerők nem, vagy csak igen kismértékben keletkeznek;

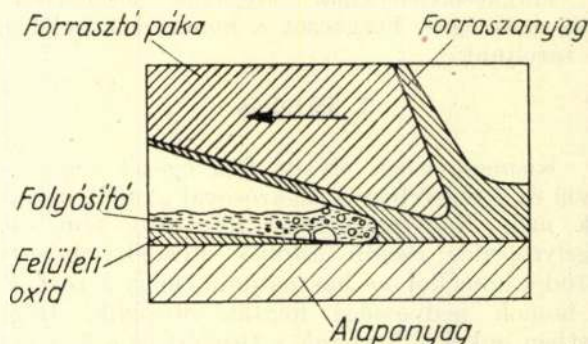
c) a forrasztási művelet elvégzésének egyszerűsége különösebb szakképzettséget nem kíván.

A forrasztóanyagok osztályozása olvadáspontjuk szerint történik: lágy forrasztóanyagok, amelyeknek olvadáspontja 400°C -nál kisebb, kemény forrasztóanyagok olvadáspontja pedig 500°C -nál nagyobb. A lágy forrasztóanyagok kis szilárdságúak, ezért ott, ahol a kötés nagyobb szilárdsági igénybevételre van kitéve, nem használhatók. Keményforrasztási kötésnél bizonyos igénybevétel már megengedhető. A forrasztóanyagokkal szemben támasztott egyik alapvető követelmény, hogy az összekötendő fémek olvadáspontja alatti hőmérsékleten olvadjanak és könnyen folyjanak. Szükséges továbbá, hogy megfelelő különbség legyen az alapfém és a forrasztóanyag olvadáspontja között, hogy a hőmérséklet ellenőrzésének esetleges pontatlansága az alapfém megömlését ne okozza. Ez legkönnyebben úgy kerülhető el, ha a forrasztóanyag úgy van megválasztva, hogy annak olvadáspontja és az alapanyag olvadáspontja között legalább 100°C hőfokkülönbség van.

Forrasztóanyagként általában nem eutektikus összetételű, hanem olyan ötvözetek használatosak, amelyek hőközön olvadnak meg. A forrasztóanyagotvözet a likvidusz és a szolidusz határok között képlekeny, egyrésze szilárd, egyrésze folyékony. Forrasztásnál addig, amíg a forrasztóanyag hőfoka ezeken a határokon belül mozog, a forrasztott részeket nem szabad megmozdítani, mert ezáltal a forrasztott kötés szilárdsága nagymértékben csökken. Fontos továbbá az is, hogy a forrasztóanyag az alapfém felületén jól nedvesítse. A forrasztási folyamatnál adhéziós, illetve diffúziós kötés létesül, amelynek foka a felület tisztaságától és a megfelelő folyósító használatától függ. Az 1. ábra pákával történő forrasztás esetében a folyósító hatását és a forrasztóanyaggal történő kiszorítását

szemlélteti. A folyósító az oxidréteggel bevont alapfém felületét befedi, a forrasztópáka melegének hatására megolvad és a felületi oxidot feloldja. A pákacsúcs alatt már a tiszta fém érintkezik a forrasztóanyaggal.

További követelmény még a forrasztóanyagokkal szemben, hogy ne oxidálódjanak túl gyorsan és ne okozzák az alapfém nagymértékű oldódását. Ezekben a



1. ábra. Folyósító hatása, pákával történő forrasztásnál

követelményeken túlmenően a forrasztóanyagoknak, hogy a kívánalmaknak megfelelően, megfelelő szívósságúnak, szilárdságúnak és tartósnak kell lennie.

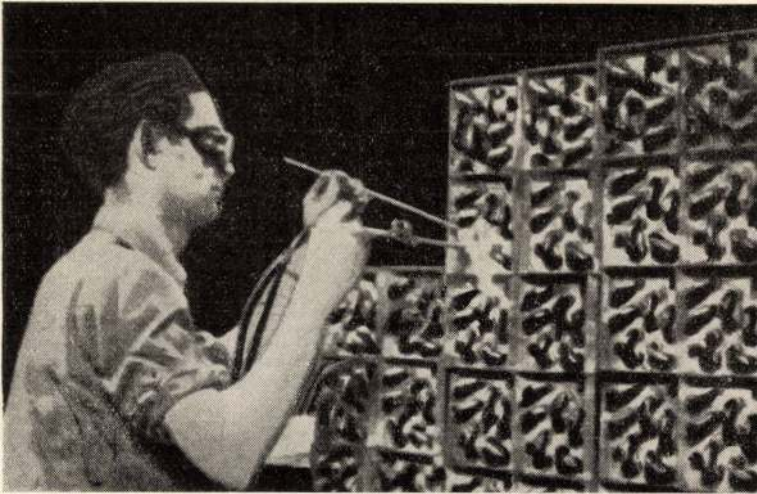
Forrasztási eljárások

Mind a kemény, mind a lágy forrasztásnál alkalmazott forrasztási eljárás a forrasztandó anyagtól, a forrasztóanyag olvadáspontjától, a tárgy nagyságától és mennyiségétől függ. Vannak olyan eljárások, amelyek különleges berendezést igényelnek és csak sorozatgyártás esetében gazdaságosak. A forrasztás minőségét a forrasztóanyag összetételén kívül az alkalmazott forrasztási eljárás is nagymértékben befolyásolja, ezért főleg a keményforrasztásnál, ahol a forrasztott kötéssel szemben szilárdsági követelmények is fennállnak, az alkalmazott forrasztási módra különös gondot kell fordítani. A forrasztás elvégzéséhez a forrasztandó tárgy olyan mértékű felhevítése szükséges, hogy a forrasztóanyag megömlése bekövetkezhesen. Egyes anyagok forrasztásánál figyelemmel kell lenni arra is, hogy az anyag teljes terjedelmében történő felhevítése az anyag szerkezetében és méreteiben ne okozzon káros változásokat. A forrasztási eljárások a felhevítés terjedelme szerint két csoportra oszthatók:

1. a forrasztandó tárgy felmelegítése a forrasztandó kötés helyén, illetve annak közvetlen környezetében;
2. a forrasztandó tárgy felmelegítése egész terjedelmében.

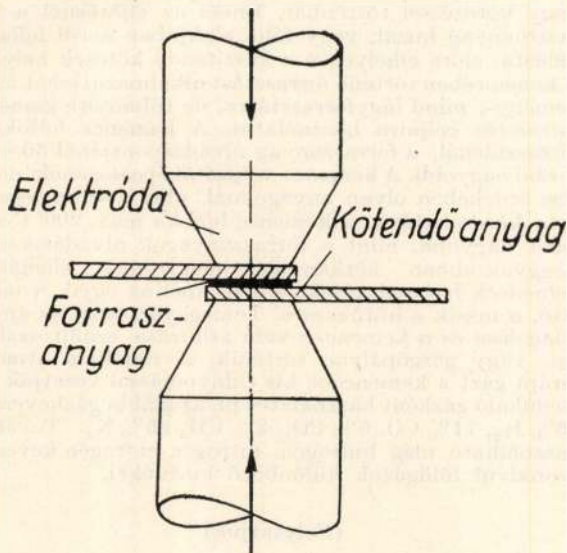
Gázlángforrasztás. Az első csoportba tartozó forrasztási eljárások legjellegzetesebb és leggyakrabban használt módja. Az alapanyag felhevítése és a kötőanyag megömlésztése gázégőkkel, legtöbb esetben a hegesztéshez használatos hegesztőégőkkel történik, levegő-világítógáz, oxigén-világítógáz, vagy acetylén-oxigén lánggal. Lángbeállításnál a redukáló láng eléréséhez kismértékű gázfelesleg szükséges. Szükséges ez azért, hogy a gázban lévő oxigén a felületen lévő oxidréteg megvastagodását ne idézze elő és hogy ezáltal a folyósítóanyag az oxidhártyát minél tökéletesebben el tudja távolítani. A legcélszerűbb folyósító alkalmazás a forrasztóanyag desztillált vízben oldott folyósítóval való bevonása, amely a forrasztóanyag megömlése és a felületi oxidréteget feloldja és a felhevítés alatti további oxidációt megakadályozza.

A gázlánggal végzett forrasztásnál az égő és a forrasztóanyag helyzete megegyezik a gázhegesztési eljárásnál használatossal, különbség, hogy a forrasztásnál a gázégőt a tárgytól távolabb kell tartani. A forrasztó-



2. ábra. Forrasztás gázlánggal

anyag átmérőjét a forrasztandó tárgy vastagsága, vagy a kitöltendő rés határozza meg, általában 2–4 mm huzalátmérő a legmegfelelőbb. Gondosan kell végezni a gázlángforrasztást akkor, ha az alapanyag és a forrasztóanyag olvadáspontja között csekély eltérés van, mert ez esetben az alapanyag megömlése könnyen bekövetkezhet; ez különösen az alumínium és alumínium-ötvözetek keményforrasztásánál áll fenn.



3. ábra. Elektromos ellenállás forrasztás

Elektromos ellenállásforrasztás. Ezzel az eljárással általában kisméretű és átlapolat kötések készíthetők. A forrasztás elvégzésére a ponthegeztő gépeken kívül különleges elektromos ellenállás forrasztóberendezések használatosak. Az anyag felmelegítésére két típusú forrasztóberendezést használnak. Az egyik megoldásnál a ponthegeztéshez hasonlóan az elektródák közé szorított alapanyag, valamint a közötté lévő forrasztóanyag melegedik fel, a másiknál a kötés helyét szénelektrodák közé fogják be és a felmelegedő szénelektrodák melegítik fel az anyagot a közötté lévő forrasztóanyag olvadáspontjára.

Az ellenállás forrasztóberendezések mind kemény, mind lágy forrasztás elvégzésére alkalmasak a felhevítés hőfokának megfelelő szabályozásával. Ezekkel a berendezésekkel jó forrasztási kötések érhetők el, az alapanyag csak közvetlenül a kötés helyén melegedik fel, az elektródák nyomása a felesleges forrasztóanyagot kiszorítja. Leggyakoribb alkalmazása elektromos berendezések, valamint szalagfűrészek forrasztásánál van, a

forrasztóanyagot a kötendő anyagok közé fólia formájában helyezik el. A 3. ábra az elektromos ellenállásforrasztás megoldását szemlélteti.

Indukciós forrasztás. Nagytömegű, bonyolult formájú, nehezen hozzáférhető darabok forrasztásához a legmegfelelőbb forrasztási eljárás. Teljesen mechanizálható és ezáltal a forrasztást gyorsá és üzembiztosá teszi. Az időmegtakarításon kívül előnye még az indukciós forrasztási eljárásnak:

1. a kötés felülete szebb, mint a más eljárásokkal készült kötéseké.
2. hőkezelt munkadarabok forrasztathatók kilágyulás veszélye nélkül.
3. önműködő szabályozása révén minősége független a forrasztást végző szakmájától és kezűgyességétől.

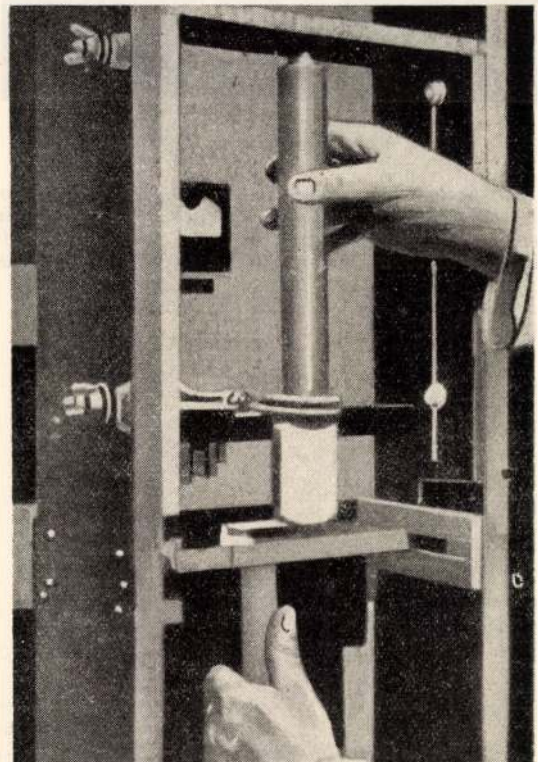
Az indukciós forrasztási eljárás olyan daraboknál is alkalmazható, ahol a kötéshez közel, éghető anyagok, pl. szigetelők vannak; a koncentrált hő következtében ezek elszesenedése nem következik be.

Megfelelő indukciós tekeres megválasztásával bonyolult darabok forrasztása is elvégezhető, amelyek más megoldással nem forrasztathatók, vagy a forrasztás elvégzése nagy nehézségekbe ütközne.

A frekvencia növelésével csökken a felmelegedés mélysége. Az 1. táblázatban látható, különböző frekvencia esetén az a felülettől mért mélység, amelynél a hőhatás 37%-ra csökken.

A forrasztás elvégzéséhez itt is, mint az ellenállásforrasztásnál, a kötendő részeket összeállítva és a megfelelően kialakított forrasztóanyagot és folyósítót a kötés helyére elhelyezve kell az anyagot az indukciós tekeres között felhevíteni.

Forrasztás forrasztópákával. Ez a forrasztási módszer csak a lágyforrasztásnál használatos, mert a forrasztópákával átadott hő nem elegendő a nagyobb olvadáspontú kemény forrasztóanyagok megömlésztéséhez. A forrasztópáka csúcsa nagyjából vörösréz, vagy acélból készül, ez utóbbi főleg az alumínium és



4. ábra. Indukciós forrasztóberendezés

Hőhatás mélysége a felülettől mm-ben, különböző frekvenciáknál és fémeknél

A n y a g	Kilociklus		Megaciklus		
	10	100	1	10	100
Acél (hideg)	0,203	0,0762	0,0203	0,00762	0,00203
Réz	0,635	0,203	0,0635	0,0203	0,00635
Alumínium	0,889	0,3048	0,0889	0,03048	0,00889
Sárgaréz	1,397	0,4572	0,1397	0,04572	0,01379
Acél (meleg)	5,996	1,805	0,5996	0,1805	0,05996

ötvezeteinek lágyforrasztásánál használatos. A páka fűtése külső hőhatással, pl. gázláng, kemence, faszénkályha, vagy belső elektromos ellenállásfűtéssel történhet.



5. ábra. Forrasztás forrasztópákával

Forrasztás kemencében. Ez az eljárás a második csoportba tartozó, az anyagot egész terjedelmében a forrasztóanyag megömlési hőfokáig való felmelegítési módokhoz tartozik. Mint ilyen, csak ott alkalmazható,

ahol ez a felmelegítés nem okozza a forrasztandó anyag deformálódását, vagy szövetszerkezetének változását; illetve az ilyen változások a forrasztott anyagnál megengedhetők.

A kemencében való forrasztás alkalmas kisméretű alkatrészek tömeges forrasztására. A forrasztás történhet a hőkezelésnél használatos tokos kemencében. A forrasztás megfelelő minőségének elérésére lényeges a kemence pontos hőfokon való tartása, mely megköveteli az automatikus szabályozást. Ha a kemence redukáló atmoszférájú gázzal töltött, úgy az megvédi a fémeket az oxidálódástól és ez esetben a forrasztás folyosító használata nélkül végezhető el.

A kemencében végzett forrasztásnál ügyelni kell arra, hogy az összekötendő alkatrészek helyzete a forrasztás egész folyamata alatt változatlan maradjon. Az alkatrészeket szilárdan rögzíteni kell egymáshoz, a közöttük lévő forrasztóanyaggal együtt. Ez különleges szerelőkészülékekkel, valamint csapokkal, szegecsekkel, vagy kötőzselével történhet. Ennél az eljárásnál a forrasztóanyag huzal, vagy fólia alakjában kerül felhasználásra, előre elhelyezve a készítendő kötések helyére. A kemencében történő forrasztást alkalmazni lehet mind kemény-, mind lágyforrasztásra, de többnyire keményforrasztás céljaira használatos. A kemence hőfoka a forrasztásnál, a forrasztóanyag olvadáspontjánál 50–80° C-szal nagyobb. A kemence teljesítőképességének növelése érdekében olyan anyagoknál, ahol a túlmelegedés nem káros hatású, a kemence hőfoka max. 200° C-szal lehet nagyobb, mint a forrasztóanyag olvadáspontja. Leggyakrabban kétkamrás, elektromos ellenállás-kemencék használatosak, amelyeknél az egyik a melegítő, a másik a hűtőkamra. Tömeggyártásnál az anyag adagolása és a kemencén való áthúzása szállítószalaggal, vagy görgőpályán történik. A redukáló atmoszférájú gázt a kemencébe kis túlnyomással vezetjük be. Redukáló gázként használatos pl. az alábbi gázkeverék: 16% H₂, 11% CO, 5% CO₂, 2% CH₄, 66% N₂. Továbbá használható még hidrogén, nitrogén-hidrogén keverék, azonkívül földgázok különböző keverékei.

(Folytatjuk)

A L U M Í N I U M

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója

Megjelenik: 180 példányban. — Szerkesztőség: VI. Rudas László-u. 45. — Telefon: 129-699.

20951/LD02 - Révai-nyomda Budapest V, Vadász-utca 16 (Felelős vezető: Nyáry Dezső)

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉM KOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

63—64. szám

Szemcsefinomító adalékok és magnézium ötvözés hatása
a finomított alumínium korrózióállóságára

GYENESNÉ DR. HOLLÓ MÁRIA

Д-р М. Холло — Денеш:

ВЛИЯНИЕ ЛЕГИРОВАНИЯ МАГНИЕМ И ПРИСАДОК ДЛЯ ИЗМЕЛЬЧЕНИЯ ЗЕРНА НА КОРРОЗИОННОСТЬ РАФИНИРОВАННОГО АЛЮМИНИЯ

von M. Holló—Gyenes:

Der Einfluss von Kornverfeinernden Zusätzen und Magnesium auf die Korrosionsbeständigkeit von hochreinen Aluminium.

by M. Holló—Gyenes:

The Influence of grainrefining Elements and Magnesium on the Corrosion Resistance of Highpurity Aluminium.

Bevezetés

A raffinált alumínium technológiájának továbbfejlesztése és helyes ipari felhasználása korróziós sajátosságainak minél behatóbb ismeretét teszi szükségessé. Különösen érdekes megvizsgálunk, hogyan befolyásolja a raffinált alumínium kémiai ellenállóképességét azok az ötvöző elemek, amelyeket egyéb sajátosságainak változtatása, javítása céljából adagolunk.

Az alumíniumhoz néhány tized százalékban ötvözött titán és bór igen jó szemcsefinomító hatást gyakorol. Bár titán már 0,01% nagyságrendben is erősen rontja az alumínium vezetőképességét, az ötvözőnek ez a káros hatása azonban bőséges kezeléssel eredményesen ellensúlyozható (1, 2.). A raffinált alumínium előnyös sajátosságainak kiaknázására irányuló törekvés felvetette azt a kérdést, hogy a Ti, a B, valamint a Ti + B ötvözés miképp befolyásolja a finomított alumínium korrózióállóságát.

A raffinált alumíniumnak szerkezeti anyagként való felhasználása szükségessé teszi a fém szilárdsági tulajdonságainak megfelelő ötvözés útján történő javítását is. Erre a célra technológiai, valamint korróziós szempontból egyaránt elsősorban a kis mennyiségben adagolt magnéziumtól várhatunk kedvező eredményeket. Nagyobb (5—9%-os) magnézium-tartalommal a szilárdság nagymértékben növelhető ugyan, de a magnézium-tartalom növelése — amellet, hogy a technológiai folyamatot nehezíti — a korrózióállóságot is bizonytalanná teszi.

Kohóalumíniumra vonatkozólag részletes irodalmi adatok igazolják az 5%-nál, de különösen a 7%-nál nagyobb magnézium-tartalmú Al-Mg ötvözetek kristályközi, illetve feszültségi korrózióra való hajlamát, amely előnytelen tulajdonságot különböző hőkezelésekkel még fokozni lehet (3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11).

A raffinált alumínium alapú Al-Mg 9 ötvözetekre vonatkozólag Beerwald és Gröber (12) megállapították, hogy az ötvözet tisztaságának fokozásával a homogén szilárd oldat korrózióállósága jelentős mértékben megnövekszik; mindazon esetekben azonban, amikor a szilárd oldat bomlása folytán az Al_3Mg_2 a szemcsehatárokon β -fázis alakjában kiválik, az ötvözet tisztaságától függetlenül, mindig jelentkezik a kristályközi korrózióra való hajlam.

A Fémipari Kutató Intézetben nagytisztaságú Al-Mg 5-tel végzett — még közzé nem tett — kísérletek eredményei igazolták, hogy a kristályközi korrózióra való hajlam különleges hőkezelések hatására, 5% magnézium-tartalmú nagytisztaságú ötvözetnél is jelentkezik.

Fentiek figyelembevételével a továbbiakban csak 3,5%-nál kisebb magnézium-tartalmú, nagytisztaságú Al-Mg ötvözeteket vizsgáltunk, mert csak ezektől várható, hogy a raffinált alumínium előnyös kémiai ellenállóképességét megőrzik.

Kísérleteinket kiterjesztettük arra a kérdésre is, hogy a szemcsefinomítók hogyan befolyásolják a nagytisztaságú Al-Mg ötvözetek korrózióállóságát.

Ötvöző és szennyező elemek hatása
a finomított alumínium korrózióállóságára

Arra, hogy a vizsgált ötvözők (Ti, B, Mg) különböző mennyiségeinek a finomított alumínium korrózióállóságára gyakorolt hatását reálisan értékelhessük, röviden át kell tekintenünk azt a kérdést, hogy miképp hatnak az alumínium kémiai ellenállóképességére más ötvöző vagy szennyező elemek.

A kérdéssel foglalkozó közlemények közül legátfogóbb M. Whitaker (13) munkája, amely tárgyilagosan ismerteti — 1951. év végéig bezárólag — az alumínium és ötvözetek korróziós sajátosságait feldolgozó, sokszor ellentmondó eredményekre vezető irodalmi adatokat.

Hasonlóan sokoldalú áttekintést nyújt erről a kérdésről E. Franke is (14), aki különösen a nagytisztaságú alumíniumban jelenlevő nyomnyi szennyező korróziós hatásával foglalkozó irodalmat tárgyalja behatóan.

Ezt az irodalmi áttekintést nyújtó munkák mellett meg kell emlékeznünk azokról az eredeti kísérleti munkát ismertető közleményekről, amelyek a raffinált alumínium korróziós kérdéseivel foglalkozva behatóan vizsgálták az egyes szennyezők, a hőkezelés, valamint a fém felületi állapotának hatását a korrózióérzékenységre. Ezek közül legfontosabbak A. Zeerleder és E. Zurbrugg (15), W. Helling és H. Neunzig (16),

E. Ruppel (17), H. Schiek és W. Helling (18), H. U. Vogel (19), H. Lichtenberg (20) és E. Kühnrich (21) munkái.

Az említett munkák számtalan kísérleti adattal támasztják alá a raffinált alumínium kiváló korróziós sajátosságait, de rámutatnak arra is, hogy a korrózióállóságot sokszor már a nyomokban jelenlevő szennyezések is nagymértékben rontják. A korrózióállóság csökkenése az egyes hatóanyagokban igen különböző. Például az alumínium összes szennyezőinek mennyiségét 0,002%-ról 0,8%-ra növelésével a sósavban való oldékonyság 30 000-szeresére fokozódik, míg a lúgban csak nyolcszorosára nő (22). A szennyezések káros hatása kénsavban kevésbé érvényesül mint sósavban. Az egyes szennyező elemek más-más ható közeggel szemben teszik különösen érzékennyé az alumíniumot. Kétségtelen azonban, hogy minden közeggel szemben a legnagyobb kémiai ellenállást a legnagyobb tisztaságú alumínium mutatja.

Az egyes elemek korrózióállóságot rontó hatása igen különböző mértékű és a korrózióérzékenységek — egyes ötvözők hatására bekövetkező — növekedése minden ható közegben különböző mértékben jut érvényre.

Vas. A vas káros hatása legerősebb a sósavtartalmú közegben. 10%-os HCl-ben vizsgálva 0,014% Fe kb. ötszörösre, 0,1% Fe pedig már 400-szorosra növeli a korrózióérzékenységet a raffinált alumíniumhoz képest. Ugyanakkor 1%-os és 5%-os NaOH oldatban 0,014% feletti tartalom hatására a korrózióérzékenység csak lassan kezd fokozódni és 0,66% Fe esetén is csak kétszerese a 99,99%-os Al oldékonyságának (15). 20%-os H₂SO₄-ben pedig a korrózióérzékenység számottevő megnövekedése csak 0,1% Fe tartalom felett észlelhető. A salétromsavval és oxidáló hatású sós oldatokkal szembeni korrózióállóságot a vas szennyezés alig rontja (15, 18).

A vas korróziós szempontból káros hatását az alumínium alapanyaghoz képest katódosan viselkedő FeAl₃ kiválások okozzák. A mechanizmus részleteire vonatkozólag lásd Domony A. (23) közleményét.

A vas káros hatása — az alumíniumban való minimális oldhatósága folytán — hőkezeléssel sem csökkenthető.

Szilícium. A szilíciumnak a tiszta alumíniumban való oldhatósága és így korróziós hatása is függ a hőkezeléstől. Kis mennyiségű szilícium csak grafitos alakban kiválva fokozza a korrózióérzékenységet. Ezzel magyarázható, hogy az 500 C°-on izzított és vízben hirtelen hűtött Si-al szennyezett raffinált alumínium a különböző közegekben vizsgálva a 99,99%-os alumíniumtól alig eltérő korrózióállóságot mutat. Míg 300 C°-on, hőkezelt állapotban, ugyane közegekkel szemben a korrózióállóság mérhetően csökken (15).

A szilícium káros hatása — a vaséhoz hasonlóan — sósavas közegben érvényesül legerősebben. Agresszívabb oldatokban, mint 10% HCl, 1% NaOH, tömény HNO₃, 0,5% Si jelenléte még — az egyébként előnyös hatású — 500 C°-os hőkezelés után is veszélyessé válhat (13).

Hengerkemény állapotban már 0,07% Si-tartalom is korróziót okoz, ez enyhe hatású oxidáló közegben, vagy permutitos eljárással lágyított vízben az alumínium gyors megfeketedéséhez vezet (13).

Kis mennyiségű szilícium káros hatása Mg adagolásával csökkenthető (23). Bizonyos esetekben előnyös lehet a Fe egyidejű jelenléte is, a képződő vasszilícium-alumid ternér vegyület következtében (23). Ilyenkor döntő a Fe : Si arány (13), (14).

Réz. Már nyomokban jelenlevő rézszennyezés — a közegre való tekintet nélkül — észlelhetően rontja a korrózióállóságot. 99,99%-os alumíniumnál már 0,005% Cu jelenléte enyhe lyukkorróziót okoz permutitos eljárással lágyított vízben vagy oxidáló sós oldatban (18). A 10%-os HCl oldatban 0,05% Cu a 99,99%-os alumíniumhoz képest tízszeresére növeli a korrózió sebességét (15).

Kénsavban és salétromsavban a réz korrózióérzékenységet fokozó hatása enyhébb. Tömény salétromsavban pedig — a bekövetkező passzíválódás foly-

tán — kis mennyiségű rézszennyezés nem rontja a raffinált alumínium korrózióállóságát.

Mangán. A szilíciumhoz hasonlóan, a mangán hatása is a hőkezeléstől függ, 300 C°-os lágyítás után — különösen sósavas közegben — kissé csökkenti a korrózióállóságot, míg 500 C°-os izzítás és azt követő vízűtés után még 0,75% Mn is alig befolyásolja a 99,99%-os alumínium korrózióállóságát (15).

Cink. 0,2% alatti mennyiségű Zn általában semmilyen közegben nem rontja a raffinált alumínium korrózióállóságát. 20%-os kénsavban, tömény salétromsavban, 1%-os és 5%-os nátronlúgban még 0,7% Zn is ártalmatlan. 5% és 25%-os HNO₃-ban kifejezetten előnyös hatása a Zn jelenléte (15).

10% HCl-ben azonban 0,2% feletti Zn-tartalom hatására a korrózióállóság rohamosan csökken és 0,69% Zn jelenlétében a 99,996%-os Al korróziósebeségnek százszorosára fokozódik (15).

Magnézium. Kis mennyiségű 0,87%-nál kevesebb magnézium a raffinált alumínium lúgállóságát kissé növeli; savakkal, semleges oldatokkal, forró csapvízzel szemben pedig alig befolyásolja (15, 18). Más mérések ezzel ellentétben — lúggal, valamint savval szemben — a kis mennyiségben adagolt Mg káros hatását igazolták (13).

Titán. A titánnak a nagytisztaságú alumínium korrózióállóságára gyakorolt hatásával foglalkozó irodalom szerint (13, 14) a 99,998%-os alumínium korrózióérzékenysége lúggal szemben 0,007—0,08% Ti hatására kissé fokozódik, forró csapvízben 0,5% Ti feketedést okoz, 3% NaCl-t tartalmazó oldattal szemben nem befolyásolja a raffinált alumínium korrózióállóságát. Savas közegre vonatkozólag csak kohóalumíniumon végzett ilyen célú vizsgálatok adatai ismeretesek. Ezek szerint a titán előnyösen befolyásolja a Si és Fe tartalmú alumínium korrózióállóságát.

Más elemekre nézve nagytisztaságú alumíniumon végzett mérési eredmények nem állnak rendelkezésünkre. Az egyes szennyezőknek kereskedelmi tisztaságú alumíniumra gyakorolt hatását több összefoglaló közlemény ismerteti (13, 14, 24), de ezeket nem vonatkoztathatjuk közvetlenül a nagytisztaságú alumíniumra.

Fentiekben kizárólag a raffinált alumíniumhoz 1%-nál kisebb mennyiségben adagolt elemek korróziós hatásait foglaltuk össze, nem foglalkozva azzal, hogy hogyan alakulnak a viszonyok több szennyező elem egyidejű jelenléte esetén. Általában az egyes elemek korróziót befolyásoló hatása már 0,1%-nál kisebb mennyiségben is jelentős. Sőt bizonyos közegekben a 99,992%-os alumínium tisztaságának 99,996%-ra való növelése, tehát 0,004% összes szennyező-tartalom eltávolítása a korrózióállóságot négyszeresére növeli. A tisztaság fokozásával azonban nemcsak a korrózió súlycsökkenésben kifejezhető mértéke, hanem sokszor igen veszélyes lokális jellege is csökken és a korrózió egyenletesebbé, veszélytelenebbé válik.

A nagytisztaságú alumínium jó kémiai ellenállóképességének megőrzése szempontjából igen lényeges, hogy az alumínium feldolgozása közben ne kerüljenek a meglehetősen puha fém felületébe idegen anyagok, — fém vagy egyéb szennyezések — mert ezek az egyébként igen ellenálló fémmel kellemetlen korróziós jelenségeket idézhetnek elő (20).

A szennyezőknek a korrózióállóságra gyakorolt hatása bizonyos közegekben nagy mértékben függ a használt hőkezeléstől.

Általában az 500 C°-os izzítás és az azt követő vízűtés előnyösebb, mint a 300 C°-on történő lágyítás, amelyet lassú hűtés követ (15). A nagytisztaságú alumínium lúgban való oldékonyságát a hőkezelés kevésbé befolyásolja, a sósavban való oldás sebessége azonban függ a hőkezelés körülményeitől. 575 C°-os izzítás — különösen kemencehűtés esetén — sokkal előnyösebb, mint a 360 C°-os hőkezelés (22).

A hőkezelés iránti érzékenység függ a szennyezők mennyiségétől. 99,998% és 99,2% közötti tisztaságú alumíniumon vizsgálva a kétféle (360 C° és 575 C°-os) hőkezelés után mért korróziós mérőszámok hányadosa 99,97%-os alumíniumnál éri el maximumát. A hőkezelésbeli különbségekre ez az anyag a legérzékenyebb (22).

Súlysökkenés : g/m² napban
 fejlődött H₂ cm³
 Reakciószám = óra × felület cm²

Összehasonlítás Zeerleder és Zurbrügg adataival
 Az alkalmazott kísérleti módszerek ellenőrzése

Adatok eredete	Összetétel					Súlysökkenések 25%-os HNO ₃ -ban										Súlysökkenések 20%-os H ₂ SO ₄ -ban				Gázvolumetrikus reakciószám	
	Fe%	Si%	Cu%	Mg%		1-48 ^h	49-96 ^h	97-144 ^h	145-192 ^h	1-192 ^h	1-24 ^h	25-72 ^h	73-120 ^h	1-120 ^h	5%-os NaOH-ban	10%-os HCl-ben					
						Raffinált alumínium, hőkezelés : 300 C°-on 14 óra										Raffinált alumínium, hőkezelés : 500 C°-on 1 óra, utána vízhűtés				Raffinált alumínium 1%-nál kisebb mennyiségű Mg-mal ötvözve, hőkezelés 300 C°-on 14 óra	
Zeerleder és Zurbrügg Saját mérés	0,0014 0,003	0,002 0,005	0,011 —	—	—	5,25 6,02	5,75 5,87	5,00 6,60	5,25 7,04	5,30 6,42	1,00 2,26	1,50 1,53	1,25 1,04	1,30 1,41	3,50 2,52	0,0115 0,0086					
Z. és Z. ... Saját mérés	0,0014 0,003	0,002 0,005	0,0011 —	—	—	5,00 5,34	5,50 6,25	5,50 7,33	5,25 8,06	5,30 6,74	1,00 1,57	1,50 1,52	1,00 1,04	1,20 1,34	—	—					
Z. és Z. ... Saját mérés	0,0016 0,01	0,0019 0,01	0,0011 —	0,47 0,60	—	4,50 5,60	5,00 5,82	5,00 5,54	4,75 5,92	4,80 5,73	1,50 2,39	1,00 1,94	1,25 1,95	1,20 2,04	1,10 2,18	0,012 0,10					

I. táblázat

A sósavval szembeni ellenállóképességet döntően befolyásolja a lehűtés sebessége is. Kis szennyezők esetén a korrózióra való hajlamot a gyors hűtés elősegíti (24).

A hőkezelésnek a nagy tisztaságú alumínium korrózióállóságára gyakorolt hatásáról egységes nézet még nem alakult ki. A korrózió mértéke különböző módon függ a szennyezők mennyiségétől és arányától, a hőkezelés hőfokától és időtartamától, a lehűtés sebességétől és a használt korróziós közeg agresszivitásától, ezért a kérdés tisztázása még további rendszeres vizsgálatokat kíván.

Korróziós kísérletek

A szemcsefinomítóknak a nagy tisztaságú alumínium-korrózióállóságára gyakorolt hatására vonatkozólag — a titánnal kapcsolatos néhány adat kivételével — nem álltak rendelkezésünkre irodalmi adatok. Azonban egyéb elemek (Fe, Si, Cu, Mn, Zn és Mg) korróziós hatásával kapcsolatban feldolgozott irodalom lehetővé teszi a szemcsefinomító adalékok és egyéb elemek korróziós hatásának összehasonlítását.

Az irodalmi adatokkal való közvetlen összehasonlítás megkönnyítésére kísérleteinkben mindvégig Zeerleder és Zurbrügg közleményében (15) ismertetett kísérleti módszereket, ható közegeket és értékelési módot használtuk.

Kísérleteink során az alábbi változók hatását vizsgáltuk :

A) A raffinált alumínium korrózióérzékenysége a titántartalom függvényében.

B) A raffinált alumínium korrózióérzékenysége a bórtartalom függvényében.

C) A titán és bór együttes hatásának vizsgálata.

D) A raffinált alumínium-alapú Al-Mg ötvözet korróziós vizsgálata. Szemcsefinomítók hatása 1,80% Mg-tartalmú ötvözet korróziójára.

E) Hőkezelések hatása a raffinált alumínium korrózióállóságára.

A szemcsefinomítók hatásának teljes értékelése céljából az A, B és C pontoknál kohóalumíniummal is végeztünk összehasonlító kísérleteket.

A kísérleteknél felhasznált anyagok és vizsgálati módszer

A felsorolt változók vizsgálatánál mindvégig azonos méretű próbatesteket, azonos módszert, kísérleti körülményeket és értékelési módot alkalmaztunk.

A vizsgált próbatestek összetételét a korróziós kísérletek eredményeit összefoglaló táblázatok tartalmazzák (I—VIII. táblázatok).

A használt hőkezelések a következők :

1. Raffinált alumíniumnál, valamint T, B, Ti + B tartalmú anyagoknál :

a) 300 C°-on 14 órás hőkezelés, utána levegőn hűtés,

b) 500 C°-on 1 órás izzítás, utána vízhűtés,

c) 250—280 C°-on 4 órás hőkezelés, utána levegőn hűtés.

2. Mg-tartalmú anyagoknál :

a) 300 C°-on 14 órás hőkezelés, utána levegőn hűtés,

A titántartalom hatása a raffinált alumínium korróziójára

2. táblázat

Jel	Összetétel			Korrózió okozta súlyesökkenések g/m ² nap-ban kifejezve 20 C°-on									Gázvolumetrikus reakciószám			
				25%-os salétromsavban					20%-os kénsavban				reakciószám = $\frac{\text{fejlődött hidrogén cm}^3}{\text{óra} \times \text{felület cm}^2\text{-ben}}$			
	Fe%	Si%	Ti%	1-48 ^h	49-96 ^h	97-144 ^h	145-192 ^h	1-192 ^h	1-24 ^h	25-72 ^h	73-120 ^h	1-120 ^h	5%-os NaOH-ban	10%-os HCl-ben		
				a) (0,01% alatti Fe és 0,03% alatti Si-tartalom esetén)												
99,99% Al	0,003	0,005	—	6,02	5,87	6,60	7,04	6,42	2,26	1,33	1,04	1,41	2,52	0,0086		
TO 12/2	0,01	0,01	0,01	5,00	4,95	4,90	4,94	4,93	2,08	2,22	2,15	2,17	2,57	—		
TO 211	0,007	0,009	0,019	4,25	5,34	5,86	6,73	5,54	1,79	1,67	1,76	1,77	3,61	0,018		
TO 21/1	0,01	0,01	0,080	5,63	5,84	5,73	5,51	5,61	1,94	1,85	1,98	1,90	3,69	0,011		
TO 209	0,008	0,010	0,140	5,30	6,60	6,46	7,13	6,37	2,16	1,65	1,84	1,84	2,59	0,029		
TO 32/2	0,01	0,01	0,160	6,17	6,22	6,46	6,61	6,40	1,74	2,04	2,20	2,05	2,93	0,060		
TO 206	0,009	0,020	0,210	6,54	7,58	7,19	7,44	7,22	2,66	2,34	2,61	2,53	2,41	0,034		
TO 205	0,005	0,018	0,280	5,81	6,76	6,78	7,37	6,83	2,22	1,88	2,33	2,18	3,66	0,037		
TO 208	0,010	0,027	0,580	5,15	7,09	7,43	7,80	6,86	2,76	2,34	2,58	2,52	3,93	—		
				b) (0,26—0,6% közötti Fe-tartalom és 0,23—0,26% Si tartalom esetén)												
TO 251	0,260	0,230	0,012	11,56	11,55	11,35	11,34	11,46	2,46	2,86	4,60	3,44	3,63	8,84		
TO 212	0,360	0,230	0,052	7,68	9,94	10,90	11,25	9,75	2,77	3,08	3,98	3,33	5,02	13,81		
TO 213	0,500	0,230	0,085	8,45	11,28	11,04	11,86	10,30	2,94	3,11	3,94	3,40	5,49	13,30		
TO 215	0,590	0,260	0,140	7,83	10,78	11,21	11,85	11,41	3,24	4,00	4,37	3,94	5,31	26,80		
				c) (Bór és vanádium nyomok titán mellett)												
TO 21/1	0,01	0,01	0,08	5,63	5,84	5,73	5,51	5,61	1,94	1,85	1,98	1,90	3,69	0,001		
TB 11/1	0,01	0,015	0,10 B nyom	7,63	7,80	8,78	9,15	8,34	2,58	2,51	2,37	2,43	3,74	0,15		
TV 12/1	0,01	0,014	0,08 V nyom	5,80	5,60	6,19	6,57	6,05	2,02	2,09	2,20	2,12	3,74	0,35		

Az aláhúzott adatokat foglalja össze a 2. ábra.

3. táblázat

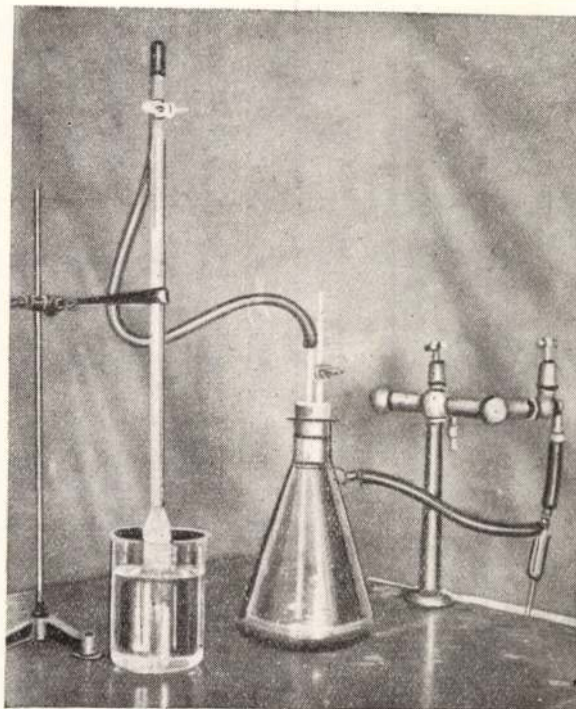
A börtartalom hatása a raffinált alumínium korróziójára

Jel	Összetétel		Korrózió okozta súlycsökkenések g/m ² nap-ban kifejezve 20 C°-on										Gázvolumetrikus reakciószám fejlesztett hidrogén cm ³ reakciószám = $\frac{\text{óra} \times \text{fejtület cm}^2\text{-ben}}{\text{óra} \times \text{NaOH-ban}} \times 10\%$	
			25% salétromsavban					20%-os kénsavban						
	Fe%	Si%	B%	1-48h	40-96h	97-144h	145-192h	1-192h	1-24h	25-72h	73-120h	1-120h		5%-os NaOH-ban
99,99% Al	0,003	0,005	—	6,02	5,87	6,60	7,04	6,42	2,26	1,33	1,04	1,41	2,52	0,0086
BO 11/2	0,01	0,01	0,010	6,30	6,95	7,73	8,24	7,10	2,32	3,12	2,93	2,80	4,15	0,17
BO 210	0,009	0,010	0,012	6,90	6,77	6,59	7,43	6,94	3,28	3,41	3,08	3,25	4,27	0,73
BO 208	0,012	0,024	0,035	7,19	7,09	6,82	7,73	6,87	3,18	3,06	2,88	3,03	—	1,07
BO 207	0,012	0,010	0,058	7,66	7,82	7,47	8,53	7,82	3,31	3,05	3,05	2,09	4,23	2,99
BO 21/1	0,011	0,013	0,100	9,85	10,20	10,90	11,15	10,51	2,86	3,01	3,36	3,10	4,18	1,95
BO 206	0,012	0,012	0,150	8,00	8,02	7,98	9,15	8,35	3,14	3,28	3,28	3,26	4,45	4,03
BO 201	0,020	0,078	0,390	9,69	13,55	14,09	16,05	13,30	7,52	8,67	8,82	8,35	4,22	5,73
BO 212	0,015	0,080	0,890	12,01	14,70	14,98	16,80	14,60	3,88	3,81	3,81	3,83	—	—
BO 202	0,290	0,095	0,340	13,91	17,70	17,62	19,21	17,01	8,02	6,84	7,28	7,08	5,24	19,00

Az aláhúzott értékeket foglalja össze a 4. ábra.

(Magasabb Fe-tartalom esetén)

- b) 320—350 C°-on 4 órás hőkezelés, utána levegőn hűtés.
- 3. Mg + Zn-tartalmú anyagoknál :
 - a) 300 C°-on 14 órás hőkezelés, utána levegőn hűtés,
 - b) 250—280 C°-on 4 órás hőkezelés, utána levegőn hűtés.
- 4. Mg + Ti és M + B-tartalmú anyagoknál:
 - a) 300 C°-on 14 órás hőkezelés, utána levegőn hűtés,
 - b) 350—380 C°-on 4 órás hőkezelés, utána levegőn hűtés.



1. ábra. Gáztérfogatos oldékonysági vizsgálatnál használt berendezés

Hőkezelésnél a 96 × 10 × 1 mm-re lesabott próbatesteket fajtánként külön-külön alumínium-fóliába csomagoltan helyeztük el a hőkezelő kemencében és így biztosítottuk, hogy a felületet sem a kemence alkatrészei, sem a légkavarás által megmozgatott por ne szennyezhessek.

A próbatesteken semmiféle beütött jelet, vagy rögzítésre szolgáló furatot nem alkalmaztunk. A jeleket minden esetben a kísérleti edényben helyeztük el.

A korróziós közeget vegytiszta anyagokból és desztillált vízből állítottuk elő.

Az elvégzett vizsgálatok az alkalmazott módszer szerint két csoportba oszthatók :

1. Oldékonysági mérések 25%-os HNO₃-ban és 20%-os H₂SO₄-ben súlyváltozás módszerével.

A próbatesteket egyébként kísérleti oldattal megtöltött 100 cm³-es mérőhengerekben helyeztük el. A kísérleti időtartam salétromsavban végzett vizsgálatoknál 192 óra (közben a próbatesteket 48 óránként lemértük), a kénsavas próbánál 120 óra (miközben a próbatesteket 24 és 72 óra után is lemértük). A kísérleti közeget egy-egy próba

Jel	Összetétel					Korrózió okozta súlyesökkenések g/m ² nap-ban kifejezve 20 C°-on										Gázvolumetrikus reakciószám reakciószám = $\frac{\text{fejlődött hidrogén cm}^3}{\text{óra} \times \text{felület cm}^2}$	
						25%-os salétromsavban					20%-os kénsavban					5%-os NaOH-ban	10%-os HCl-ben
	Fe%	Si%	Ti%	B%	Ti+B%	1-48 ^h	49-96 ^h	97-144 ^h	145-192 ^h	1-192 ^h	1-24 ^h	25-72 ^h	73-120 ^h	1-120 ^h			
99,99% Al	0,003	0,005	—	—	—	6,02	5,87	6,60	7,04	6,42	2,26	1,33	1,04	1,41	2,52	0,0086	
a) (Fe-tartalom 0,020%-ig, Si-tartalom 0,056%-ig)																	
TB 205	0,009	0,030	0,029	0,055	0,084	8,46	7,08	8,03	8,81	8,10	3,44	3,84	4,16	3,93	2,64	1,011	
TB 202	0,017	0,045	0,006	0,080	0,086	9,61	7,45	8,92	10,30	9,20	3,05	3,19	3,72	3,35	3,03	1,415	
TB 203	0,020	0,054	0,020	0,077	0,097	9,78	8,87	10,20	11,43	10,07	2,76	3,52	4,25	3,54	3,06	1,688	
TB 209	0,008	0,040	0,065	0,038	0,103	9,77	9,15	10,85	12,00	10,44	2,94	3,55	4,57	3,72	2,81	1,685	
TB 201	0,010	0,056	0,005	0,170	0,175	10,28	8,65	9,93	11,10	9,89	2,66	2,90	3,54	3,13	2,99	1,830	
TB 207	0,014	0,028	0,165	0,020	0,185	8,30	+8,80	10,46	10,60	9,54	1,79 ⁺	2,48 ⁺	4,07	2,83 ⁺	2,94 ⁺	0,182 ⁺	
b) (Fe-tartalom 0,008% alatt, Si-tartalom 0,1%)																	
TB 210	0,007	0,100	0,013	0,040	0,053	8,85	7,87	9,90	11,15	9,44	3,19	3,66	4,30	3,82	3,18	1,731	
TB 213	0,007	0,100	0,027	0,100	0,127	8,80	8,17	9,76	10,80	9,18	2,77	2,84	3,38	3,01	3,53	1,152	
TB 211	0,008	0,100	0,100	0,195	0,295	9,17	8,64	10,75	11,58	10,02	3,09	3,61	3,95	3,54	3,36	2,160	
c) (Fe-tartalom 0,67—0,70%-ig, Si-tartalom 0,26—0,33%-ig)																	
TB 217	0,670	0,280	0,053	0,050	0,103	12,85	13,42	11,40	11,52	12,30	5,71	7,06	8,14	7,19	6,16	33,20	
TB 218	0,720	0,290	0,070	0,047	0,117	12,67	13,40	12,65	12,71	12,90	4,27	5,14	6,05	5,25	6,24	27,51	
TB 220	0,750	0,260	0,160	0,050	0,210	11,40	10,77	11,12	12,17	11,36	3,11	4,09	4,74	4,16	6,70	11,36	
TB 216	0,700	0,330	0,011	0,200	0,211	14,22	17,14	17,36	18,31	16,85	6,57	8,09	8,96	8,10	6,16	22,45	

A növekvő Ti + B-tartalom ellenére kisebb a korrózió mérőszáma, mert a TB 207-nél a legkisebb a B% (0,020) és a legnagyobb a Ti% (0,165).

Az aláhúzott adatokat foglalja össze az 5. ábra.

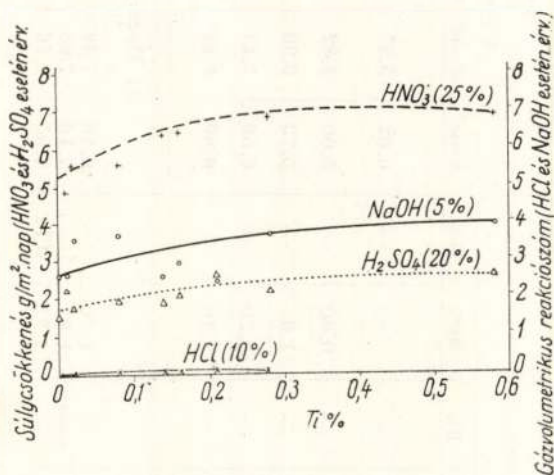
5. táblázat

Különböző elemek 0,1% körüli mennyiségének hatása a raffinált alumínium korrózióállóságra
 A szemcsefinomítók és egyéb adalékok korróziós hatásának összehasonlítása
 (Zn, Mg, Mn, Si, Fe és Cu-ra vonatkozó adatok Zeerleder és Zurbrügg alapján)

Jel	Összetétel								Korrózió okozta súlycsökkenés g/m ² -napban 20°C-on		Gázvolumetrikus reakciószám = fejlődött hid. cm ³ / óra × felület cm ²	
	Fe%	Si%	Ti%	B%	Cu%	Zn%	Mg%	Mn%	25%-os salétromsavban 1—192 ^h	20%-os kénsavban 1—120 ^h	=	
											5%-os NaOH-ban	10%-os HCl-ben
99,99% Al	0,003	0,005	—	—	—	—	—	—	6,42	1,41	2,52	0,0086
TO 21/1	0,01	0,01	0,08	—	—	—	—	—	5,61	1,90	3,69	0,011
BO 21/1	0,011	0,013	—	0,100	—	—	—	—	10,51	3,10	4,18	1,95
TB 203	0,020	0,054	0,020	0,077	—	—	—	—	10,07	3,54	3,06	1,69
Zn	0,0014	0,0022	—	—	0,0011	0,10	—	—	4,5	1,2	4,3	0,012
Mg	0,0016	0,0020	—	—	0,0011	—	0,11	—	4,9	1,3	1,8	0,011
Mn	0,0046	0,0035	—	—	0,0011	—	—	0,10	5,7	1,4	3,5	0,018
Si.....	0,005	0,11	—	—	0,0011	—	—	—	5,8	1,6	3,7	0,2
Fe	0,10	0,0011	—	—	0,0011	—	—	—	5,8	1,9	7,6	4,9
Cu	0,0040	0,0020	—	—	0,06	—	—	—	9,7	2,4	4,9	0,20

időtartama alatt nem cseréltük. A próbatetek felületét kísérlet előtt és után, a súlymérést megelőzően alkohollal és benzollal zsírtalanítottuk.

Ennél a módszernél a korrózió mértékét súlyváltozással állapítottuk meg, amelyet felület- és időegységre vonatkoztatva g/m² nap-ban fejeztünk ki és tüntetünk fel. (I—VIII. táblázatok, 2—6. ábrák.)



2. ábra. Titán-tartalom hatása a raffinált alumínium korrózióállóságára

2. Gáztérfogatos oldékonysági vizsgálat 5%-os NaOH-ban és 10%-os HCl-ben.

A próbateteket, amelyek mérete és előkészítése azonos az 1. pontban említettel, „U” alakúra hajlítottuk és kis üvegállványkával megtámasztva a kísérleti oldattal megtöltött 1000 cm³-es mérőhengerben helyeztük el. A kísérlet közben fejlődött hidrogéngázt 50 cm³-es speciális gázbürettában fogtuk fel (1. ábra).

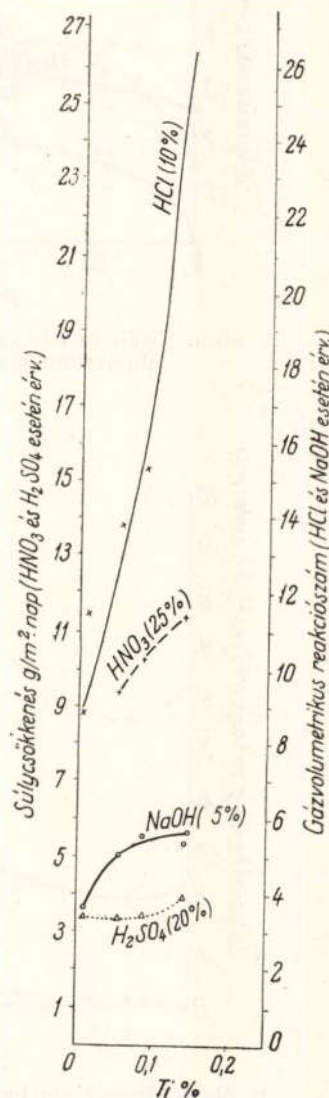
A HCl-ben végzett mérésekhez a NaOH-ban már megvizsgált próbateteket használtuk fel. A vizsgálatokat NaOH-ban is minden esetben 50 cm³ hidrogén fejlődéséig folytattuk. Ilyen módon biztosítható volt, hogy a sósavas vizsgálatot megelőzően, minden próbatestet azonos mértékig NaOH-val lehetett előpácolni.

A gázvolumetrikus próba eredményeit időegységre és felületegységre vonatkoztattuk a következőképpen:

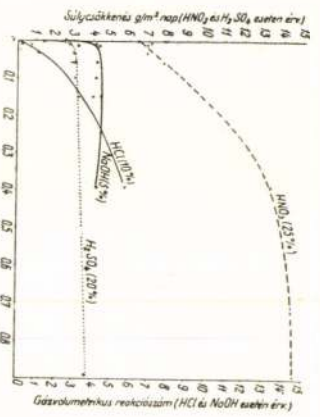
$$\text{Reakciószám} = \frac{\text{fejlődött hidrogén cm}^3}{\text{óra} \times \text{felület cm}^2}$$

Az így nyert reakciószámokat I—VII. táblázatok és a 2—6. ábrák tartalmazzák.

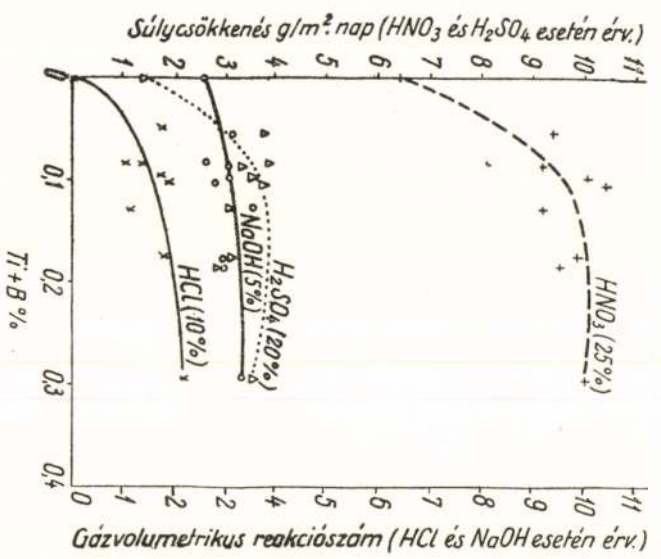
Az ábrákon a két-féle módszer eredményeit együttesen ábrázoltuk olyan módon, hogy a baloldali ordináta az 1. módszerben nyert súlycsökke-



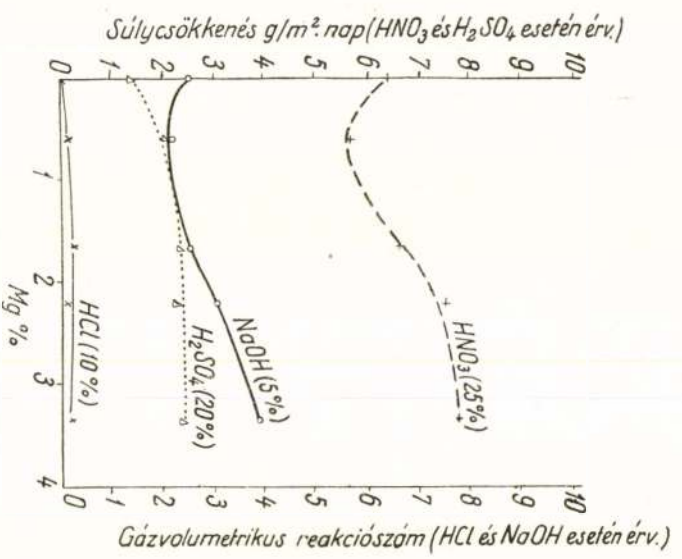
3. ábra. Titán-tartalom hatása a kohóalumínium korrózióállóságára



4. ábra. Bőr-tartalom hatása a raffinált aluminium korrózióállóságára



5. ábra. Titán és bór együttes hatása a raffinált aluminium korrózióállóságára



6. ábra. Magnézium hatása a raffinált aluminium korrózióállóságára

Magnézium hatása a raffinált aluminium korrózióállóságára

6. táblázat

Jel	Összetétel						Korrózió okozta súlycsökkenések g/m ² nap-ban kifejezve 20 C°-on										Gázvolumetrikus reakciószám reakció fejlődött hidrogén cm ³ szám = $\frac{\text{óra} \times \text{felület}}{\text{cm}^2}$	
							25%-os salétromsavban					20%-os kénsavban						
							Fe%	Si%	Ti%	B%	Mg%	Zn%	1-48 ^h	49-96 ^h	97-144 ^h	145-192 ^h	1-192 ^h	1-24 ^h
99,99% Al	0,003	0,005	—	—	—	—	6,02	5,87	6,60	7,04	6,42	2,26	1,33	1,04	1,41	2,52	0,0086	
GO 11/1	0,01	0,01	—	—	0,60	—	5,60	5,82	5,54	5,92	5,73	2,39	1,94	1,95	2,04	2,18	0,10	
GO 21/1	0,01	0,01	—	—	1,65	—	5,73	6,90	6,59	7,12	6,60	2,30	2,30	2,37	2,34	2,52	0,23	
GO 31/1	0,01	0,01	—	—	2,20	—	6,59	7,43	7,30	8,75	7,53	2,30	2,20	2,37	2,29	3,05	0,10	
GO 41/2	0,01	0,01	—	—	3,36	—	6,80	7,43	7,43	8,67	7,77	2,53	2,27	2,39	2,37	3,88	0,21	
a) Magnézium és szemcsefinomítók (Ti, B, Zn) együttes hatása																		
GT 11/2	0,01	0,013	0,045	—	1,80	—	6,16	7,39	8,40	8,97	7,74	2,63	1,93	1,99	2,04	3,07	0,34	
GTB 11/1	0,01	0,012	0,052	nyom	1,81	—	7,10	7,66	7,44	7,79	7,59	2,77	2,51	2,51	2,59	3,32	0,47	
GZ 11/1	0,01	0,01	—	—	1,75	0,17	4,95	6,76	7,71	9,55	7,24	2,56	2,13	2,27	2,29	3,50	0,19	

Az aláhúzott adatokat foglalja össze a 6. ábra.

7. táblázat

Ütés utáni lehűtés sebességének hatása a korrózióállóságra

Jel	Összetétel			Lehűtés sebessége	Korrózió okozta súlycsökkenés g/m ² nap-ban kifejezve 20 C°-on		Gázvolumetrikus reakciószám = fejlődött H ₂ cm ³ / óra × felület cm ²	
	Fe%	Si%	Ti%		25%-os	20%-os	5%-os	10%-os
					HNO ₃ -ban	H ₂ SO ₄ -ben	NaOH-ban	HCl-ben
0011/1 .	0,003	0,005	—	Vízben hűlt 1 és ½ perc alatt	6,16	2,06	4,05	—
0012/2 .	0,003	0,005	—	Levegőn hűlt 60 perc alatt	7,76	2,01	3,75	—
0023 . . .	0,003	0,005	—	Kemencében hűlt 24 óra alatt . .	6,05	1,95	2,70	—
TO 12/2	0,01	0,01	0,01	Levegőn hűlt 60 perc alatt	4,93	2,17	3,41	0,11
TO 14 . .	0,01	0,01	0,01	Kemencében hűlt 24 óra alatt . .	5,60	2,35	2,97	0,25
TO 23/2	0,01	0,01	0,08	Vízben hűlt 1 és ½ perc alatt	5,77	1,74	3,69	0,11
TO 21/1	0,01	0,01	0,08	Levegőn hűlt 60 perc alatt	5,61	1,90	3,39	0,011

8. táblázat

A lemezek hőkezelésének hatása a korrózióállóságra

Jel	Hőkezelés		Korrózió okozta súlycsökkenés 20%-os kénsavban 20 C°-on g/m ² napban			
	hőfok	idő	1—24 ^b	25—72 ^b	73—120 ^b	1—120 ^b
99,99%-os Al	300 C°-on	14 óra	2,26	1,33	1,04	1,41
	500 C°-on	1 óra vízhűtés	1,57	1,52	1,04	1,34
BO 206	300 C°-on	14 óra	3,14	3,28	3,28	3,26
	500 C°-on	1 óra vízhűtés	2,58	3,83	3,11	3,12
TO 208	300 C°-on	14 óra	2,76	2,34	2,58	2,52
	500 C°-on	1 óra vízhűtés	2,12	2,31	4,30	3,82
TB 210	300 C°-on	14 óra	3,19	3,66	4,30	3,82
	500 C°-on	1 óra vízhűtés	3,30	4,21	4,04	3,95

néseket, a jobboldali ordináta pedig a 2. módszer szerinti gázvolumetrikus reakciószámokat tünteti fel.

Az alkalmazott vizsgálati módszerekkel elégtő mértékben sikerült reprodukálnunk Zeerleder és Zurbrügg (15) adatait (I. táblázat). Különösen a kénsavban végzett vizsgálatoknál jó az egyezés. Figyelembevétel azonban, hogy az általunk vizsgált fém az idézett cikkben ismertetetténél szennyezettebb, a többi adat egyezése is kielégítőnek mondható. Az ismertetett módszer tehát alkalmasnak mutatkozott arra, hogy vele a szemcsefinomítók korróziós hatását egyéb adalékok hatásával úgy hasonlítsuk össze, hogy utóbbiak korróziós mérőszámaiként az idézett cikk adatait vesszük.

Kísérleti eredmények

A) A raffinált alumínium korrózióérzékenysége a titán-tartalom függvényében (II. táblázat, 2., 3. ábra).

A raffinált alumínium korrózióállóságát az alkalmazott hatóanyagokban 0,01% és 0,6% közötti titán-tartalom nem befolyásolja. A 2. ábrán

mind a négy görbe teljesen lapos. 0,1% titán jelenlétében a bór és vanádium nyomnyi mennyiségei szintén nem okoznak változást (II. táblázat, c) szakasza).

Kohóalumínium esetén (II. táblázat b) szakasza és 3. ábra) a titán-tartalom növelése a korrózióérzékenységet különösen sósavas közegben rohamosan fokozza. Minthogy azonban a vizsgált fémeknél a titán-tartalommal párhuzamosan a vastartalom is növekedett, valószínűnek látszik, hogy a korrózióérzékenység ilyen hirtelen megnövekedése — éppen sósavas közegben — nem annyira a titán, mint inkább a vas jelenlétének tulajdonítható (0,26—0,59% Fe).

B) Raffinált alumínium korrózióérzékenysége a bórtartalom függvényében (III. táblázat és 4. ábra).

A bór 0,01% és 0,89% közötti mennyiségben a raffinált alumínium lúggal és kénsavval szembeni ellenállóképességét alig befolyásolja. A korrózióállóság kismértékű csökkenése már 0,01% bór jelenlétében bekövetkezik, de további bór mennyiség hatására már nem fokozódik.

Salétromsavban és sósavban azonban a bór

a korrózióállóságot kifejezetten rontja. 25%-os HNO_3 -ban a bór közel olyan mértékben fokozza a korrózióérzékenységet, mint azonos mennyiségű réztartalom. 10%-os HCl -ben azonban nem éri el azt a káros hatást, amelyet ilyen közegben azonos mennyiségű réz vagy vas okoz.

Kohóalumíniumnál (III. táblázat utolsó sora) a Fe és B korróziós hatása összegeződik és savakkal szemben fokozott korróziót okoz.

Annak ellenére azonban, hogy a bórtartalom fokozása a korrózióérzékenységet bizonyos mértékig növeli, szemcsefinomítóként való használatát ez nem gátolja, mert az ilyen célra szokásos 0,1% körüli bórtartalmú raffinált alumínium még salétromsavban is — melyben a legkorrózióérzékenyebb — sokkal ellenállóbb, mint a 99,5%-os alumínium.

C) *A titán és bór együttes hatásának vizsgálata* (IV. táblázat és 5. ábra).

A titán és bór együttes hatását vizsgálva megállapítható, hogy a korrózióérzékenység fokozását a bór jelenléte okozza. A korrózió mértékét mind a IV. táblázatban, mind az 5. ábrán a $\text{Ti} + \text{B}\%$ függvényében tüntettük fel. Így adódik az, hogy olyan anyagoknál, mint pl. a TB 207 jelű, ahol a nagy $\text{Ti} + \text{B}$ mennyiség kis mennyiségű bórból és nyolcszoros mennyiségű titánból adódik, a korróziós értékek a nagy $\text{Ti} + \text{B}\%$ ellenére is kicsik. A kapott korróziós mérőszámok együttese azonban így is rávilágít arra, hogy az ilyen anyagok korrózió szempontjából úgy viselkednek, mintha a titán nem volna jelen, tehát a korrózióérzékenység változását csak a jelenlevő bór mennyisége befolyásolja.

A $\text{Ti} + \text{B}$ együttes hatását kohóalumíniumban vizsgálva (IV. táblázat c) szakasz) nem mérhető meg a bór hátrányos befolyása sem, mert a korrózió mérőszámát döntő mértékben a nagy mennyiségű vas szabja meg és mellette a bór káros hatása már nem érvényesül.

A szemcsefinomítók és egyéb elemek korróziós hatását összehasonlítva (V. táblázat) azt tapasztaljuk, hogy a sorrend a négyféle hatóanyagban igen különböző. A titán korróziós hatása leginkább a mangánéhoz hasonlítható, amelyről az irodalom alapján ismeretes, hogy a korróziót alig befolyásolja.

A bór, valamint $\text{B} + \text{Ti}$ -tartalmú anyagok a vas- és réztartalmú alumíniumhoz hasonlóan nagy „korrózió okozta” súlyvesztést csak salétromsavban mutatnak, sósavban azonban már meg se közelítik az azonos mennyiségű vasat tartalmazó alumínium korróziós mérőszámát, lúgban pedig lényegesen ellenállóbbak az azonos mennyiségű vasat tartalmazó anyagnál.

D) *Raffinált alumínium-bázisú Al-Mg ötvözetek korróziója* (VI. táblázat és 6. ábra).

A raffinált alumíniumhoz ötvözött magnézium jelenléte — 0,6 és 3,36% Mg között — a korrózióállóságot alig befolyásolja. Salétromsavban és nátronlúgban 0,6% Mg hatására a korrózióérzékenység kismértékű csökkenése, majd további Mg-mennyiség hatására újbóli növekedése tapasztalható (6. ábra), de a raffinált alumínium korróziós mérőszámához képest az eltérés jelentéktelen.

Az 1,8% magnéziumtartalmú ötvözetlen szemcsefinomítóként 0,05% titánt, illetve 0,17% cinket ötvözve a korróziós értékekben semilyen változás nem volt észlelhető.

A magnéziumtartalmú ötvözetek tehát a vizsgált összes körülmények között kielégítő korrózióállóságot mutattak.

E) *Hőkezelés hatása a raffinált alumínium korrózióállóságára* (VII. és VIII. táblázat).

A szemcsefinomítás kérdéséhez kapcsolódóan indokoltá vált annak ellenőrzése is, hogy az öntés utáni lehűtés sebessége, mely a félgyártmány kristályainak méretét befolyásolja, hogyan hat a korrózióállóságra.

A VII. táblázat azonos összetételű, de különböző sebességgel hűtött anyagok korróziós mérőszámaival hasonlítja össze. A lehűtés sebességének egyirányú hatása nem volt tapasztalható. Csak a lúgban vizsgált 99,99%-os alumíniumnál észlelhető, hogy a lehűtés sebességének csökkentésével a korrózióérzékenység is csökken. Egyéb esetekben az összehasonlított értékek közötti minimális különbségek egyik közegben a lassú, másikban a gyorsabb hűtést mutatják előnyösnek.

A felszabott lemezekkel, mint a bevezetőben jeleztük, többféle hőkezelési állapotban végeztük el a kísérletsorozatot. A VIII. táblázat néhány kiragadott értéken szemlélteti, hogy a 300 °C-os 14 órás lágyítás és az 500 °C-os 1 órás izzítás a korrózióérzékenységben nem okoz különbséget. Ezt a tényt támasztják alá Zeerleder és Zurbrugg adatai is. Idézett szerzők csak a nagyobb Si és Mn-tartalmú anyagoknál tapasztaltak bizonyos eltérést a kétféle hőkezelés hatása között.

A különbözően hőkezelt lemezekkel elvégzett további összehasonlítható vizsgálatok sem jeleztek a korrózióállóságban különbséget.

ÖSSZEFOGLALÁS

A kísérletsorozatból az alábbi következtetéseket vonhatjuk le:

1. A szemcsefinomítók (Ti és B) általában korrózió szempontjából nem károsak.

A titán 0,6% alatti mennyiségében a korrózió mértékét nem befolyásolja. A bór pedig — bár salétromsavban és sósavban bizonyos mértékig gyorsítja a korróziót — a szokásos 0,1%-os mennyiségben ötvözve nem rontja a korrózióállóságot annyira, mint a kereskedelmi árukban jelenlevő vasmennyiség. Tehát 0,1% bórtartalom mellett a raffinált alumínium előnyös kémiai ellenállóképessége már érvényre jut.

2. A raffinált alumínium-bázisú Al-Mg-ötvözetek 3,36% magnéziumtartalomig általában a 99,99%-os alumíniummal azonos korrózióállóságot tanúsítanak. Kismennyiségben adagolt szemcsefinomítók az Al-Mg ötvözetek korróziós sajátosságait nem befolyásolják.

3. Az öntés utáni lehűtés sebessége, valamint a hengerelt árunál alkalmazott különböző hőkezelések a vizsgált anyagoknál a korrózió sebességét alig befolyásolják.

Az elvégzett vizsgálatok alapján nem lehet közvetlen következtetést levonni arra nézve, hogy természetes viszonyok között, vagy enyhébb hatású közegben milyen mértékig érvényesül az egyes ötvözőelemek korróziós hatása, de az agresszív hatású közegekben elvégzett laboratóriumi vizsgálatok alapján várható, hogy jelentős korróziós meghibásodást a vizsgált adalékok más közegben sem fognak okozni.

IRODALOM

- (1) Domony A. és Vassel K. R.: Bór ötvözés hatása a finomított és a kohóalumínium villamos vezetőképességére. (Alumínium, 1953. május. 103—104.)
- (2) Domony A. és Vassel K. R.: A titán és bór hatása az alumínium villamos vezetőképességére, szemcseméretére és szilárdságára. (M. T. A. Műsz. Oszt. Közl. VIII/3—4. 629—647.)
- (3) G. Siebel és G. H. Vosskübler: Über die Weiterentwicklung des Heterogenisierungs-Verfahrens von Al-Mg-Legierungen zur Verbesserung der Spannungskorrosionsbeständigkeit. (Metall, 1948. 141—146.)
- (4) E. Mohr: Über die Herstellung spannungskorrosionsbeständiger Werkstücke aus Al-Mg-Legierungen. (Archiv für Metallkunde, 1949. 117—118.)
- (5) H. G. Petri és G. Siebel: Der Einfluss von Kupfer und Eisen auf die Korrosionsbeständigkeit von Blechen aus der Legierung AlMg5 (Hy 5). (Metall-oberfläche, 1951. A 84—90.)
- (6) E. C. W. Perryman és S. E. Hadden: Stress-Corrosion of Aluminium—7% Magnesium Alloys. (J. Inst. Met. 1950. 207—235.)
- (7) P. Brenner és W. Roth: Recent Developments in Corrosion Resistant Aluminium-Magnesium Alloys. (J. Inst. Met. 74. 1947. 159—190.)
- (8) P. T. Gilbert és S. E. Hadden: Theory of the Mechanism of Stress-Corrosion in Aluminium-7% Magnesium Alloys. (J. Inst. Met. 1950. 237—261.)
- (9) C. Edeleabu: A Mechanism of Stress-Corrosion in Aluminium-Magnesium Alloys. (J. Inst. Met. 80. 1951—52. 187—191.)
- (10) F. Bollenrath és W. Bungardt: Korngröße und Spannungskorrosionsverhalten von Aluminium-Magnesium-Knetlegierungen. (Z. für Metallkunde, 32. 1940. 303—305.)
- (11) P. A. Jacquet: Structure et Corrosion des alliages aluminium-magnesium et aluminium-zinc-magnesium. (Mechanisme des corrosions intergranulaire et sous tension. (Rev. Met. 49. 1952. 339—63., 439—52.)
- (12) A. Beerwald és H. Gröber: Beitrag zur Frage der interkristallinen Korrosion von Aluminium-Legierungen mit 9% Magnesium. (Alumínium, 1940. 502—510.)
- (13) M. Whitaker: A Review of Information on the Effect of Impurities on the Corrosion Resistance of Aluminium. (Metall Industry, 1952. 183—185., 207—212., 227—230., 247—251., 263—266., 288—289., 303—313., 331—332., 346—350., 387—388.)
- (14) E. Franke: Der Einfluss von Verunreinigungen auf das Korrosionsverhalten von Aluminium und seinen Legierungen. (Werkstoffe und Korrosion, 1953. 4—14.)
- (15) Zeeleder és E. Zurbrügg: Erzeugung des Raffinats (hochreinen Aluminiums) und dessen Verwendung in der chemischen Industrie. (Alumínium, 1938. 365—378.)
- (16) W. Helling és H. Neunzig: Beispiele für den Einfluss des Reinheitsgrades des Aluminium auf den örtlichen chemischen Angriff. (Alumínium, 1938. 80—83.)
- (17) E. Ruppel: Oberflächenkorrosion und ihre Vermeidung durch Plattieren mit Al 99,99. (Alumínium, 1938. 95—106.)
- (18) H. Schick és W. Helling: Über den Einfluss geringer metallischer Zusätze zum Raffinad-Aluminium auf Festigkeit, Korrosionsbeständigkeit und Ausbildung von Eloxalschichten. (Alumínium, 1938. 452—459.)
- (19) H. U. Vogel: Vergleichende Untersuchung über das Korrosionsverhalten von Al 99,99 und Al 99,99 plattierten Blechen mit den normalen Leichtmetall-Werkstoffen des chemischen Apparatebaues. (Alumínium, 1938. 85—93.)
- (20) H. Lichtenberg: Über die chemische Widerstandsfähigkeit von hochreinem Aluminiumblech, in dessen Oberfläche Flitter aus anderen Al-Legierungen eingewalzt wurden. (Alumínium, 1940. 635—638.)
- (21) E. Kühnrich: Beitrag zur Erscheinung der örtlichen Korrosion an Rein- und Reinstaluminium in wässrigen Lösungen. (Alumínium, 1938. 83—85.)
- (22) B. Roald és M. A. Strecher: Corrosion Rate and Etch Structures of Aluminium; Effect of Heat Treatment and Impurities. (J. Electrochem. Soc., 1950. 283—299.)
- (23) Domony A.: Néhány új szempont könnyűfémek alkalmazására. (Alumínium, 1953. 64—72. és 88—91.)
- (24) F. A. Rohrman: The Effect of Heat Treatment on the Corrosion of Highpurity Aluminium. (Trans. Electrochem. Soc. 66. 1934. 229—237.)

Könyvismertetés

Jakóby László: **Fehérfémhulladékok feldolgozása.** 281. oldal, 66 ábra, Nehézipari Könyvkiadó. 1953.

E rendkívül időszerű és hézagpótló munkát szerzője az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesületnek ajánlja, amelynek évtizedek óta áldozatkész és lelkes tagja. A könyv tágabb értelemben foglalkozik a fehérfémek fogalmi körével, vagyis mindazon ötvözetekkel, melyek főalkotója ón, ólom, cink vagy antimon. Nem csak a kimondottan fémhulladékok, hanem a hamuk, salakok, vakarékok, főlékek, habok, lúgok feldolgozását is ismerteti. E munka fontossága szembe- szóköz fémgazdálkodásunk és fémkohászatunk mai helyzetében, amikor a tervgazdálkodás, a szocializmus építésének fokozott üteme, a nép vagyonával való szigorú takarékoság parancsolóan írja elő számunkra, hogy minden tudásunk, tapasztalatunk felhasználásá-

val törekedjünk minél több drága szinesfémeket megtakarítani és népgazdaságunk rendelkezésére bocsátani. A könyv szines- és fehérfémhulladékok és forgácsok szétválasztásával, ónhulladékok és maradákok feldolgozásával, ólomhulladékok és maradákok feldolgozásával, a szűkebb értelemben vett fehérfémhulladékok és maradákok feldolgozásával, egyéb maradákok és hulladékok feldolgozásával, különleges sók, fedősók, olvasztósók, folyósítók, salakítók, és egyéb segédanyagokkal foglalkozó fejezetekre oszlik, amelyeket 16 kitűnő táblázat és tárgymutató egészít ki. A tárgyi alaposág, az adatok teljessége mellett mintaszerű nyelvezete és nevezéktana is. Egészben véve Jakóby László munkája kitűnő könyv és óriási segítséget nyújt az érintett iparág viszonylagos elmaradottságának felszámolásához.

Mangántartalmú alumíniumötvözetek gyártásához szükséges ötvözőanyagok előállításának és tulajdonságai

DOMONY ANDRÁS műsz. tud. kand. és VÁRHELYI REZSŐ

Андраш Домонь канд. техн. наук и Реже Вархельи:

СВОЙСТВА И ПРОИЗВОДСТВО ЛИГАТУР, ПРИМЕНЯЕМЫХ ПРИ ПОЛУЧЕНИИ МАРГАНЦОВЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ СПЛАВОВ.

Az alumíniumötvözetek egyik leggyakoribb ötvözője a mangán. Ez az ötvöző ugyanis a könnyűfémek szilárdsági tulajdonságait nagymértékben javítja anélkül, hogy az anyagok korrózió-

ellenállását csökkentené. Ezenkívül mangán adagolással — bizonyos határokon belül — a vasnak az alumínium mechanikai és kémiai tulajdonságaira gyakorolt káros hatását egyensúlyozni lehet (1). Az 1. táblázatban a legfontosabb alumíniumötvözetek névleges összetételét állítottuk össze.

Amint azt a táblázat is mutatja, a mangán — bár kis mennyiségben (0,3—1,5% között) — úgyszólván minden alumíniumötvözet alkotórésze. Az

1. táblázat

Elemzés	Mn %	Kémiai összetétel					Szilárdsági értékek		
		Si %	Mg %	Cu %	Fe %	Ni %	folyási határ kg/mm ²	szakító szilárdság kg/mm ²	nyúlás δ ₅ %
a) Öntészeti ötvözetek									
Ö Al-Si	max. 0,45	13	—	—	0,4—0,7	—	7—10	18—22	4—8
Ö Al-Si-Mg ...	max. 0,45	9—13	0,2—0,5	—	0,4—0,8	—	—	—	—
Ö Al-Si-Cu	0,4—0,5	4,5—5,5	0,3—0,4	4,5—5,5	0,4—0,8	—	20—28	25—34	0,5—4
Ö Al-Mg ₃	0,3—1,5	0—1,3	1,8—3,5	—	0,4—0,7	—	8—16	14—20	2—8
Ö Al-Mg ₅	0,1—0,5	0,6—1,5	4,5—5,5	—	0,4—0,6	—	9—10	16—25	2—8
Ö Al-Mg-Si ...	0,4—1,0	2—5,5	0,5—3,0	—	0,4—0,8	—	15—25	16—28	1—5
Ö Al-Cu-Ni....	—	0,1—0,5	1,2—1,7	1,2—3,5	0,4—1,5	1,2	15—22	18—30	0,3—1
Ö Al-Cu	—	—	—	7—9	—	2,2	—	12—20	0,5—3
b) Alakítható ötvözetek									
Színalumínium	—	0,2—0,5	—	—	0,1—0,5	—	11—15	13—18	4—6
Al-Mn	1,0—2,0	—	—	—	0,3—0,8	—	13—20	16—22	4—6
Al-Mg-Mn....	1,0—2,0	—	1,5—2,5	—	0,3—0,7	—	20—24	24—28	3—6
Al-Mg-Si	0,4—1,5	0,2—1,5	0,3—1,5	—	0,3—0,6	—	18—35	30—40	8—15
Al-Mg	0—0,8	—	2,5—5	—	0,2—0,5	—	13—22	22—31	8—14
Al-Cu-Mg	0,3—1,5	0—0,5	0,2—1,5	2,5—4,0	0,2—0,5	—	28—34	38—44	10—20

A táblázattal kapcsolatosan megjegyzendő, hogy a csak mangánnal ötvözött alumíniumfémgyártmányok a tiszta kohófémből készületeket számos felhasználási területen egyre fokozottabb mértékben kezdik kiszorítani, mert azonos kémiai ellenállás és majdnem azonos alakíthatóság mellett a jobb szilárdsági értékek 10—20%-os fémmegtakarítást tesznek lehetővé.

összetételek összehasonlításakor megállapítható továbbá, hogy a vasszennyeződés megengedett mennyisége igen szűk határok között mozog. Alumíniumötvözetek esetében tehát a mangán bevitelére csak olyan anyagok jöhetnek számításba, amelyeknek adagolása az alumínium vastartalmát lényegesen nem szaporítja. Ezért könnyűfémeknek mangánnal történő ötvözésére a különböző fajtájú ferromangánok közül a szüraffiné is csak szükség

esetén alkalmas, mert a ferromangánötvözetekkel a könnyűfémbe kerülő vas mennyisége túlnyú.

A 2. táblázatban felsorolt anyagok közül könnyűfémötvözetek előállítására csak a szilikomangán felel meg akkor, ha vastartalma 2—4%-nál kisebb és az előállítandó alumíniumötvözetnek szilíciumtartalmának kell lennie. Ebben az esetben szilikomangának az alumíniummal történő hígítása segítségével kb. 10% Mn, 5% Si és 0,7% Fe-tartalmú segédötvözetet lehet előállítani.

A fenti kivételtől eltekintve könnyűfémmangánoknak mangánnal történő ötvözésére csak

1. vasmentes fémmangánból készült segédötvözetet,

2. alumíniumkohóban együttes tűzfolyékony elektrolízis segítségével előállított Al-Mn segédötvözetet,

3. folyékony alumíniumfürdőnek mangántartalmú sótakaróra gyakorolt redukcióképességét (közvetlen aluminotermikus folyamatot) lehet felhasználni.

2. táblázat

	Mn%	Fe %	Si %	C %
Ferromangán karburé ...	50—80	15—45	0,1—1,5	5—7
Ferromangán affiné	70—80	20—30	0,5—1,0	0,1—1,0
Ferromangán szüraffiné ..	80—95	5—20	0,8—1,5	0,1
Szilikomangán	50—70	2—20	20,0—30,0	0,5—1,5

1. Fémmangánból készült Al-Mn segédötvözet

A vasmentes fémmangánt vagy mangánsóknak nedves elektrolízise segítségével, vagy tiszta mangánsóknak alumínometrikus redukciója útján lehet előállítani. Mindkét esetben a feldolgozásra kerülő mangánsóknak vasmenteseknek kell lenniük.

a) Elektrolitikus úton előállított mangánfém

A legtisztább fémmangánt ezzel az eljárással lehet előállítani. Újabb hazai irodalmunk a fémmangán elektrolízisével bőven és részletesen foglalkozik (2, 3, 4). A fém tisztasága 99—99,99% mangán. Az elektrolitikus mangán energiaszükséglete viszont igen jelentékeny. 1 tonna elektrolitikus mangán előállítása 12—15 000 kWó mennyiségű energiát igényel. Az elektrolízis áramkihasználása csak 60—65%-os, az elektrolízis munkamenete igen kényes és lassú művelet. Ezért ötvözőként elektrolitikus mangánt, illetve ebből a fémből készült segédötvözetet a könnyűfémipar nálunk csak ritkán szokott felhasználni.

b) Alumínometrikus redukcióval előállított mangánfém

A vasszegény mangánfém előállításának egyszerűbb, legkisebb berendezést igénylő eljárása: az alumínometrikus redukció. A munkamenet hátránya viszont, hogy tiszta vasszegény nyersanyagot (mangánsót, illetve ércet) és a tekintélyes alumíniumfogyasztás miatt — jelentékeny mennyiségű energiát (12—14 000 kWó/t mangánfém) igényel.

Az alumínometrikus eljárás segítségével előállított fémmangán összetétele:

	I.	II.
Mn	95—98%	92—94%
Al	0,5 —1,0%	R
Si	1,5 —2,0%	1,5 —3,0%
Fe	1 —2%	3 —6%
P	0,05—0,4%	0,25—0,30%
S	0,02—0,2%	0,01—0,03%

Könnnyűfémötvözetek előállítására az alumínometrikus redukció segítségével előállított fémmangán, amennyiben vastartalma 4%-nál kisebb, megfelel. Alumínometrikus mangán előállítása vagy tiszta mangánsókból, vagy vasszegény mangánércekből történhet. Alumínometrikus eljárás segítségével mangánércekből előállított fémmangán gyártási munkamenetét az alanti példa szemlélteti:

Kiinduló anyag: az alábbi összetétel szerint mangándús, vasszegény érc:

MnO ₂	85—92%
SiO ₂	1 —2,5%
Fe ₂ O ₃	2 —4,0%
P	0,15—0,2%

A kb. 1—0,5 mm szemnagyságra őrlt ércet 1 m átmérőjű, 2 m hosszú, olajtüzelésű, forgó-

dobos kemencében redukáló lángbeállítással 800—900° C-on pörkölik. A redukció pörkölés hatására a MnO₂ Mn₃O₄-é alakul át. Egy 500 kg-os adag pörkölési ideje 1 óra.

A redukált ércből az alábbi adagot állítják össze:

300—400 kg érc
120—140 kg alumíniumforgács
70—50 kg égetett mész
0,2 kg Na ₂ O ₂ (gyújtó).

A jól összekevert adag kb. negyedrészt 6 mm vastag vaslemezéből készült kúpos üstbe helyezik. Az üst átmérője alul 0,5 m, felül 1 m, magassága 1,8 m. A vasüstöt MgO-ból álló döngölőmasszával bélelik. A MgO-hoz 1,6—2% MgCl₂-t és annyi vizet adagolnak, hogy a massa kézzel jól alakítható, pasztikus legyen. A döngölőbélés vastagsága a kúp alján kb. 20 mm, a tetején 10 mm. Az üst ilyen állapotban felhasználásra kész. A készre döngölt téglyet falazott kemencébe helyezik, melynek tetején a keletkező gázokat nagy teljesítményű ventilátor szívja el. A téglyben az előzetesen belapátolt adagrészt meggyújtják, rövid ideig leégni hagyják, majd a keverék megmaradt részét is a téglybe adagolják. A 450—600 kg mennyiségű keverékből álló adag redukációs időtartama 20—30 perc, termelése kb. 160 kg mangánfém. Egy üst teljesítőképessége, 8 órás munkaidőt véve figyelembe, kb. 1100 kg mangánfém. A kiszolgáláshoz 8 ember szükséges.

A redukációs folyamat befejezése után a téglyt a kamrából kihúzzák, lassan lehűlni hagyják. A lehűlt téglyből a blokkot kivesszük. A keletkezett fémregulusz a salaktól jól elválik. A fémét törlik, aprítják és elemzés céljaira megmintázzák.

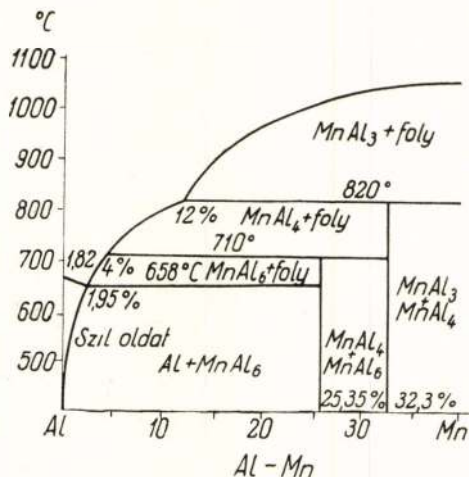
Alumínometrikus eljárás segítségével Al-Mn segédötvözetet közvetlenül nem lehet előállítani. A túlsúlyban lévő alumínium ugyanis alumíniumoxid védőhártyával vonódik be, amely védőhám a redukció tökéletes lefolyását megakadályozza. Ezt a nehézséget a 37,155/1948. számú indiai szabadalom azzal igyekszik kiküszöbölni, hogy a keverékhez alumíniumoxidoldós (kriolit, nátriumfluorid vagy kalciumklorid) adagolását javasolja, ezzel akadályozva meg azt, hogy a fémalumínium a reakció továbbfolytatását gátló oxidhártyával vonódjék be.

Al-Mn segédötvözet készítése

A mangán az alumíniumban csak csekély mértékben oldódik. Az alumíniumban nem oldódó mangán az alapfémmel mangánaluminidet (Al₆Mn) képez, amely vegyület az olvadék olvadáspontját rohamosan növeli (lásd 1. ábra).

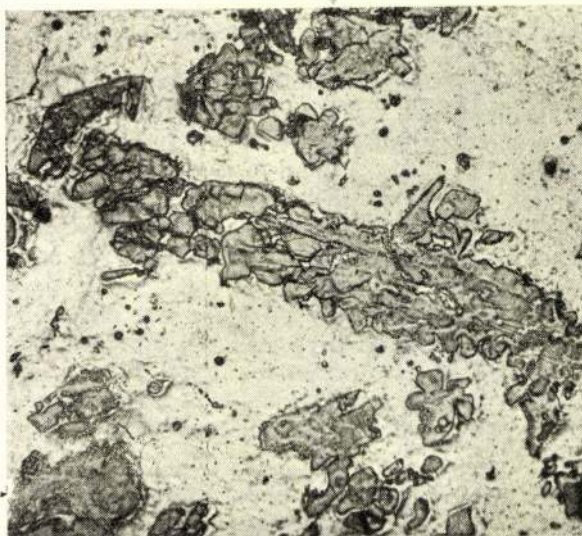
A mangán lassú oldódása és a mangántartalom növekedésével együttjáró nagymérvű olvadáspont-növekedés miatt könnyűfémek ötvözésére a tiszta fémmangán nem alkalmas. A mangán oldása érdekében az alumíniumfürdőt ugyanis huzamosabb ideig nagymértékben (900—1000° C) túl kellene hevíteni, ami nagy fémleégéssel és előnytelen gázfelvétellel járna. Ennek elkerülésére első lépésben Al-Mn segédötvözetet állítanak elő oly módon, hogy az aprított vagy jól összedarabolt mangán-

fémet lassú adagolással, állandó keverés mellett, olvadt alumíniumfürdőben oldják. Az alumíniumfürdő hőfoka 850—900° C. A fém felületét a nagymértékű oxidáció csökkentése érdekében fedősóval takarják. Ily módon 5%—10% mangántartalmú Al-Mn segédötvözetet állítanak elő. A kész segédötvözetet a túlzott mértékű mangánkülönválások elkerülése érdekében lapos táblákká öntik ki. Nagy fajsúlyú és nagy olvadáspontú mangánaluminidek ugyanis a különválásra igen hajlamosak. A kiöntött mangántartalmú segédötvözet-táblákat újból darabolják; a könnyűfémek végső ötvözése aprított segédötvözetdarabok adagolásával történik.



1. ábra. Al-Mn állapotábra

zetben egyenetlen és csomós (2. ábra). Az egyenetlen eloszlás veszélye még nagyobb hígítás esetén is fennmaradhat és ezért mangánsegédötvözetrel előállított mangántartalmú könnyűfém szerkezete durvább és mangánkiválásokra hajlamosabb, mint a kohóban készített segédötvözetrel gyártott, vagy az alumíniumfürdővel közvetlenül redukált mangános ötvözeté.



2. ábra. 10% mangántartalmú Al-Mn segédötvözet

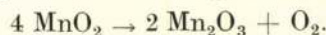
2. Alumíniumkohóban együttes tűzfolyékony elektrolízis segítségével előállított Al-Mn segédötvözet gyártása

Az alumínium tűzfolyékony elektrolízisének használatos elektrolit a kriolit-alumíniumoxid keveréke a mangánoxidokat — bár korlátozott mennyiségben — de oldja, illetve disszociálja. A különböző mangánoxidok stabilitására vonatkozóan az alábbi táblázat ad felvilágosítást.

3. táblázat

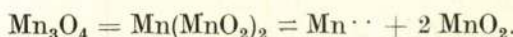
	MnO	Mn ₂ O ₃	Mn ₃ O ₄	MnO ₂
Képződési enthalpia . Olvadáspont	96,7 1785	233 bomlik	345 1560	123 bomlik
Képződési enthalpia 1 atom mangánra vonatkoztatva . . .	96,7	116,5	115	123

100° C körüli hőmérsékleten redukáló atmoszférában a MnO₂ a következő képlet szerint bomlik:



Levegő atmoszférában viszont a keletkezett Mn₂O₃ átalakul a stabilabb Mn₃O₄-é.

A Mn₃O₄ Beljajev szerint (6) a mangán mangánátjának tekinthető, amelyben egy atom 2 vegyértékű és két atom 3 vegyértékű mangán van. A fenti felfogás szerint a Mn₃O₄ szerkezeti képlete Mn(MnO₂)₂; a disszociációs reakció pedig a következőként írható le:



A fémmangánból történő segédötvözetgyártás a rendelkezésre álló kemencétől és munkakörülményektől függően 4—8% alumínium leégéssel és tonnánként 1 200 000—1 800 000 kal fogyasztással jár. Figyelembevéve az oxidált alumíniummennyiség (kalo) előállításához szükséges energiát (ami 20 000 kWó/t alumíniumra tehető), az 1 tonna segédötvözet előállításánál veszendőbe menő 40—80 kg alumínium 800—1600 kWó-nyi energiamennyiséget képvisel.

10% mangántartalmú Al-Mn segédötvözet előállítása — figyelembevéve a

fűtőenergiaszükségletet
(1 200 000—1 600 000 kal) .. 1390—1850 kWó
és az alumíniumkalóval elvesztett energiát 800—1600 ,,

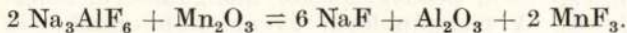
tonnánként összesen : 2190—3450 kWó
energiafelhasználással jár.

Miután 1 tonna segédötvözetben 100 kg mangán van, 1 kg fémmangántartalmú segédötvözet teljes energiafelhasználása segédötvözet készítésénél 21,9—34,5 kWó
fémmangán előállításánál 12,0—15,0 ,,
összesen: 43,9—49,5 kWó

energiafelhasználást jelent. A fenti számításból látható, hogy fémmangánból történő mangánsegédötvözet előállítása jelentékeny energiamennyiséget igényel. A mangánaluminidek különválási hajlama miatt a mangán eloszlása a segédötvö-

750° C-nál a kriolit és a mangánoxid között mangánfluorid képződése mellett egyensúly alakul ki.

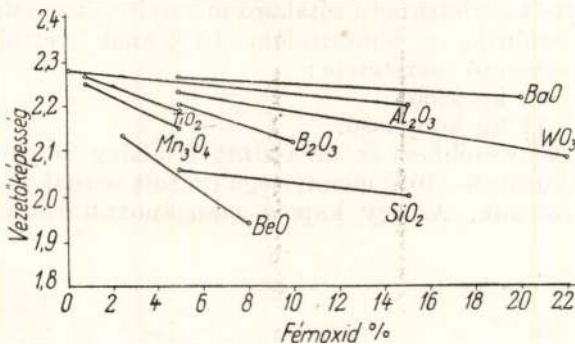
Elképzelhetőnek látszik az a felfogás is, amely redukáló atmoszférában nagyobb hőmérsékleten (800—1000° C között) a Mn_2O_3 és kriolit közötti részletes cserebomlást az alábbi képlettel magyarázza:



A kriolitnak MnO_2 oldóképessége csekély. Fischer adatai szerint (7) a kriolit csak 0,16% MnO_2 -t képes oldani. A nem oldódó MnO_2 viszont O_2 leadás mellett Mn_3O_4 -re, vagy Mn_2O_3 -ra bomlik. Ezekkel az oxidokkal pedig az előbb vázolt cserebomlások lejátszódnak. Amennyiben tehát az alumíniumkohó elektrolitjébe MnO_2 -t adagolnak, fennáll annak a veszélye, hogy az anódán oxigénben dúsult gázok az anóda izzó szenével érintkezve robbanást idéznek elő. Mn_3O_4 adagolása esetén a robbanás veszélye elméletileg is csak akkor látszik lehetségesnek, ha az Mn_3O_4 disszociációjánál keletkező MnO_2 valamilyen ok következtében lokálisan feldúsulna. Mn_2O_3 adagolása esetén a robbanás veszélye elméletileg nem áll fenn.

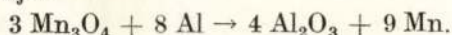
A kriolit és kriolit + timföld Mn_3O_4 oldóképességét Beljajev (6) 1000° C-on mérve tiszta kriolitban 2,19%-nak
kriolit + 5% timföldben. ... 1,22%-nak találta.

Megmérte továbbá az olvadt elektrolitok vezetőképességének csökkenését 1000° C körüli hőmérsékleten, különböző mennyiségű Mn_2O_3 adagolása esetén. Eredményeit 3. ábra szemlélteti (8).



3. ábra. Kriolit-oxid olvadákok vezetőképessége 1000° C-on

Vizsgálatait kiterjesztette továbbá olvadt alumíniumnak mangánoxidos-kriolit keverékekre gyakorolt hatására is. Megállapította, hogy áram hatása nélkül is a túlsúlyban lévő fémalumínium 2 órási reakció idő alatt kb. 1000° C-on a kriolitba adagolt mangánoxid mangántartalmának kb. 60%-át 5—7% Al-Mn ötvözeté redukálja. A redukciót az alábbi alminotermikus alapegyenlettel vázolja:



Alumíniumkohóba adagolt, áram hatásának is kitett mangánoxid tartalmú elektrolitnak viselkedésére viszont az irodalom részletes adatokat nem tartalmaz. Ezért a Fémipari Kutató Intézet-

ben tájékoztató vizsgálatokat végeztünk egy külső fűtéssel is ellátott, házilag egyszerű eszközökből készített, téglakemencéből átalakított kísérleti berendezéssel. A kísérletek célja kizárólag az volt, hogy kvalitatív képet szolgáltatassanak az áram alatt történő mangánoxid adagolásának hatásáról, az előállított Al-Mn ötvözet minőségéről és az áramviszonyok esetleges durva eltolódásáról.

A kísérletek alkalmával az elektrolizálóknak kiképzett grafittegelybe kb. 1 kg mennyiségben 10% timföldtartalmú kriolitot és 200 g kohóalumíniumot adagoltunk. A rendszer hőmérséklete 950—980° C volt. A cella áramfelvétele 4,5—5 volt mellett 32—35 A között ingadozott. A rendszerhez óránként 10 g Mn_3O_4 -t adagoltunk. A fémről minden adagolás előtt szivornyázással kb. 3—5 g súlyú próbát emeltünk ki. Az egyes fémpróbák elemzését a 4. táblázat szemlélteti.

4. táblázat	
	Mn%
I. próba indulás	—
II. próba indulás	2,05
III. próba indulás	1,80
IV. próba indulás	3,04
V. próba indulás	3,57
VI. próba indulás	4,98
VII. próba indulás	7,20
VIII. próba indulás	8,58
IX. próba indulás	10,02
X. próba indulás	12,08

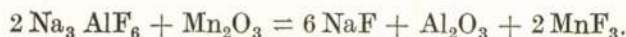
A kísérletet hasonló körülmények között tiszta elektrolittal és fémmel, azonban mangánoxid adagolása nélkül megismételtük. A két kísérlet között sem a cella áramviszonyai, sem az anóda korróziója észlelhető eltérést nem mutatott. Ez a megfigyelés Fischer (7) előbb idézett munkájában közöltekkel, mely szerint 4—6% Al-Mn ötvözetnek elektrolízissel történő előállítása alkalmával sem az áramhatásfok, sem a fémkitermelés mennyisége nem csökken, megegyezik. A 10% mangántartalomnál nagyobb fém viszont sűrűfolyós, kiválásra nagymértékben hajlamos volt. Ezért az irodalmi adatok sem ajánlják kohóban 6—8% mangántartalomnál nagyobb mangánsegédötvetnek közvetlen elektrolízissel történő előállítását (9). Feltűnő volt továbbá, hogy a kísérletek folyamán az erőltetett mangánoxid adagolás ellenére erős üledék-képződés nem jelentkezett. Ennek magyarázatát valószínűleg abban kell keresni, hogy a fenékre szálló, nehezebb mangánsók és az olvadt alumínium között állandó, lassú alminotermikus reakció megy végbe. Erre enged következtetni az is, hogy mangánsó adagolásával sem sikerült több fémet kitermelni, mint a rendes elektrolízisnél. Valószínű, hogy a mangános elektrolízisnél keletkezett alumínium egy része az alminotermikus folyamat következtében timfölddé alakul vissza.

A laboratóriumi kísérlet a kohóba történő közvetlen Al-Mn segédötvetgyártás termelési és gazdasági rentabilitását nem volt hivatva eldönteni. Ezekre az adatokra csak egy üzemi próba adhat megnyugtató támpontot. Az irodalmi és a kísérleti adatokból viszont annyi megállapítható, hogy a kohóban történő Al-Mn segédötvetgyártás a könnyűfémipar mangánszükséglet kielégíté-

Sének egyik lehetősége. Az összehasonlító számítások elvégzésénél figyelembe kell venni, hogy az elektrolízis segítségével előállított Al-Mn segédötvözet felhasználásánál elmarad a fémmangánból készített segédötvözet gyártáshoz szükséges tekintélyes energiaszükséglet és a fémmangánhígításánál jelentkező alumíniumkáló is.

3. A folyékony alumíniumfürdőnek a mangántartalmú sótakaróra gyakorolt közvetlen hatása (közvetlen aluminotermikus folyamat)

Mint előbb már említettük, folyékony alumíniumfürdő jelenléte esetén 800—900° C között a kriolit- és mangánoxid között a következő cserebomlási folyamat megy végbe:



Tekintettel arra, hogy az alumíniumfluorid képződési hője a mangánfluoridnál lényegesen nagyobb (MnF_3 képződési hője 85,5; AlF_3 képződési hője 110,5 kal), a folyékony alumínium termikus redukciós képessége következtében a feleslegben lévő fém a mangánfluoridot elbontja és a fémmangánt kiredukálja.



Ebből az elgondolásból kiindulva a Fémipari Kutató Intézetben kísérleteket végeztünk különböző összetételű fluoridtartalmú fedősókban oldott mangánoxidos keverékeknek a fémalumíniumfürdőre gyakorolt hatására.

Az előkísérleteket a kriolitnál kisebb olvadáspontú kiolittal ($5 \text{NaF} + 3 \text{AlF}_3$ olvadáspont kb. 750° C) végeztük. 10 kg mennyiségű fémadagoknál az olvadékokat 1 kg kiolittal takartuk le. A kiolitfürdőbe 10%-os Al-Mn ötvözet előállításához szükséges mennyiségű Mn_3O_4 -t (izzított barnakövet) apránként adagoltunk. A fémet a sókeverékkel grafittégelyben 900—1000° C között 40—60 percig olyként hagytuk reagálni, hogy a fémolvadékokat a mangánoxid adagolása után a sófürdővel 10 percnélként jól összekevertük. Ezzel sikerült 4,5—8,2% alumíniumleégés mellett 2,5—4% mangántartalmú alumínium-mangánötvözetet előállítani. A kiolitos sótakaró tisztító hatása következtében az előállított ötvözetek salak-, oxid- és gázmentesek voltak; az alapanyagban a mangán finoman oszlott el.

A sótakaró jobb kihasználása érdekében az első öntésről leszedett mangánoxidtartalmú kiolított összetörtük és újabb alumíniumfürdő ötvözésére használtuk fel. A művelet háromszor lehetett megismételni; az előállított ötvözet átlagosan 3% mangántartalmú volt. A negyedik adagnál a fedősóban az alumíniumoxidtartalom annyira feldúsult, hogy részben az aluminotermikus reakciót (mangánbevitelt) lassította meg, részben pedig az ötvözet salakossá és oxidossá vált. Az előkísérletek alapján tehát megállapítható, hogy közvetlen aluminotermikus redukcióval kisebb mangánmennyiség (2—3% mangánig) az olvadt fürdőbe jól bevihető. Az előállított fém oxid-,

salak- és gázmentes. A sótakaró háromszori munkamenetkez használható.

Miután a fluoridos só beszerzése aránylag költséges, megkíséreltük a kiolított olcsó nátriumkloridos sótakaróval helyettesíteni. Ezek a kísérletek azonban negatív eredményhez vezettek.

Nátriumkloridos sótakaró esetében ugyanis, mangánoxid beadagolásakor mangánklorid keletkezik. A mangánklorid és az alumíniumklorid képződési hőik közel azonosak (55,7, illetve 56,0 kal), ezért a reakció hatásfoka nem megfelelő.

A nyert tapasztalatok alapján kísérletileg megkerestük azt a minimális fluorid mennyiséget, amennyi a reakció megfelelő lefolyásához feltétlenül szükséges.

A kísérleti eredmények:

tiszta kiolitos sótakaróval nyert előötvözet Mn-tartalma	2,18—4%
60% kiolit + 40% nátriumklorid sótakaróval nyert előötvözet mangántartalma	2,52—2,75%
40% kiolit + 60% nátriumklorid sótakaróval nyert előötvözet mangántartalma	0,72—0,73%
tiszta nátriumklorid sótakaróval nyert előötvözet mangántartalma	0,21—0,22%

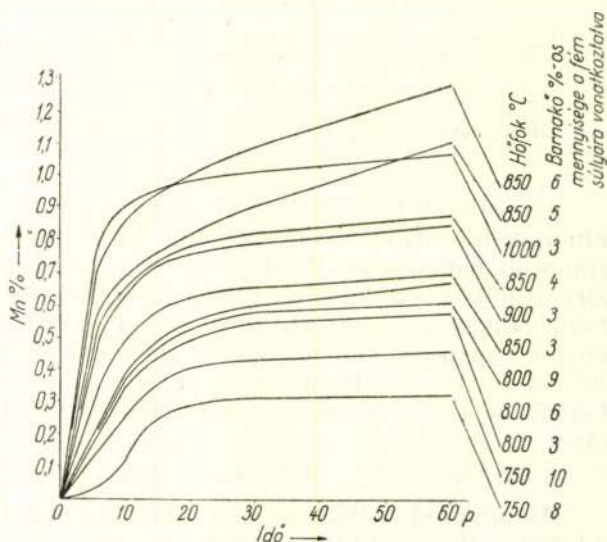
Fentiekből tehát megállapítható, hogy a sókeveréknek minimum 60% fluoridos anyagot kell tartalmaznia.

Kísérleteket végeztünk továbbá arra vonatkozólag, hogy a sótakaróból történő mangánbevitel optimális időtartamát és hőfokát megállapíthassuk. A kísérleteket 300 kg kohóalumíniummal városigáz fűtésű téglakemencében végeztük. Az egyes kísérleteknél a sótakaró mennyiségét mindig állandónak, a fémtartalom 10%-ának vettük. A sótakaró összetétele:

18 kg kiolit

12 kg konyhasó.

A sókeverékhez az olvasztott fémadag súlyára számított 3—10% mennyiségű izzított barnakövet kevertünk. Az így kapott mangánoxidtartalmú



4. ábra. Mangántartalom a hőfok, MnO_2 és kezelési idő függvényében

sókeveréket a fémfürdővel 5 perces időközökben összekevertük. A fém felszínéről a sótakarót minden egyes kísérlet befejezése után eltávolítottuk, a fémet pihentetés helyett, salak- és oxidmentesítés céljából kénklorürös eljárással tisztítottuk (10) és fomába öntöttük. A mangánnal ötvözött tisztított adagok gáz-, salak- és oxidmentesek voltak.

A kísérletek eredményeit a 4. ábra szemlélteti. Amint az a diagramból leolvasható, eredményes mangánbevitelhez a fémet 800—850° C-on túl kell hevíteni. A mangánbeviteli reakció 800° C alatt lomhán, rossz hatásokkal megy végbe. 0,3—0,4% mangán beviteléhez már 800° C-ra túlhevített fürdőnél 10 perces kezelési idő is elegendő, 0,6—0,7% mangán beviteléhez, 10 perces kezelési idő esetén, a fémet 850—900° C-ra kell túlhevíteni. Az alumíniumfürdő leégése a kísérletek folyamán 6,5—8% volt. Miután a fémfürdő felületét állandóan sótakaró borította, az alumíniumkáló a nagyobb mértékben túlhevített kísérleteknél sem növekedett jelentékenyen.

Az elhasznált mangánoxidtartalmú sótakarókat újbóli felhasználásához az eredetileg számított mangánoxidtartalom kb. 30%-át pótolni kellett. A sótakaró alumíniumoxidtartalma négy-öt öntés után nagymértékben feldúsult. Ennek következtében a mangánbevitel sebessége csökkent, a fémolvadék pedig oxidossá vált.

Sótakaróval történő mangánötvözésre üzemi kalkuláció még nem áll rendelkezésre. A laboratóriumi kísérletek során nyert eredmények szerint háromszori sótakaró felhasználása esetén a szükséges anyagok a következők:

1 t 0,6% mangántartalmú ötvözet előállításához 10% fedőső egyharmad része, tehát

20 kg kiolit,

15 kg konyhasó (NaCl)

16,5 kg mangánoxid (izzított barnakő)

szükséges.

Ehhez az anyagmennyiséghez hozzájön még 65—80 kg alumínium leégési veszteség (káló) és tonnánként 250—300 kWó fűtőenergia többletmennyiség,

ami az alumíniumolvadék túlhevítéséhez és hőfokon tartásához szükséges.

Kis mangántartalmú (0,3—1% Mn) alumíniumötvözetek előállításánál — amennyiben az üzemeknek a sótakaróval történő ötvözéshez megfelelő kemencék állanak rendelkezésre — az itt leírt eljárás energia- és anyagfogyasztás, valamint az előállított mangánötvözet minősége szempontjából (igen finom eloszlású mangánaluminid képződés) előnyösnek látszik. Az eljárás hátránya az aránylag n. gymennyiségű (fémre számítva kb. 10—12%) fedősóval való manipuláció, a jelentékeny kioltfogyasztás és az egész fémfürdő túlhevítésének szükségessége. Nagy segítséget jelent viszont a közvetlen sótakaróból történő mangánötvözés akkor, ha az iparnak megfelelő tisztaságú fémmangán, szilikomangán vagy alumíniummangán nem áll rendelkezésre.

IRODALOM

- (1) *Halmos*: Nagyobb vastartalmú mangánnal ötvözött alumíniumlemezek mélyhúzóhatóságának vizsgálata. Alumínium, 1953. IV. 73—77. oldal.
- (2) *Visnyovszky*: Acélötvöző fémek és ferroötvözetek. Nehézipari Könyvkiadó, 1952. 95—104. oldal.
- (3) *Dr. Horváth*: Továbbfeldolgozásra alkalmas, vastól mentes, mangánszulfátos oldat előállítása az úrkúti mosási meddőből. Bányászati és Kohászati Lapok, 1949. 202—225., 253—255. oldal.
- (4) *Plakszin és Juchtanov*: Mangánelőállítás nedves úton. Kohászati Lapok (Alumínium), 1952. 190—192. és 204—216. oldal.
- (5) *Dr. Dobos*: Ferroötvözet gyártásunk időszerű kérdései. Kohászati Lapok (Alumínium), 1952. 242—251. oldal.
- (6) *Beljajev*: Fizikai és kémiai folyamatok az alumínium elektrolízisének. 1948. 48—49. és 59. oldal.
- (7) *Fischer*: Über das Verhalten einiger Fremdoxyde in der technischen Aluminium-Elektrolyse. 1950. (Disszertáció.)
- (8) *Beljajev*: Az oxidok viselkedése a kriolit-fürdőben és a kriolitoxid olvadékok elektromos vezetőképesége. Kohászati Lapok (Alumínium), 1950. I. 15. oldal.
- (9) *Engerhardt*: Die technische Elektrolyse im Schmelzfluss. 1934. 316. oldal.
- (10) *Domony—Várhelyi*: Hulladékalumínium újfajta eljárással történő tisztítása. Kohászati Lapok, 1951. VIII. 183—192. oldal.

A hulladék-alumínium feldolgozás rövid helyzetképe

A Fémkohászati Szakosztály „Hulladék-alumínium“ munkabizottságának összefoglalója

A Bányászati és Kohászati Egyesület Fémkohászati Szakosztálya az 1950. évben munkabizottságot létesített az országban elfekvő és a szabadban lévő, helytelen tárolás következtében egyre jobban pusztuló, több mint 3000 tonna mennyiséget kitevő alumíniumroncs, hulladék-alumínium és alumíniumforgács jobb és tökéletesebb feldolgozásának megvalósítása érdekében.

A munkabizottság további célkitűzése odaírányult, hogy ötéves tervünk folyamán az egyre növekvő alumíniumiparban állandóan keletkező gyártásközi hulladékok gazdasági és minőségi árut lehetővé tevő feldolgozására korszerű üzem létesítését az illetékes gazdasági tényezők iktassák tervbe. A munkabizottság munkája közben élesen rámutatott arra, hogy az akkori helyzet fenntartása nemcsak az elfekvő hulladékok elpocsékolását, az értékes 3.000 tonna fém elvesztését jelenti, hanem a korszerű hulladék-alumínium-feldolgozó üzem felépítésének elodázása népgazdaságunkat, a legszerűsebb számítások mellett is, évenként 500 tonna fémalumíniummal károsítja, nem beszélve azokról a károkról, amelyeket a korszerűtlen berendezésekben tömbösített hulladékok rossz minősége okoz.

A munkabizottság 1951. április hónapban jelentését elkészítette és a Bányászati és Kohászati Egyesület vezetőségén keresztül az illetékeseknek eljuttatta. A munkabizottság tagjai hivatali és személyes kapcsolataik révén minden alkalmat megragadtak, hogy ezt a népgazdaságilag fontos kérdést napirenden tartsák. A napirendtartásban nem is volt hiba. A munkabizottság statisztikája szerint az Országos Tervhivatal, az akkori időben működő Anyaggazdálkodási Hivatal, a Bánya- és Energiaügyi Minisztérium, a Kohó- és Gépipari Minisztérium külön-külön és együttesen a kérdés megoldása érdekében 38 értekezletet tartott.

Az értekezletek egyhangúan mindig leszeggették, hogy a kb. 1,5—2 millió forint beruházást igénylő hulladék-alumínium feldolgozás kérdését most már igazán sürgősen rendezni kell. A határozatokról jegyzőkönyvek is születtek, az elfekvő — helytelenül tároló hulladék-alumíniumot viszont a gyorsan múló idő egyre fokozottabb mértékben roncsolta, oxidálta.

Amikor a munkabizottság megállapította, hogy műszaki feladata jelentésének beadásával nem fejeződött be, 1952. november havában a kérdést az Egyesületben újból napirendre tűzte. Megerősítette munkabizottságunk jelentésében lerögzített helyes műszaki irányt két tagtársunk külföldi útja alkalmával szerzett tapasztalata is, amelyről az érdekeltek előtt az Egyesületben részletesen beszámoltak.

A vita eredményeként az érdekeltek bevonásával a munkabizottság felterjesztést készített, amelyben élesen rámutatott, hogy a hulladék-alumínium kérdés rendezése további halasztást nem tűr. Kérte a felelős tényezőket, hogy a Rákosi Mátyás Művek korszerűvé kialakítható hulladék-feldolgozó üzemrészének megindításához szükséges 500 000 forint nagyságrendű összeget bocsássa az üzem rendelkezésére, hogy ott első lépésként a korszerű alumíniumforgács feldolgozása megindulhasson.

Felhívta a figyelmet továbbá arra, hogy a Qualital telepén a dolgozók minden megbecsülésreméltó erőfeszítése ellenére a mostoha körülmények miatt csak gyengébb minőségű tömböket tudnak előállítani, mint az az ottani műszaki és fizikai dolgozók szaktudásának megfelelne. A munkabizottság javasolta, hogy a Qualital telepet megfelelő beruházásokkal alakítsák át korszerű hulladékfeldolgozó üzemmé. Erre a lehetőség megvan, mert mindössze egy roncsolvasztó kemence átépítését, egy kb. 2 tonnás pihentető kemence beszerzését, 1 öntőlánc beépítését, tisztán tartható, fedett tárolóhelyet és ehhez kapcsolódó roncsszétzerelő alkalmatosságot kell biztosítani. Ehhez a beruházáshoz szükséges összeget a munkabizottság 1,5—2 millió forintban jelölte meg és az üzem korszerűsítéséhez szükséges első telepítési vázlatrajzokat el is készítette.

A munkabizottság ismételt felterjesztése sem vezetett eredményre; sőt a különböző profilizások miatt az egész kérdés a különböző Minisztériumok ügyintézésének útvesztőjében eltévedt. A munkabizottság ennek ellenére még mindig nem veszítette el kedvét. Időközben a munkabizottság csepei tagjainak aktivitása folytán lehetővé vált, hogy az eredeti elgondolás *első része*, tehát a csepeli Rákosi Mátyás Művekben létesített alumíniumforgács-feldolgozó üzem az 1953. év végén valójában meginduljon.

Ezzel viszont a kérdésnek csak egyik — a könnyebb — része oldódik meg és a munkabizottság ezúttal lapunk hasábjain keresztül szerényen érdeklődik, hogy az évenként állandóan, egyre nagyobb mennyiségben keletkező, hazai alumíniumkészáru gyártásunk fokozódó mértékével arányosan növekvő *alumíniumhulladék mennyiség gazdaságos feldolgozására mikor fog sor kerülni?*

Ugyancsak húzódik az egyre növekvő mennyiségű alumíniumhulladék szakszerű begyűjtését szabályozó rendelkezések kiadása is. A munkabizottság részletes javaslatot erre vonatkozólag is kidolgozott. A rendelkezések elodázása évenként több millió kárt okoz; megvalósításuk pedig gyakorlatilag beruházást nem igényel.

Fémek forrasztása

VARGA ISTVÁN

II. rész

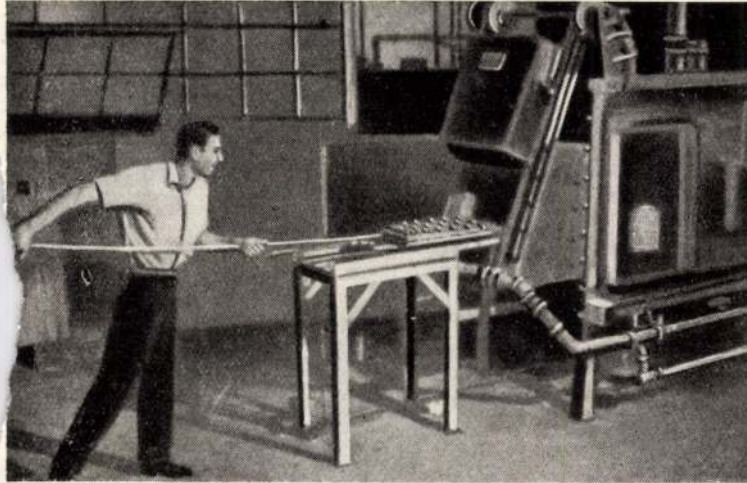
Иштван Варга: ПАЙКА МЕТАЛЛОВ

I. Varga: Das Löten der Metalle

Forrasztás bemelegítéssel. A merítő eljárásnál a forrasztandó anyag egész terjedelmében, felmelegített ömledékbe merítve éri el a forrasztáshoz szükséges

úgy megy végbe, mint az előző sófürdős eljárásnál, avval a különbséggel, hogy a kötendő részeket bemelegítés előtt folyósítóval is kezelni kell.

A merítőforrasztások igen nagy előnye az, hogy bár az anyag egész terjedelmében melegszik fel, az egyenletes felmelegedés folytán a deformáció lehetősége nagymértékben lecsökken, hátrányuk viszont a sókeverék eltávolításának szükségessége.



6. ábra. Forrasztás kemencében

hőfokot. Az ömledék anyaga szerint a merítő eljárás két csoportra osztható:

- a) merítőforrasztás fémfürdőben,
- b) merítőforrasztás sófürdőben.

A fémfürdőben történő forrasztásnál a fürdő anyagául a megömlesztett forrasztóanyag szolgál. A forrasztás az összeállított és elmozdulás ellen megfelelően biztosított kötendő alkatrészek bemelegítésével történik. A kötendő részeken kívüli felületeknek a forrasztóanyaggal történő nedvesítése védőanyagbevonattal küszöbölhető ki. A kötendő részek folyósítóval való kezelése nem szükséges, miután a forrasztóanyagfürdőt folyósítóval fedik le és a bemártott anyag védőréteggel nem borított felületeit, a forrasztóanyagbaérés előtt, a folyósító befedi. A fürdőbe való bemelegítés alkalmával a forrasztandó tárgy felmelegszik és a folyékony forrasztóanyag a kötendő részeket kitölti.

A sófürdőben történő forrasztás ugyancsak két csoportra tagozódik, ahol az egyik eljárásnál a fürdőt a forrasztóanyag olvadáspontjánál 30–60° C-szal nagyobb hőmérsékletre felmelegített folyósító képezi. Itt az összeállított és rögzített anyagok kötéseinek helyére már előre elhelyezendő fólia, vagy huzal a forrasztóanyag. A folyósítófürdőbe való bemártáskor az anyag felveszi a forrasztóanyag megömléséhez szükséges hőfokot, a forrasztóanyag megömlik és a kötendő részeket kitölti. A megömlött folyósítóknak korróziós hatása van mind a forrasztott tárgyra, mind a kádra, amelyben a forrasztás történik. E korróziólehetőségeknek elkerülésére a forrasztott tárgyat forrasztás után igen gondosan meg kell tisztítani a folyósító maradványaitól. A forrasztókádak az élettartam növelése céljából saválló acélból, nikkelből, vagy keramikusan anyagból készülnek.

A sófürdőben történő másik forrasztási eljárásnál a forrasztandó anyag felmelegítésére a hőkezeléshez alkalmazható hasonló sófürdők használatosak. A sókeverék leggyakrabban kálium és báriumkloridból áll. A forrasztóanyag megömléséhez szükséges hőfokot igen pontosan be lehet szabályozni a sókeverék összetételével. A sófürdő az egyes forrasztóanyagok megömléséhez szükséges hőfokot $\pm 5^\circ \text{C}$ pontossággal biztosítja. A forrasztás itt ugyan-

Folyósító anyagok

A folyósító anyagok feladata:

1. mentesítik a forrasztandó felületet az oxidhátrától;
2. megakadályozzák a forrasztóanyag és a forrasztandó felület oxidációját a forrasztás közben;
3. elősegítik a forrasztóanyag szétfolyását a forrasztandó felületen.

A folyósító anyagok két csoportra oszthatók:

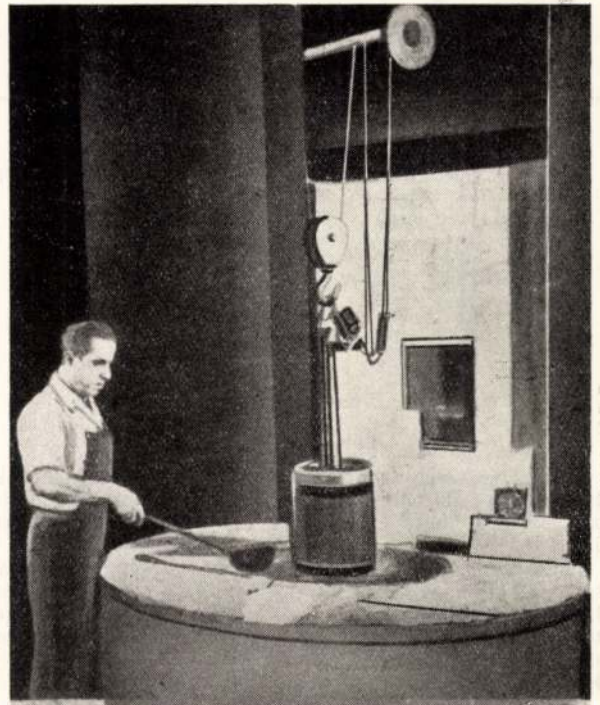
- a) maróhatású folyósítók,
- b) nem maróhatású folyósítók.

A leggyakrabban használt maró folyósító a horganyklorid (ZnCl_2) 300° C feletti forrasztási hőmérsékleteknél. 30%-nál több önt tartalmazó forrasztóanyagoknál — mivel ezek olvadáspontja 300° C alatt van — nem használható.

300° C-nál kisebb olvadáspontú forrasztóanyagok esetében, a horganykloridhoz ammóniumklorid (NH_4Cl) hozzáadásával megfelelő folyósító állítható elő.

Gyakorlati alkalmazásra az alábbi folyósítók váltak be:

- 20% ZnCl_2 , 40% NH_4Cl és 40% H_2O ;
20% ZnCl_2 , 5% NH_4Cl , 74% vazelin és 1% H_2O .



7. ábra. Forrasztás bemelegítéssel

Elektrotechnikában bevált folyósítók:

72% ZnCl₂, 28% NH₄Cl, 5%-os oldat alkoholban.

Nagyobb hőmérsékleteknél történő forrasztásnál igen bevált és leggyakrabban alkalmazott folyósító a borax.

A maróhatású folyósítók használata után a forrasztott kötet és annak környezetét gondosan meg kell tisztítani a folyósító maradványaitól, a további maró hatás meggátolása céljából.

Ahol a folyósító visszamaradt részeit nem lehet kellőképpen eltávolítani, ott nem maró folyósító használata szükséges. Ezeknél a folyósítóknál a gyanta a fő alapanyag; a poralakú gyantát alkoholban, vagy terpentiben feloldva kenőcs (paszta), vagy folyadék formában alkalmazzák. Ahol a gyanta nem elég hatásos, ott előnyösen használható az úgynevezett aktivált gyantás folyósító. Ezeknél a folyósítóknál a gyantához kismennyiségű szerves sav, vagy vegyület hozzáadásával növelhető a folyósító hatása.

Ezeket a folyósítókat felhasználás előtt, kényesebb részek forrasztásánál ajánlatos kipróbálni, mert néhány közülük kissé maró hatású.

A 2. sz. táblázatban a különböző folyósítók tulajdonságait foglaltuk össze.

Folyósítók tulajdonságai és felhasználási területe

2. táblázat

Folyósító	Jellemző tulajdonság	Felhasználás
Gyanta	Nem maró, nem vezető, nem nedvszívó	Elektromosipar
Faggyú, olívaolaj	Igen enyhén maró	Ólom, sárgaréz, réz, ónozott felületek forrasztásához
Sztearinsav	Enyhén maró, igen enyhén vezető	Elektromosipar
Anilinfoszfát vagy anilinklorid	Enyhén maró, igen enyhén vezető	Elektromosipar
Tejsav, foszforsav, faggyúval, gyantával stb. keverve	Enyhén maró, kissé vezető	Elektromosipar
Horganyklorid	Maró	Acél, réz, sárgaréz, bronz forraszt.
ZnCl ₂ + HCl	Maró	Rozsdamentes acél, nikkel, monel
ZnCl ₂ + HF	Maró	Alumínium és bronz
Bórax	Maró	Acél, réz, sárgaréz, nikkel
Orthofoszforsav	Maró	Nagyszilárdságú mangánbronz
ZnCl ₂ + NH ₄ Cl	Maró	Vas, horgany, réz, sárgaréz, bronz

Ezüst forrasztó-ötvözetek

3. táblázat

Ö s s z e t é t e l				Szolidusz C°	Likvidusz C°	Forrasztási hőfok C°	Szín
Ag %	Cu %	Zn %	Egyéb %				
44	16	15	Cd, 25	605	620	620—760	sárga
34	25	13	Cd, 18	605	700	700—845	„
50	15	17	Cd, 15 Ni, 3	650	690	690—815	„
40	30	28	Ni, 2	670	780	780—900	„
45	30	25	—	675	745	745—870	sárgás
50	34	16	—	690	775	775—870	„
55	22	18	Sn, 5	620	650	650—760	fehér
71,5	28,5	—	—	779,4	779,4	780—890	„
65	19	16	—	690	720	720—815	„
70	19	11	—	725	755	755—870	„
75	22	3	—	740	790	790—900	„

Forrasztóanyagok

A forrasztóanyag ötvözeteket, mint azt az előzőekben említettük, olvadáspontjuk szerint két csoportba sorolhatjuk, lágy és kemény forrasztóanyagok csoportjába.

A kemény forrasztóanyagok között a leggyakrabban használt forrasztóanyag csoportok: a) ezüst-, b) rézbázisú forrasztóanyagok. Ezenkívül számos különleges tulajdonságú forrasztóanyag összetétel is használatos, mint pl. a hőálló anyagok forrasztásánál, valamint a könnyűfémek forrasztásánál használatosak.

használatos ezüst forrasztóanyag ötvözeteket a 3. táblázatban szemléltetjük.

A forrasztóanyagok színe az ezüsttartalomtól függően, a sárgás sárgarézhez hasonló szintől, a halványrózsaszínen keresztül, az ezüstfehérig változik. Elektromos vezetőképesség szempontjából a legjobb a csak ezüstöt és rézet tartalmazó forrasztóanyag, minden más ötvöző hozzáadása a vezetőképesség csökkenését idézi elő.

(Folytatjuk.)

A L U M Í N I U M

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója

Megjelenik: 180° pld-ban. — Szerkesztőség: VI. Rudas László-u. 45. — Telefon: 129-699.

21545/LD02 - Révai-nyomda Budapest V. Vadász-utca 16 (Felelős vezető: Nyáry Dezso)

ALUMINIUM

AZ ORSZÁGOS MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET
FÉMKOHÁSZATI SZAKOSZTÁLYA ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

65. szám.

Könnyűfémek és könnyűfémhulladékok feldolgozásánál keletkező sómaradványok és vakarékok értékesítése*

DOMONY ANDRÁS műsz. tud. kand.

65. szám.

Az alumínium-félgártmányoknak és öntvényeknek készárúvá történő feldolgozásakor jelentékeny mennyiségű forgács és könnyűfémhulladék keletkezik. Évi 10 000 tonna tömbalumínium feldolgozása esetén kb. 420 t forgács és könnyűhulladék keletkezésével kell számolni.¹ Az alumínium- és újrafeldolgozása és a fém regenerálása elsősorban csak forgódobos kemencékben, sóalatt történhetik.² A forgácsfeldolgozás nagy mennyiségű só igényel. Az olvasztások után hátrahagyott só viszont még igen jelentékeny mennyiségű fémot tartalmaz. Tekintélyes mennyiségű fém megy továbbá veszendőbe a tuskó és a tuskóöntvény alumíniumolvadáskor csapolása alkalmával keletkező vakarékokkal és elhasznált tisztítómaradványokkal is. A tisztítómaradványok a fémzárványokon kívül még egyéb értékes alkatrészeket — különösen fluort — is tartalmaznak. Indokolt volt tehát megvizsgálni, hogy az alumínium és hulladékainak olvasztásakor keletkező maradványok feldolgozása milyen mértékben kifizetődő művelet és melyek azok az eljárások, amelyeknek segítségével egyszerű eszközökkel, kis beruházási költségekkel a legököltebb és leggazdaságosabb regenerálást el lehet végezni.

Az alumíniumöntvényekben évről-évre egyre nagyobb mennyiségben gyűlnek össze a különböző összetételű salakok és vakarékok, valamint a forgács feldolgozásánál elhasznált sókúpok. A szabadban tároló hulladékokban lévő fémalumínium viszont a nedvesség, illetve levegő hatására oxidálódik; a nedves tisztítómaradványok a fémrészeket oldják. Ennélfogva a salak és vaka-

rék kezdetbeni jelentékeny fémtartalma idővel értéktelen, szennyezett alumíniumoxidá (hidroxidá), illetve alumíniumsóvá alakul át. 10 000 tonna tömbalumínium feldolgozása esetén a tuskó- és formaöntvényekben keletkező vakarék és salak mennyisége 200—300 tonnára; a 420 tonna forgács és könnyűhulladék feldolgozásánál visszamaradó sókúp és vakarék mennyisége pedig 100—120 tonnára becsülhető.

Annak megállapítása érdekében, hogy az előbb megadott hulladékanyagokkal milyen mennyiségű értékes alkatrész megy veszendőbe, három jellegzetes hulladékanyagmintát vizsgáltunk meg és kísérleteket végeztünk a regenerálás leggazdaságosabb technológiájára is.

A hulladékmintát a Rákosi Mátyás Fémműjének vezetősége 100—100 kg-os tételekben bocsátotta rendelkezésünkre. A megvizsgált három minta a következő volt:

1. Tömböntödei vakarék, megközelítő összes fémtartalom 55%.
2. Forgácsöntödei vakarék, megközelítő összes fémtartalom 70%.
3. Forgácsfeldolgozó forgókemencéből származó sókúp.

Megjegyzendő, hogy a fenti anyagok rendkívül inhomogenitása miatt (nagyobb fémleplenyek és fémfröccsenések stb. következtében) átlagmintát venni igen nehéz és ezért a vizsgálati eredményeket csak tájékoztató jellegűnek lehet tekinteni.

Hulladékanyagokban lévő fémmennyiség megállapítása

Az 1. és 2. sómintákat a Rákosi Mátyás Művek salak feldolgozására alkalmas, belső szitával ellátott golyósmalomban 1—2 mm finomságúra megőrölték. A golyósmalomban csak a sóvakarék

¹ Az alumíniumkészítési előállításánál keletkező hulladékokra vonatkozó részletes becslést lásd Domony: „Alumíniumhulladékok feldolgozása“ 1951. (7—10. oldal) és Wegner: Kreislauf und Rücklauf des Aluminiums. Metall, 1951. dec. 564—565. (A két egymástól független becslés számai nagyságrendileg megegyeznek.)

² Alumíniumforgács részletes feldolgozását lásd Domony: „Alumíniumhulladékok feldolgozása“. Alumínium, 1951. 48—56. o.

* Érkezett 1953. VIII. 25-én.

örlődik meg; a nagyobb darabokban lévő fém a golyósmalom szitaterében gyűlik össze.

A forgókemence sókúpját a Rákosi Mátyás Művek kalapáccsal kb. diónagyságúra törték. Ennél a hulladékanyagfajtnál ugyanis a sóban csak nagyobb fémlépevények voltak találhatóak, kisebb elszórt fémgolyók, mint az 1. és 2. mintánál, nem fordultak elő.

A Rákosi Mátyás Művekben történt őrlés fémkihozata a feldolgozásra került hulladékanyag súlyszázalékára számítva:

tömböntödei vakarék fémkihozatala	48%
formaöntödei vakarék fémkihozatala	60%

Sókemence sókapujánál fémkihozatalt megállapítani nem lehet, mert a só gyakorlatilag fémet nem inkludált.

A Rákosi Mátyás Művek által ilyként nagyjából fémtelenített és feldolgozott hulladékanyagot laboratóriumunkban tovább aprítottuk annak érdekében, hogy megállapítható legyen a finomabb darabolásnak a fémkihozatalra gyakorolt hatása.

A laboratóriumi darabolás kis golyósmalomban történt és az egyes finomságú frakciót szita-sorozattal választottuk el egymástól.

A laboratóriumi őrlés és szitaosztályozás eredménye a következő volt:

Tömböntödei vakarék

Szitaosztályozás DIN szitasorozat	%	Alumíniumfém- tartalom	Egész sómen- nyiségre szá- mítva Al%
— 16	27,4	6,4	1,7
— 16 + 40	25,3	—	—
— 40 + 60	24,1	—	—
— 60 + 80	17,6	16,0	2,8
— 80	5,6	—	—

Formaöntödei vakarék

Szitaosztályozás DIN szitasorozat	%	Alumíniumfém- tartalom	Egész sómen- nyiségre szá- mítva Al%
+ 16	9,0	5,0	6,2
— 16 + 30	33,2	—	—
— 30 + 60	20,0	—	—
— 60 + 80	19,0	—	—
— 80 + 100	12,0	14,3	3,3
— 100	6,0	—	—

A sókemence kúpjából összesen 3—5% közötti fémmennyiséget lehetett kitermelni, úgy hogy ennek a sónak fémgenerálásra való feldolgozása nem jön számításba.

Az előbbi két sorozatnak szitaosztályozása azt bizonyítja, hogy hulladékanyagot DIN 4—16 szitánál finomabbra nem érdemes őrlni, mert a regenerálható fém legnagyobb része így is elválasztható; a finomabb őrlésbe még inkludált kismennyiségű alumíniumgömbök pedig annyira oxidosak és olyan kismennyiségűek, hogy feldolgozásuk nem gazdaságos.

A kísérletek alapján megállapítható, hogy a tömb- és formaöntödekből eredő vakarékokban lévő fém feldolgozása a leggazdaságosabban úgy történhet, ha a hulladékanyagokat golyósmalomban kb. 1 mm finomságúra őrlik, az ily módon elkülönített fémet pedig annak oxidált és nagy felülete miatt sótakaró alatt forgódobos forgácsfeldolgozó kemencében dolgozzák fel. Ezáltal az évi 200—300 t vakarékanyagban lévő 120—180 t fémből (átlagosan 60%-os fémtartalommal számítva (94—142 t fém regenerálható (14—20 t fém a sóban marad vissza, 12—18 t pedig a káló, a regenerált fém újraolvasztásánál).

Sóregenerálás

A fém eltávolítása után megvizsgáltuk az egyes hulladékanyagok fluortartalmát.

1. táblázat

Hulladéksók F-tartalma

	Vizben nem oldódó rész fluor %	Vizben oldódó rész súlyszáza- léka az egész só mennyiségre vonatkoztatva	Egész hulladéksó fluor %
Tömböntödei vakarék ...	0,5—0,6	20%	0,26
Formaöntödei vakarék ...	14,0—16,0	50%	7,5
Sókúp	—	75%	0,1

A hulladékanyagok vízoldható része alumínium- és vassókkal szennyezett nátriumklorid és káliumklorid keverékből áll. A vízoldható rész tartalma 0,1% F-nél kevesebb. Ennek az anyagnak regenerálása csak az esetben jöhet szóba, ha az egyes üzemi adottságok (igen olcsó gőz- és vízellátás, lúgzó-, szűrő- és bepárlóberendezések rendelkezésre állása) lehetővé teszik a vízoldható kloridoknak oldás, szűrés, bepárlás és kristályosítás útján történő tisztítását és újrafeldolgozását.

A vízben oldhatatlan részek közül csak a formaöntödei vakarékok fluortartalma olyan jelentékeny — a fluortartalmú tisztítószerek miatt —, hogy fluorregenerálás szempontjából szóba jöhet. A vízben oldhatatlan nátrium és alumínium-fluorid nagymennyiségű alumíniumoxiddal, kevesebb szilícium- és vasoxiddal szennyezett. A fluor értékesítésére legalkalmasabbnak látszik, ha az alumíniumöntödekből golyósmalomban őrölt és alumíniumfémtől nagyjából mentesített hulladéksót (vizben oldódó és vízoldhatatlan részt együtt (fluor feldolgozására berendezett vegyi üzemnek átadják).³ Így 10 000 tonna tömbalumínium feldolgozása esetén 7—10 t fluor lenne regenerálható és újabb alumíniumfedő, illetve tisztítósző gyártására felhasználható. Ez a regenerált fluormennyiség 10 000 tonnás alumínium készáru iparhoz szük-

³ A fluorregenerálás különböző eljárásainak leírását lásd: Balla: Hazai fluorgazdálkodásunk időszerű kérdései. Magyar Kémikusok Lapja, 1952. április, 97—107. o.

séges alumíniumfedő- és tisztító mennyiségének kb. 60—65%-át fedezné.

Összefoglalva az alumíniumöntvényekben keletkezett hulladék regenerálás lehetőségeit, megállapítható, hogy gazdaságosnak csak a golyósmalomban történő őrlés és az őrleményből a fémalumíniumnak szitálás útján való elkülönítése látszik. Az őrlött sók további feldolgozása csak akkor jöhet szóba, ha az anyagok fluortartalma ezt indokoltá teszi. A kloridok regenerálása nem tekinthető kifizetődőnek.

A hulladéksóknak golyósmalomban történő feldolgozása viszont olyan művelet, amelyet célszerű a frissen keletkezett sókkal és vakarékokkal elvégezni. Állás és raktározás közben ugyanis a hulladékanyagoknak átlagos 50—60%-os fémtartalma oxidálódik, oldódik, azaz tönkremegy, ami évi 100 t nagyságrendű fémvesztést okozhat. Megfelelő golyósmalomnak a legnagyobb alumíniumfeldolgozó üzemekbe való felállításával ez a fémvesztés kiküszöbölhető.

Magnézium öntvények kikészítése*

EMÖD GYULA

Эмёд Дюла:

ОБРОБОТКА МАГНИЕВЫХ ОТЛИВОК

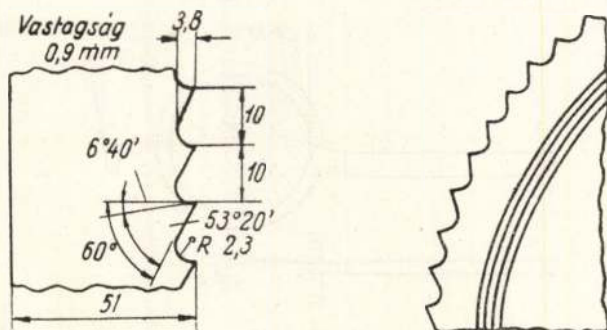
Gyula Emőd Finishing of Magnesium Castings.

Öntés után az öntvényről a tápfejeket és a beömlőcsatornákat el kell távolítani. Ezenkívül az öntvényre esetleg formahomok, vagy más szennyeződés tapadhat rá. Az öntvényt beépítés előtt forgácsolással alakítani kell. Éppen ezért megkülönböztetünk öntvénytisztítást és megmunkálást.

1. Öntvénytisztítás

Az öntőfejek eltávolítására fűrészt, vagy pneumatikus vésőt használnak. Újabban a tápfejeket leválasztó maggal készítik és így a tápfej eltávolítása letöréssel történik.

Ha fűrésszel dolgozunk, akkor szem előtt kell tartanunk, hogy a magnéziumhoz különlegesen kiképzett, ritkafogú fűrészt használunk. A fűrészt lehet szalag- vagy körfűrész. A szalagfűrész méretezése és a fogak kiképzése az 1. ábrán látható.



1. ábra

2. ábra

Körfűrész mutatunk be a 2. ábrán.

	Mg	Mg ötv.	Szerszám anyaga
Vágósebesség m/perc	2,500	1500	Szerszámacél
	2,500	1500	Widia
	4,000	3000	Szerszámacél

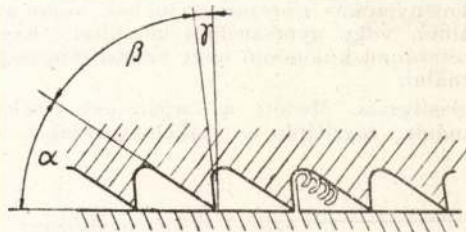
Előtolás: szalagfűrésznel 200—550 mm/perc, körfűrésznel 0,1—0,8 mm/ford.

A szalagfűrészlap szélessége 40—60 mm, a vastagsága pedig 0,8—1,2 mm. A fogakat kissé kihajlítják, hogy a vágási szélesség 1,5—2 mm legyen.

* Érkezett 1953. IV. 23-án.

A kisebb egyenetlenségek eltávolítására reszelőt használnak. A közönséges reszelő nem alkalmas magnézium reszelésére, mert a fogak gyorsan eltömődnek.

A fogak kiképzésénél lényeges, hogy a fogmell jól alámart legyen. Széles, nyitott forgácstér kell, erősen legömbölyített alappal. A vágószögnek kisebbnek, a mellszögnek nagyobbak kell lennie, mint a közönséges reszelőknél.



3. ábra.

Az α szög	35—40°
β mellszög	40—50°
γ vágószög	5—15°

A felületi szennyeződések eltávolítására és felület csinosítására homoksugárral szokás lefúvatni az öntvény felületét. A homoksugárral történő lefúvatás az öntvény minőségének ellenőrzésére is alkalmas módszer, mert a sugár hatására a hibák, mint hidegfolyás, oxidhártya és pórusok, előjönnek.

Homoksugárral kell kezelni az öntvény felületét akkor is, ha a kész öntvényt be akarjuk festeni.

A homoksugár fúvására ugyanolyan berendezések szolgálnak, mint más fémekhez. Itt azonban a levegő nyomására és a homok szemcse nagyságára különös gondot kell fordítani. Táblázatban adjuk a homokfúvásnál figyelembeveendő adatokat.

	Durva fúvás	Simitó fúvás
Levegőnyomás kg/cm ²	4—6	4—5
Szemcseátmérő mm	4—2	1—0,7
Fúvóka távolsága a darab-tól mm	300—500	200—300
Fúvóka \varnothing mm	9—12	6—9

Az öntvény felületére esetleg rátapadt homok, vagy oxidhártya eltávolításához tiszta kvarchomokot használnak 1—0,7 mm szem nagyságban. Az üzemi nyomás 3,5—4,5 kg/cm², a fúvóka \varnothing 6—9 mm. Ha a felület épségére vigyáznunk kell, akkor kvarchomok helyett ólomsöréteget használunk. A sörét legnagyobb átmérője 1,5 mm, az üzemi nyomás pedig 4,5 kg/cm². Ha a felület méretpontosságát tartani akarjuk és csupán a vékony felületi oxidréteget akarjuk eltávolítani, akkor 5 kg/cm² nyomás mellett rizs-, vagy hántolt gabonahéjat fúvatunk a felületre.

2. Öntvény megmunkálás

A különböző fémekhez használatos szerszámokat és gépeket magnézium megmunkálására is használhatjuk. Gazdaságossági szempontból ajánlatos azonban bizonyos tekintetben más kiképzésű szerszámok használata. Magnézium forgácsoló szerszámok kikészítésénél szem előtt kell tartanunk a következőket:

1. A magnéziumnak nagyon kicsi a vágással szembeni ellenállása.

2. Kicsi a hőkapacitása.

3. Forgácsolásnál nagymennyiségű forgács keletkezik.

A könnyű vágás következtében nagy sebességgel és nagy előretolással lehet dolgozni. Ehhez viszont szükséges, hogy a forgácsot gyorsan el tudjuk távolítani, mert különben akadályozná a munkát és a súrlódás következtében a magnéziumban olyan hőmennyiség halmozódna fel, hogy annak hőmérséklete elérné a gyúlési határt.

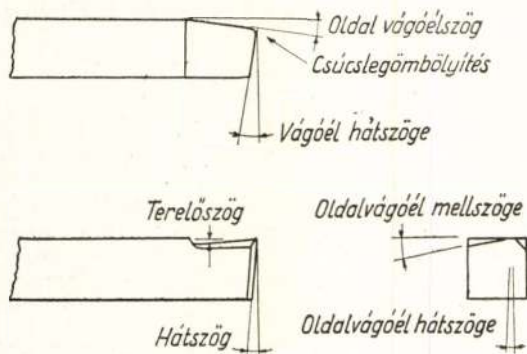
A Mg, illetve ötvözeteinek megmunkálásánál 15 cm^3 fém eltávolításához $0,15-0,3 \text{ Le/perc}$ szükséges.

A szerszám mindig éles és sima legyen, tágas forgácskivezető járatai legyenek és marógépen kevés késsel dolgozzunk.

A szerszám köszörülésekor a vágóél a lehető legélesebb és legsimább legyen. Az élen köszörűkő okozta karcolások, vagy kis csorbulások ne legyenek. A kés ott is legyen teljesen sima, ahol a forgáccsal érintkezik, hogy a forgács elvezetése akadálytalan legyen. Előzőleg más fémekhez használt szerszámokat feltétlenül újra kell köszörülni, hogy a megfelelő simaságot elérjük.

A keménylapkás szerszámok jobbak, mint a nagy széntartalmú, vagy gyorsacélból készültek. Keménylapkás szerszámot különösen nagy vágási sebességeknél kell használni.

Esztergályozás. Mielőtt a forgácsolás részleteivel foglalkoznánk, rögzítjük a szakelnevezéseket (l. 4. ábrát).



4. ábra

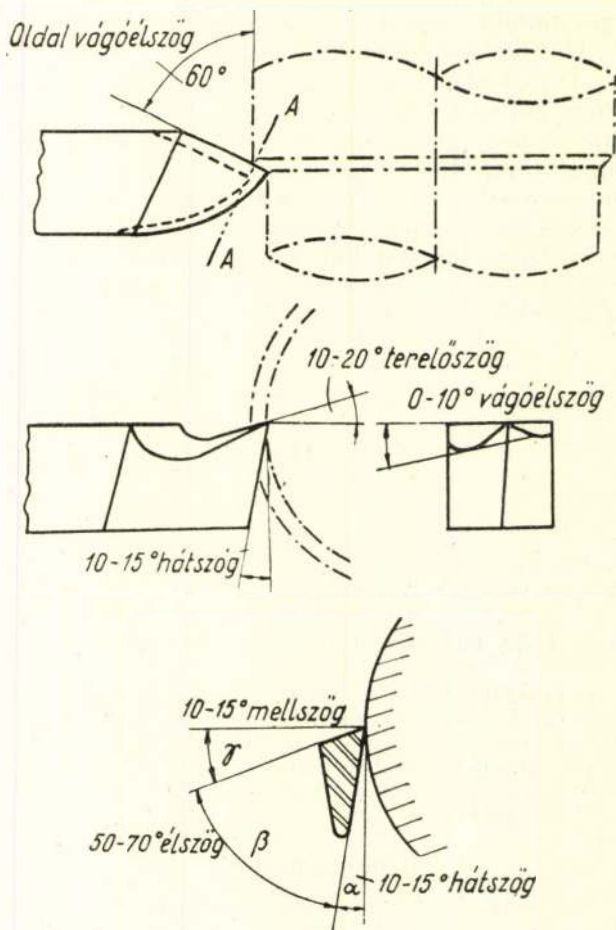
A 4. ábrán feltüntetett elnevezések szerint az esztergályozáshoz a következő szerszámalkakítást kell szem előtt tartanunk:

Nagyoló forgácsoláshoz $10-15^\circ$ -os hátszöget és $15-20^\circ$ -os terelőszöget képezünk ki. Nagyobb terelőszögnél gyakran előfordul, hogy a kés előretoláskor beleszalad a munkadarabba. Ha terelőszöget nem képezünk ki, akkor a kés tördeli a forgácsot és így a forgács-felkunkorodást megakadályozza. Ilyen kiképzéssel azonban nem használnak esztergakést, mert a megmunkált felület nem elég sima és forgácsolásnál nagyobb az erőszükséglet.

A vágóél szöge $0-10^\circ$ között változik (l. 5. ábrát).

A simítószerszám a durva előnagyolótól abban különbözik, hogy hegye gömbölyűorrú és így simább, egyenletesebb a megmunkált felület.

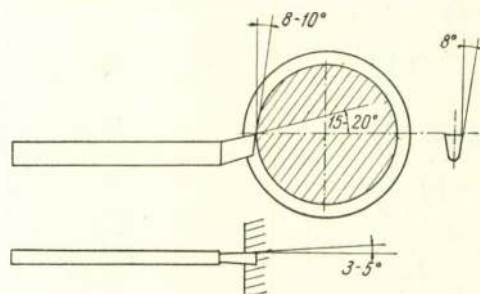
Az *alakvágó* szerszámokat (alakmarók) széles marásokhoz vagy különleges alakú profilokhoz ugyanazon elv szerint képezzük ki, mint az esztergakéseket. Egyetlen eltérés csupán, hogy a terelőszög $3-8^\circ$ lehet, amivel a szerszám rezgése csökkenthető (l. 6. ábrát).



5. ábra

A 6. ábrán leszúrókés vázlatát adjuk. A nagy hátszög azért előnyös, mert ezzel csökken a súrlódás és kevesebb a szerszámtörés.

Az 1. táblázatban adjuk az esztergályozási sebességeket, előtolásokat és vágási mélységeket.



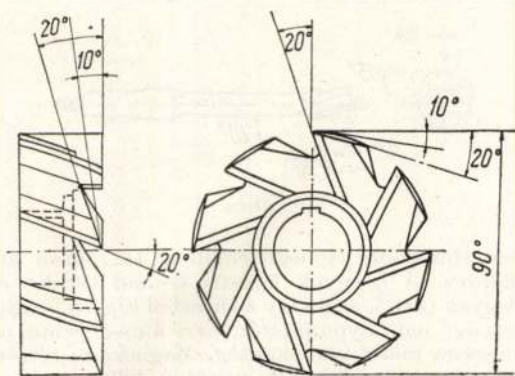
6. ábra

1. táblázat

Művelet	Sebesség m/p	Előtolás mm/perc	Legnagyobb vágási mélység mm
Nagyolás	90—180	0,77—2,56	12,8
	180—300	0,50—2,05	10,2
	300—450	0,25—1,54	7,7
	450—600	0,25—1,02	5,1
	600—1500	0,25—0,77	3,8
Simítás	90—180	0,13—0,64	2,56
	180—300	0,13—0,51	2,05
	300—450	0,07—0,38	1,28
	450—600	0,07—0,38	1,28
	600—1500	0,07—0,38	1,28

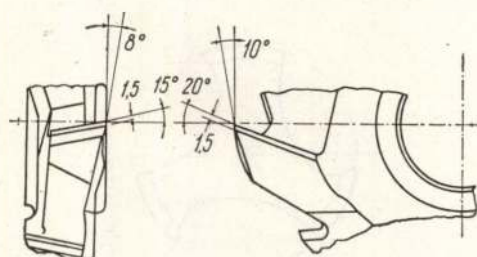
Gyaluláshoz elvben ugyanolyan vágóélkiképzés szükséges, mint az esztergakésekhez.

Marás. A magnézium marószerszámoknak nem kell annyira simáknak lenniök, mint az eszterga-, vagy gyalukéseknek. Kevesebb foguk legyen, mint a más fémekhez használatos maróknak. A magnéziumnál használatos marók fogszáma fele, vagy legfeljebb $\frac{2}{3}$ -a a más fémekhez használatos marók fogszámának. A forgács jó elvezetésére nagyobb forgácsteret kell kiképezni. Így nagyobb sebességet használhatunk és kisebb hajtóerőre van szükség, a megmunkált felület pedig simább. A marószerszám hátszöge 10° , 1,5 mm széles a szerzsám éle és 20° a másodlagos hátszög (l. 7. ábrát).



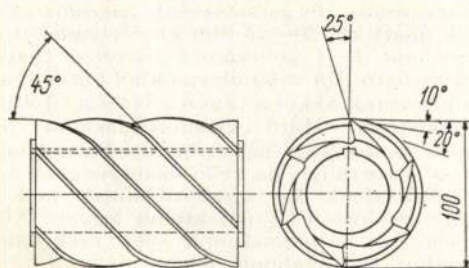
7. ábra

A 7. ábrán homlokfogazású tárcsamarót mutatunk be, a 8. ábrán pedig egy résmaró látható, amely utóbbi-



8. ábra

nak átmérője 150 mm és 12 foga van. A csavarvonal emelkedési szöge 15° , a homlokszög 20° és a hátszög az oldalakon 8° . Egyszerű maróknál (l. 9. ábrát) 25° -os

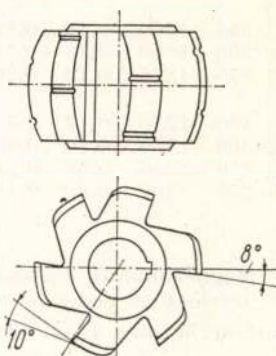


9. ábra

homlokszöget és 45° -os csavarvonal emelkedési szöget ajánlanak. Alakmaróknál (l. 10. ábrát) a homlokszög $5-8^\circ$, mert a nagy homlokszög rezgést okozhat.

Ákésesmarókkal olesőbbak, mint a nagyatmérőlű tömör marók és egyúttal nagyobb a forgácsterük is (l. 11. ábrát). Ezeket a marókat nagy kerületi sebességekhez használják.

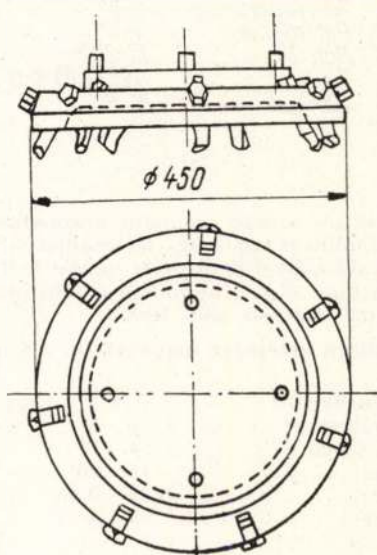
A 11. és 12. ábrán 450 mm átmérőjű többkésű marót szemléltetünk. Ezeknél a maróknál a forgácsolási sebesség 2100—2400 m/perc. Itt kevés a vágóél, nagy forgácster van, a vágóél ívelt és fényesített, hátszöge



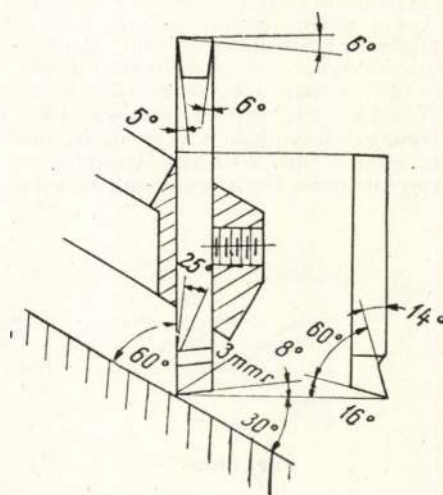
10. ábra

pedig 16° . Ezek a körülmények elősegítik a forgács akadálytalan folyását, csökkentik a súrlódást és így nagyobb a fogak élettartama.

Magnézium és ötvözeteinek marásához ajánlatos sebességek, előtolás és vágási mélységek a 2. táblázatban találhatóak.



11. ábra

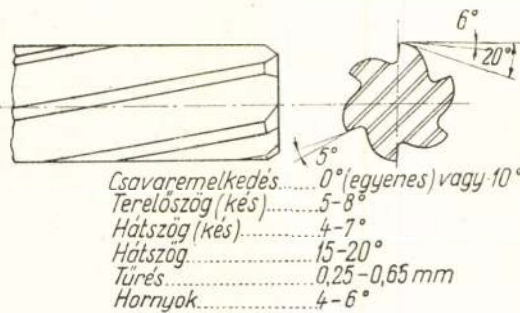


12. ábra

2. táblázat

Művelet	Sebesség	Előtolás		Vágási mélység mm
		mm/p	mm/fog	
Nagyolás	270-ig	250—1250	0,13—0,51	12,6
	270—450	250—1600	0,13—0,51	9,6
	450—900	375—1875	0,13—0,26	5,12
Simítás	270-ig	250—1250	0,13—0,38	1,9
	300—900	250—1750	0,10—0,20	0,13—1,3
	900—1500	250—2250	0,08—0,15	0,07—0,8
	1500—2700	250—300	0,05—0,15	0,07—0,8

Lyuktágítás. Magnéziumhoz használatos dörzsár hátszöge 15—20°, terelőszöge pedig 5—8°. Ajánlatos dörzsár látható a 13. ábrán.



- Csavaremelkedés..... 0° (egyenes) vagy 10°
- Terelőszög (kés)..... 5-8°
- Hátszög (kés)..... 4-7°
- Hátszög..... 15-20°
- Tűrés..... 0,25-0,65 mm
- Hornyok..... 4-6°

13. ábra

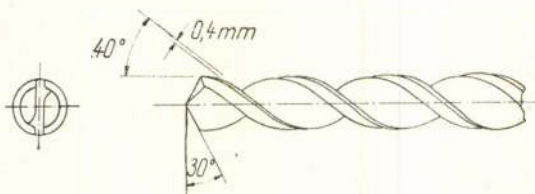
A különleges acél és gyémánt koronafúró szerszámok magnéziumra is ugyanúgy használhatók, mint más fémekhez. A dörzsárral határozott vágást kell készíteni, legalább 6,5 mm Ø-jűt, különben a fém összenyomódik és a lyuk méretén aluli lesz.

A 13. ábrán kiképzett maró adatai a következők:

- Csavaremelkedés 0°, vagy 10°
- Kés terelőszöge 5—8°
- Kés hátszöge 4—7°
- Hátszög 15—20°
- Tűrés 0,25—0,65 mm
- Hornyok 4—6°

Magnézium fúrásához alkalmas csigafúrók megválasztásánál a lyuk mélységét kell szem előtt tartanunk. Mély lyukak fúrásához a csavar emelkedési szöge 40°, a hornyokat simára fényesítik, hogy ezzel a forgács szabad kifolyása biztosítható legyen. A hátszög legalább kétszer akkora, mint a szabványfúróké. A fúró hegye 110—120°, a vágóél hátszöge 15°. Az ilyen fúró kiemelése fúrás közben teljesen szükségtelen, mert a forgácsot önmaga eltávolítja, kivéve ha a furat mélysége kisebb, mint a fúró 20-szoros átmérője.

Helyesen kiképzett fúrót mutatunk be a 14. ábrán.

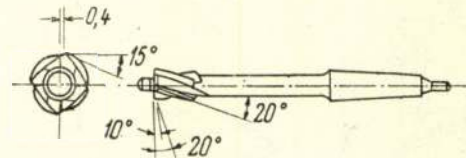


14. ábra

Magnézium fúrásához használatos sebességek és előtolások:

Fúró Ø mm	Sebesség m/perc	Előtclás mm	Vágási mélység mm/ford.	
			rövid furat	mély furat
6,4	90—600	0,13—0,8	0,1—0,8	0,1—0,2
12,8	90—600	0,25—0,8	0,4—1	0,03—p,50
25,6	90—600	0,25—0,8	0,5—1,3	0,04—0,8

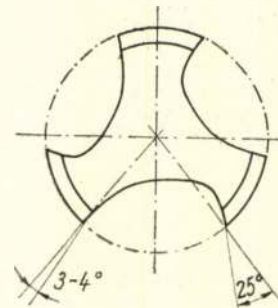
A fúró átmérőjének kb. ötszörös mélységéig szabványos fúrókkal lehet fúrni. Ajánlatos azonban, hogy a hornyokat fényesítsük. Süllyesztő fúráshoz ajánlható a 15. ábrán megadott kiképzésű fúró.



15. ábra

Menetfúráshoz legmegfelelőbb a 16. ábrán adott fúrókiképzés. A hornyok közötti szabad terület éles szögű legyen (3-4°), mert így a furatból kijövő forgácsot a menetvágó nem nyomja szét. Erre a magnézium nagy rugalmassága miatt van szükség. Magnézium részére a menetvágókat nem készítik méreten felül.

Kenő- és hűtőfolyadékok. A magnézium forgácsoláshoz használt kenő-, hűtőfolyadékok főleg hűtési célt szolgálnak. A magnézium vágásakor kisebb hő fejlődik, mint más fémeknél, azonban a nagy vágási sebességek, a nagy hőtágulás és a magnézium kis hőkapacitása miatt a vágáskor keletkező hőt el kell oszlatnunk. A forgácsolásnál keletkezett hőt a szerszám helyes



16. ábra

kiképzésével csökkenteni lehet, de a nagymennyiségű hő teljes elvezetése csakis hűtőfolyadékokkal lehetséges.

A magnézium forgácsolásánál használatos nagy sebességek miatt kb. 20—25 liter hűtőfolyadékot vezetnek percenként 1—1 szerszámmra. Ezzel a tűzveszély teljesen kizárható. Ha valamilyen okból hűtőfolyadékot nem használhatunk, akkor a vágási sebességet 150 m/perc kell csökkenteni. Hűtő kenőfolyadékként bármilyen olajos kenőanyag használható. Bármilyen olaj csökkenti a tűzveszélyt, ha kellő mennyiségben adagoljuk. A hűtőolajnak kis viszkozitásúnak kell lenni. Szabad savtartalma 0,2%-nál kisebb legyen. Növényi és állati olajokat ne használjunk, mert ezek oxidálódnak és ezáltal savtartalmuk megnő.

Vízben oldódó olajok, vagy bármiféle vizes hűtőanyag magnézium forgácsolásánál nem használható, mert a víz az esetleg keletkezett tüzet csak táplálja.

A forgácsolásnál gyakran tapasztalható, hogy forgácsolás közben az öntvény deformálódik. Ennek oka a következő lehet:

1. A súrlódási hő helyileg melegíti fel a darabot és a magnézium nagykiterjedésű együttthatója következtében a darab megvetemedik. Nagy súrlódási hő fejlődhet életlen, vagy meg nem felelő szerszámoktól, kis előtolások és kis vágási sebességek következtében.

2. Helytelen befogás következtében a darab szintén deformálódhat, ha a befogás nyomása és a befogási távolság túlnagy. Kis darabok a szerszám alatt is deformálódhatnak.

3. Öntési vagy hőkezelési feszültségek következtében a magnézium ötvözetek forgácsolás közben elhúzódnak. Ezért szükséges a forgácsolás előtti feszültségmentesítő hőkezelés. Ha ilyen hőkezelés nem használható, akkor nagyoló vágással segíthetünk.

Csiszolás. Magnézium és ötvözetének finom csiszolására rendszeren nincsen szükség, mert már forgácsolással is sima felületet kapunk. Durva csiszolást kókillaöntvények felülettisztításához használnak. Az ilyen csiszolókorongok szemcséi durvák és a korongok lazakötésűek. A szemcsenagyság 20–40-es legyen durva csiszoláshoz, simításhoz pedig 40–80-as szemcsenagyságú korongokat használjunk. Jól használhatók a keramikus vagy gyantáskötésű szilíciumkarbid, vagy műkorund korongok. Ugyanezen anyagból csiszolóváznak is készíthetők magnéziumhoz.

Ha magnéziumot nedvesen kellene csiszolni, akkor a port különös gonddal kell elvezetni. Hűtőfolyadék lehet víz, oldható olajok, vagy ásványi olajok.

Magnéziumot szárazon tárcsával csiszolnak, a port itt is gondosan kell elvezetni és központi helyen gyűjteni.

Magnézium csiszolásához csak korongokat, vagy tárcsákat használjunk.

Fényesítésre üvegpapírt, műkorund-, vagy szilíciumkarbidos posztót használnak különböző finomságban. Csiszolópapír szikrázást okozhat, azért ennek használatát kerüljük. Fényes felületet kapunk akkor is, ha vazelinnel vagy más hasonló zsíradékkal, avagy világos lakkal vonjuk be a megmunkált felületet. A fényesített felületek védőbevonat nélkül elhomályosodnak.

IRODALOM

- K. I. Portnoj és A. A. Lebegyev: Magnijevije szplávi. Moszkva, 1952.
 V. V. Krimov és G. Sz. Viskvarko: Faszonnoje lityo iz magnijevijih szplavov. Oborongiz, 1952.
 Emőd Gy. és Jakóby L.: Könnyűfémek kovácsolása. Budapest, Nehézipari Könyvtadó, 1951.
 H. Menking: Machining of Magnesium and Magnesiumalloys. Metals Handbook, 1948.
 A. Beck: Magnesium und seine Legierungen, 1939, Berlin.
 VDI: Werkstoff Magnesium, 1939.

Fémek forrasztása

VARGA ISTVÁN

III. RÉSZ

Az ezüst forrasztóötvözetek szakítószilárdsága 35–42 kg/mm² között változik, a hőmérséklet növekedésével csökken és 300° C-nál kb. fele a szobahőmérsékleten mért szakítószilárdságnak.

Réz és rézötvözet forrasztóanyagok. Ebbe a csoportba tartozó forrasztóanyagok olvadáspontja 700–1100° C között változik. Használhatóságuk megegyezik az ezüstbázisú forrasztóanyagokéval. Nyírósilárdságuk kisebb, 14–21 kg/mm² között van.

A tiszta réz könnyen folyó, jól alakítható, tartós kötést biztosít és viszonylag nagy hőmérsékleteknek is ellenáll. Kis széntartalmú acélok forrasztása redukáló atmoszférájú kemencében folyósító használata nélkül végezhető. A tiszta réz forrasztóanyagokat szalag-, lemez-, fólia- és huzalformában állítják elő.

Réz-horgany típusú forrasztóanyagok gyakran kismennyiségű ónt és nikkelt is tartalmaznak. A 40% körüli horganyt tartalmazó forrasztóanyag ötvözetek jól alakíthatók és erős, szívós kötést biztosítanak. A kisebb olvadáspontú, 50% horganyt tartalmazó összetételek ridegek, és forrasztás céljára kevésbé alkalmasak.

Réz-horgany forrasztóanyagokkal történő forrasztásnál folyósító használata szükséges, mert a forrasztási hőfokon a horgany könnyen oxidálódik. Ügyelni kell a forrasztási hőfokra, mert esetleges túlhevítésnél keletkező horganygőzök a forrasztott kötésben gázzárványokat képeznek.

Réz-foszfor. A 4–8% foszfort tartalmazó forrasztóanyagötvözetek főleg réz és rézötvözetek forrasztására használhatók, acél forrasztására nem alkalmasak. Az eutektikus összetétel — 91,7% réz, 8,3% foszfor — törékeny. Az általánosságban használt forrasztóötvözetek 5–7% foszfort és 5–15% ezüstöt tartalmaznak. Ezek rézen önfolyósodók, tehát folyósító használata nem szükséges. Ezek a forrasztóanyagok jó elektromos és hővezető képességgel rendelkeznek.

Réz-arany forrasztóanyagötvözetek leggyakrabban elektroncsövek forrasztásánál használatosak, ahol a gázzárványok kiküszöbölése fontos. A forrasztás borax folyósítóval, redukáló atmoszférában, vagy vákuumban folyósító nélkül végezhető. A 4. táblázatban foglaltuk össze a réz és rézötvözetű forrasztóanyagokat.

4. táblázat

Réz- és rézötvözet forrasztóanyagok

Ö s s z e t é t e l						Szolidusz C°	Likvidusz C°	Forrasztási hőfok C°
Cu %	Zn %	Ag %	P %	Sn %	Egyéb %			
100	—	—	—	—	—	1084	1084	1084—1150
60	40	—	—	—	—	900	910	910—960
57	42	—	—	1,0	—	890	905	905—960
56	41	—	—	1,0	Mn, 1,0 Ni, 1,0	850	890	890—960
52	48	—	—	—	—	840	860	860—930
48	42	—	—	—	Ni, 10	920	930	930—980
50	45	—	—	5,0	—	870	880	880—930
47	42	1,0	—	—	Ni, 10	915	925	925—980
95	—	—	5,0	—	—	705	870	850—900
93	—	—	7,0	—	—	705	810	800—850
88	—	5,5	6,5	—	—	640	750	750—800
80	—	15,0	5,0	—	—	640	815	815—850

Nagy olvadáspontú forrasztanyagok. Ezen ötvözetek olyan helyeken használatosak, ahol a kötés viszonylag nagy hőmérsékletnek (600—900 °C) van kitéve és szükséges az, hogy szilárdságukat ott is megtartsák. Ebbe a csoportba nikkel-, ezüst- és mangántartalmú forrasztanyagok tartoznak. A nikkel- és krómtartalmú forrasztanyagok magas hőmérsékletnek kitéve, rozsdamentes és magas nikkeltartalmú acélok kötésére használatosak. Hőellenálló tulajdonságaikat kb. 1000° C-ig megtartják és jó korrózióálló tulajdonságokkal rendelkeznek. Hidrogén-atmoszférájú kemencében folyósító használata nem szükséges. Az ezüst-mangán ötvözetek 500° C-ig megtartják szilárdságukat. Nem redukáló atmoszférában végzett forrasztásnál borax, vagy bórsav folyósító használandó.

5. táblázat

Nagy olvadáspontú és réz-arany forrasztanyagok

Összetétel %	Forrasztási hőfok °C	Felhasználás
Nikkel 70—75 Króm 16—20 Bór 3—4 Fe, Si, C össz. max. 10	1095—1175	Főleg rozsdamentes acél és magas nikkeltartalmú ötvözetek forrasztásához. Jó korrózióellenálló tulajdonságú
Ezüst 85 Mangán 15	970—1150	
Ezüst 73 Platina 27	1160—1230	Volfram forrasztásához
Nikkel 80 Mangán 20	1275—1320	Rozsdamentes acélokhoz
Nikkel 100	1450—1500	Volfram és molibdén forrasztásához
Arany 37 Réz 63	990—1095	
Arany 80 Réz 20	885—1010	Elektroncsövek forrasztásához

Lágy forrasztanyagok

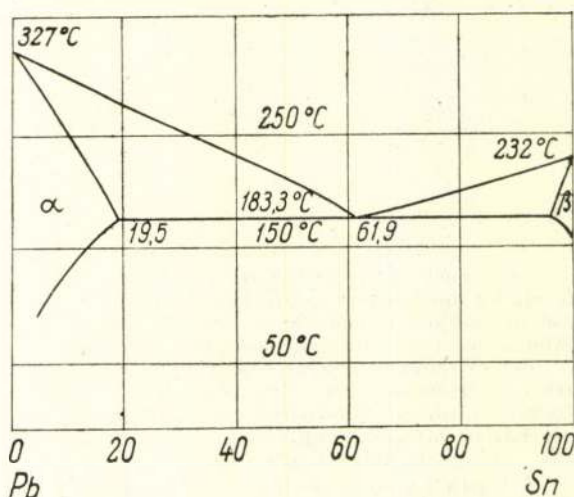
A lágy forrasztanyagok csoportjába tartoznak a 400° C alatt megömlő forrasztanyag ötvözetek. A lágy forrasztanyagok, ellentétben az előbbieken említett forrasztanyagokkal, csak feszültségnek ki nem tett helyen használhatók, miután szilárdságuk kicsi. Előnyük, hogy nyúlásuk nagyobb, mint a kemény forrasztanyagoké; olyan helyeken is alkalmazhatók, ahol a forrasztott kötés hajlítógénybevételre szorított.

A leggyakrabban használt lágy forrasztanyagok az ón-ólom ötvözetek. Használatosak még ólom-ezüst, ólom-ezüst-ón, ólom-ón-bizmut tartalmú lágy forrasztanyagok. Itt nem említjük meg a könnyűfémek forrasztásához használatos forrasztanyagokat, miután azokat a könnyűfémek forrasztásánál tárgyaljuk.

Kereskedelmi forgalomban a lágy forrasztók leggyakrabban rúd, azonkívül huzal, szalag és esetleg fólia alakjában használatosak.

Ón-ólom lágy forrasztanyagok. A lágyforrasztásnál a leggyakrabban használt összetétel, mely a két főalkotón kívül, különleges tulajdonságok elérésére, kismennyiségben tartalmazhat más elemeket is, pl. bizmut, antimón, ezüst stb. Az ezüst csökkenti a forrasztanyag öregedését okozta szilárdságcsökkenését. Az

antimón növeli a forrasztanyag szilárdságát, de nem használható horgany, kadmium, vagy ezekkel bevont fémek forrasztására, mert az antimón a horgannyal és a kadmiummal ötvöződik és egy rideg, törékeny réteget alkot, amely igen kis szilárdságú kötetést eredményez. A legtöbb ón-ólom forrasztanyag összetételnek jó kötési tulajdonsága van. A legjobb folyási tulajdonsága 40—50% ónt tartalmazó összetételnek van. Az ón hiánya következtében egyre nagyobb szükség volt más anyagokkal való helyettesítésére, illetve az ólomtartalom növelésére, úgy, hogy egyes esetekben 80% ólomtartalmú forrasztanyagokat is használtak. Ennek az összetételnek alkalmazását nagymértékben korlátozza, hogy az olvadási intervalluma igen nagy, a forrasztanyag hosszú ideig van képlékeny állapotban; ez intervallum alatt megmozdított kötés szilárdsága nagymértékben csökken. Ennél nagyobb ólomtartalmú forrasztanyagokkal végzett kísérleteink nem nyújtottak kielégítő forrasztási kötetést, mert a nagy ólomtartalom miatt a forrasztanyagon kékes-szürke oxidhártya képződik, mely a forrasztanyag kötési tulajdonságait nagymértékben csökkenti. Ennek ellenére használatosak ilyen nagy ólomtartalmú forrasztanyagok, de ezek szilárdsága alacsony.



8. ábra. Sn-Pb állapotdiagram

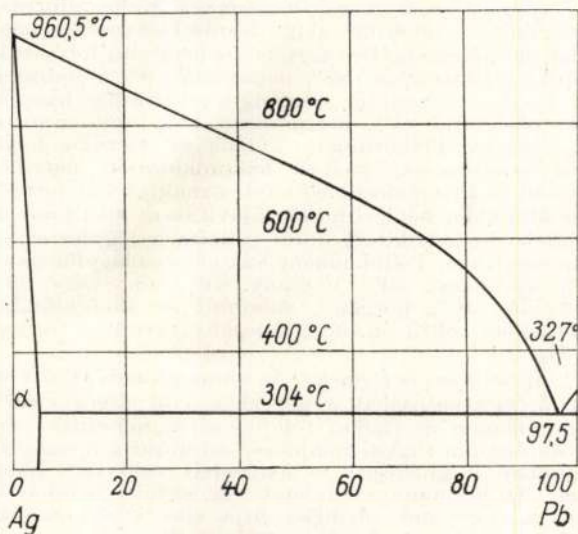
Az ón-ólom összetétel eutektikuma 63% óntartalomnál van, olvadáspontja 181° C. Az antimón nem lehet több a forrasztanyagban, mint az óntartalom 7%-a, miután az ón csak ennyit képes oldani. Az óntartalom csökkentésére az ón egy részét helyettesíthetjük kismennyiségű kadmiummal, horgannyal, ezüsttel, vagy antimónnal, melyek segítségével az úgynevezett helyettesítő forrasztanyagok állíthatók elő. A helyettesítő forrasztanyagoknál a Pb-Cd-Sn, Pb-Cd-Zn, Pb-Sb-Sn és Pb-Sn-Zn ötvözetrendszerek vehetők figyelembe. A fentiek közül az első kettő képezi a ténylegesen felhasználható és eddig a gyakorlatban bevezetett forrasztanyagokat. A Pb-Sb-Zn-rendszer szintén felhasználható egyes esetekben, azonban a Pb-Sn kétalkotós ötvözethez a Zn hozzáadása semmi előnyt nem jelent, úgyhogy a helyettesítő forrasztanyagoknál ez a rendszer figyelmen kívül hagyható. A helyettesítő forrasztanyagok alkalmazásánál ügyelni kell arra, hogy az ónmegtakarítás ne vezessen ugyanazon forrasztási művelet elvégzésénél sokkal több helyettesítő forrasztanyag használatára, amely e forrasztanyag gazdaságosságát esetleg kétségessé teszi. A kadmiumtartalmú helyettesítő forrasztanyagok nagyon hajlamosak az oxidációra. Negyedik alkotó hozzáadásával elérhető az egyik, vagy másik tulajdonság bizonyos mértékű javulása, azonban a forrasztanyag alkotói számának további növelése általában célszerűtlen. A helyettesítő forrasztanyagok alkalmazásánál különös figyelmet kell szentelni a megfelelő folyósító használatára.

Az ón-ólom forrasztanyagok szakítószilárdsága, nem állandó terhelésnél, 2,5—4,5 kg/mm² között változik, ez azonban állandó terhelésnél nagymértékben

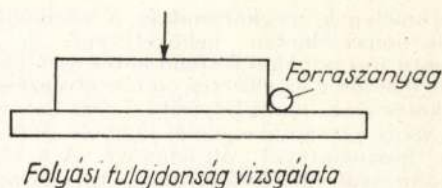
csökken. A nyírószilárdság általában 20–30%-kal kisebb, mint a szakítószilárdság. Figyelembe kell venni azt a tényt, hogy a lágy forrasztanyagok a hőmérséklet növekedésével veszítenek szilárdságukból. Az ón-ólom kétalkotós forrasztanyag szakítószilárdsága 100° C-nál 50%-kal, 150° C-nál 70%-kal kisebb, mint a szobahőmérsékleten mért szakítószilárdság. A kb. 230° C olvadáspontú ón-antimón összetételű forrasztanyagok, melyek 94–96% ónt és 4–6% antimont tartalmaznak, 175° C-on is megfelelő szilárdságúak.

Ólom-ezüst lágyforrasztanyagok, sok esetben és alkalmazásnál megfelelnek az ón-ólom forrasztanyagok helyettesítésére.

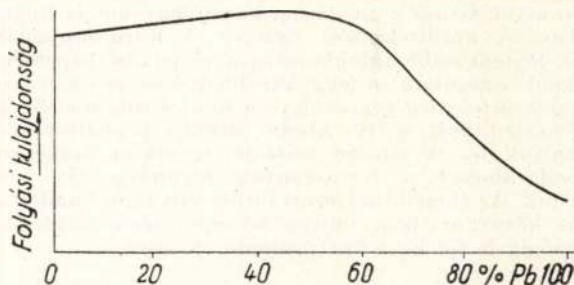
Az eutektikus összetétel (2,5% Ag) olvadáspontja 304° C, könnyen folyó. Az olvadási intervallum növelhető az ezüsttartalom változtatásával, azonkívül 2–5% ón hozzáadásával. Olyan helyeken, ahol a nagyobb forrasztási hőfok nem akadály, jobb kötési tulajdonság elérése érdekében az ezüsttartalom 5%-ig



9. ábra. Ag-Pb állapotábra



Folyási tulajdonság vizsgálata



10. ábra. Folyási tulajdonság vizsgálata

növelhető. E forrasztanyagok melegszilárdsága nagyobb, mint az ón-ólom összetételű forrasztanyagoké. A forrasztás elvégzéséhez maró folyósító használata szükséges.

Kis olvadáspontú lágyforrasztanyagok. Ebbe a csoportba tartozó forrasztanyagok olyan helyeken használhatók, ahol a kötendő részek felmelegítése korlátozott. Ezek az összetételek túlnyomórészt bizmutot tartalmaznak. A kis olvadáspontú lágyforrasztanyagok szilárdsága is kicsi és csak minimális igénybevételnek kitett helyeken alkalmazhatók. A nedvesítőképességük is kismértékű. Kísérleteink során ezekkel a forrasztanyagokkal kielégítő kötést úgy értünk el, hogy a kötendő darabokat előre ónoztuk és utána végeztük el a forrasztást, a forrasztanyag olvadáspontjáig történő felhevítéssel. Ez a módszer ott alkalmazható, ahol a kötendő anyag a kötés előtt felmelegíthető, ónozható és utána kerül rá, vagy közel mellé éghető anyag, pl.

6. táblázat

Lágyforrasztanyagok növekvő olvadáspont szerint

Ö s s z e t t é t e l								Szolidusz C°	Likvidusz C°
Sn	Pb	Cd	Bi	Ag	Sb	Zn	Egyéb		
12,5	25	12,5	50	—	—	—	—	61	61,5
13,1	27,3	10,1	49,5	—	—	—	—	70	70
11,3	37,7	8,5	42,5	—	—	—	—	70	90
22	22	—	56	—	—	—	—	95	104
17	16	—	67	—	—	—	—	95	150
42	—	—	54	—	—	4	—	130	130
50	32	18	—	—	—	—	—	145	145
63	37	—	—	—	—	—	—	183	183
60	—	—	40	—	—	—	—	183	190
50	50	—	—	—	—	—	—	183	216
45	55	—	—	—	—	—	—	183	224
60	39,5	—	—	—	0,5	—	—	183	190
70	29,5	—	—	—	0,5	—	—	183	193
50	49,5	—	—	—	0,5	—	—	183	215
38	61,5	—	—	—	0,4	—	As 0,1	183	240
20	80	—	—	—	—	—	—	183	280
10	80	10	—	—	—	—	—	200	290
—	90	8	—	—	—	2	—	210	275
89	—	—	—	11	—	—	—	221	305
100	—	—	—	—	—	—	—	232	232
10	85	—	—	—	—	5	—	240	280
3	92	—	—	—	—	5	—	240	285
5	95	—	—	—	—	—	—	292	311
1	97,5	—	—	1,5	—	—	—	303	303
—	97,5	—	—	2,5	—	—	—	304	304
—	95	—	—	5	—	—	—	304	385
—	—	95	—	5	—	—	—	337	399

szigetelő, amelynek megkárosodása a normális lágyforrasztási hőmérsékleten bekövetkezne, de a kis olvadáspontú forrasztókkal történő kötés esetében nem. Ahol nincs lehetőség az előzetes ónozás elvégzésére, ott kielégítő kötés csak maró folyósító használatával volt elérhető, egyes forrasztóanyagoknál jó kötés csak ortho-foszforsav használatával vált lehetővé. A 6. táblázatban összeállítottuk növekvő olvadáspont szerint a leggyakoribb lágyforrasztóanyagokat. Annak ellenére, hogy a táblázatban a használatos forrasztóanyagoknak csak kis részét és jellegzetes típusait közöljük, látható, hogy igen sok összetételt lehet alkalmazni, és ezekből a megfelelő kiválasztása a gazdasági körülményeket is figyelembevéve, körültekintést igényel. A forrasztóanyagok egyik legfontosabb tulajdonsága a jó folyási képesség. Ezeknek vizsgálatát a leggyakrabban használt forrasztóanyagokra jelenleg végezzük és a folyási tulajdonságok összehasonlítását a 10. ábrán látható próbatesteken folytatjuk le. A simára csiszolt, egymásra helyezett próbadarabokat a forrasztóanyag olvadáspontja fölé hevítjük. Az él mellé helyezett forrasztóanyag, a kapilláris hatás következtében, folyási képességeinek megfelelő mélységig hatol be a két próbadarab közé.

Egyes fémek kötéséhez használható forrasztóanyagok

Gyengén ötvözött és szénacélok. Keményforrasztás céljaira legjobban használhatók az ezüst forrasztóötvözetek 60%-on aluli ezüsttartalommal. Ezen felüli ezüsttartalmú forrasztóanyag nem nedvesíti kielégítően az alapfémeket. Jó kötés érhető el még réz és rézötvözet forrasztóanyagokkal is. A réz-foszfór összetétel kerülendő, mert rideg, törékeny réteg keletkezik. Lágyforrasztáshoz az ón-ólom forrasztóanyagok jól használhatók. Olyan kötéseknek, melyek kismértékig melegek vannak kitéve, az ezüst-ólom összetételű forrasztóanyagok alkalmazhatók.

Rozsdamentes acélok. Az ezüst forrasztóötvözetek borax folyósítóval jó kötést létesítenek. Nagy króm-tartalmú rozsdamentes acélok, melyek nagy hőmérsékletnek vannak kitéve, nikkeltartalmú forrasztóanyagok a legmegfelelőbbek. Kisebb hőmérsékletenél ezüst-mangán forrasztóötvözet használható. Lágyforrasztáshoz kb. 50% ónt tartalmazó ón-ólom forrasztóanyag és maró folyósító szükséges a kielégítő kötés eléréséhez.

Öntöttvas és acélöntés. Az öntöttvas kemény- és lágyforrasztása nehézségekbe ütközik a szén és szilíciumtartalom, valamint a felületi homokrészecskék nedvesítést gátló jelenléte miatt. Forrasztás előtt felületkezelés szükséges, legmegfelelőbb az elektrolitikus tisztítás. Megfelelő előkészítés után az acélokhoz használható forrasztóötvözetek alkalmazhatók. A acélöntvény forrasztása ezüstbázisú forrasztóanyagokkal jó kötést létesít. Réz és rézötvözet forrasztóanyagok kemencében történő forrasztásánál redukáló atmoszférában jól használhatók.

Réz és rézötvözetek. Az ezüstbázisú forrasztóötvözetek jól használhatók. Alkalmazható a réz-foszfór, vagy réz-foszfór-ezüst forrasztóanyag összetétel; ezek a réz alapanyagon önfolyósodók és folyósító használata nem szükséges. Az összes ón-ólom összetételű lágyforrasztó használható, nagyobb szilárdság elérésére ón-antimon összetétel alkalmazható. Ahol a forrasztás utáni tisztítás nehézségekbe nem ütközik, ott horganyklorid folyósítók kedvezőek, egyéb esetekben nem maró, gyantás folyósító alkalmazása ajánlatos.

A sárgarézek jól forrasztatók ezüstbázisú forrasztóötvözetekkel, borax, vagy bórsav folyósító alkalmazásával. A lágyforrasztásnál max. 5% antimon engedhető meg a forrasztóanyagban, mert az a kötést rideggé és törékennyé teszi. A lágyforrasztáshoz horganyklorid folyósító szükséges.

Bronzok. Forrasztóhatóságuk az összetételtől függően lényegesen változik. A foszforbronzok ezüstötvözetekkel jól forrasztatók, a sárgaréz forrasztóötvözetek csak nagyobb olvadáspontú ötvözeteknél megfelelőek. Lágyforrasztásra magas öntalmú ón-ólom forrasztók a legalkalmasabbak. Az alumíniumbronzok mind ezüst,

mind sárgaréz forrasztóötvözetekkel csak maró folyósítóval (horganyklorid + sósav) forrasztatók.

Nikkel és nikkelötvözetek. Legjobban használhatók az ezüst forrasztóötvözetek, a foszfort tartalmazó összetételek nem használhatók. A nagy nikkeltartalmú ötvözetek forrasztásánál repedésre hajlamosak, ezért ajánlatos lehetőleg előzetesen lágyítani. A nikkel színéhez legjobban hasonlító forrasztóanyag ötvözet 60% ezüst, 25% réz, 15% horgany, vagy 65% ezüst, 20% réz, 15% horgany tartalmú összetétel. Lágyforrasztáshoz az ón-ólom forrasztóanyagok maró folyósítókkal megfelelőek.

Titán. Eddig még nem sikerült kielégítő kötéset elérni. A kísérletek ezüst és az alumínium forrasztókkal folytak. Az ezüstforrasztal készített kötéseknek az alapfém és a kötőanyag között törékeny réteg keletkezik. Az alumínium forrasztóötvözetek megfelelőbbnek látszanak, azonban kis szilárdságú kötéset eredményeznek. Lágyforrasztással ezideig még kielégítő kötéset elérni nem volt lehetséges.

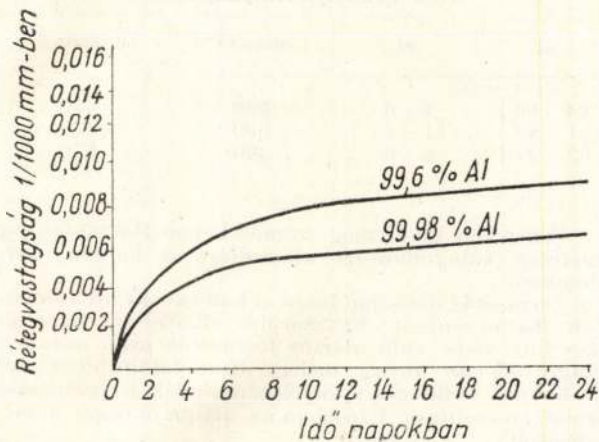
Magnézium és magnéziumötvözetek. Keményforrasztás céljaira magnézium alapú forrasztóötvözetek használhatók. Kemencében történő és bemelegítő forrasztási eljárásnál használható 89% magnézium, 9% alumínium, 2% horgany összetétel. Gázláng forrasztáshoz használható összetétel 83% magnézium, 12% alumínium és 5% horgany. Folyósítónak különleges klóridos folyósítók szükségesek, melyek káliumkloridot, nátriumkloridot és lítiumkloridot tartalmaznak. A lágyforrasztást általában felületi hibák kijavítására alkalmazzuk. Igénybevételnek kitett kötés céljaira a lágyforrasztás nem megfelelő. Töltőfémként használható lágyforrasztók 60% kadmium, 30% horgany, 10% ón, vagy 90% kadmium, 10% horgany, valamint az alumíniumhoz használható 60% ón, 40% horgany tartalmú forrasztóanyag.

Alumínium és ötvözetek. Az alumínium és ötvözetek forrasztóhatóságát a nehézfémektől eltérő mechanikai és fizikai tulajdonságai nehezítik meg. Az alumínium fizikai tulajdonságai közül a forrasztást legjobban megnehezíti az oxigénhez való vegyroskónsága. Az alumínium felületét egy szilárd oxidhártya borítja, amelynek olvadáspontja ellentétben az alumínium 658° C-os olvadáspontjával, 2050° C.

A forrasztást megnehezítő fizikai tulajdonságok közül igen figyelemreméltó az alumínium hővezetőképessége, amely háromszorosa az acél hővezetőképességének. Ez a tulajdonság megnehezíti, csak a kötés helyén való felmelegítést és a gyors melegeledést következtében sokkal több melegeledést kell közölni az anyaggal a forrasztási hőfok elérésére, mint a nehézfémeknél.

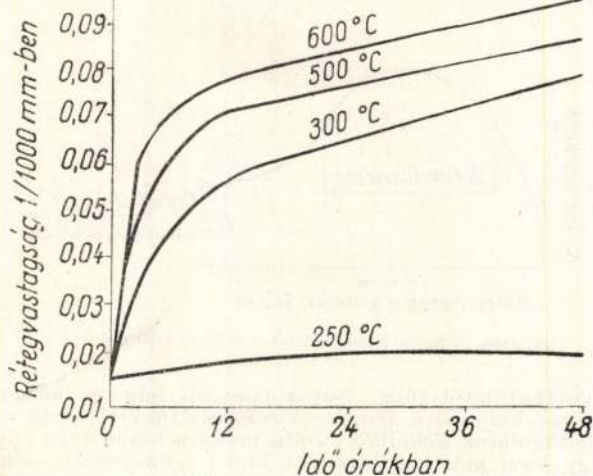
A felületi oxidhártya — amely megakadályozza az alumíniumnak a forrasztóanyag által történő nedvesítést — eltávolítás után, ha a tiszta fémfelület a levegő oxigénjével érintkezik, azonnal újból képződik. Az oxidhártya eltávolítása, amennyiben az mechanikus úton megy végbe, pl. kaparással, vagy dörzsöléssel, csak védőréteg alatt, a megömlött forrasztóanyag alatt történhet. Az oxidrétegtől mentes felület már forrasztató, cél tehát az alumínium forrasztásánál ennek az oxidrétegnek minél tökéletesebb eltávolítása. Az alumíniumot mind lágy-, mind keményforrasztással lehet egyesíteni. Az alumínium és a lágyforrasztáshoz használatos nehézfémek nagy része között nedvesség hatására tekintélyes elektromos potenciálkülönbség lép fel, amely a forrasztott kötés idelelőtti korrózióját okozza, ezért a lágyforrasztásnál ügyelni kell a megfelelő forrasztóanyag kiválasztására. A keményforrasztás, miután az alkalmazott forrasztóanyag korróziót okozó nagy potenciálkülönbséggel bíró nehézfém nem tartalmaz, időállóbb kötéset biztosít. A lágyforrasztás folyósítóval és folyósító nélkül is történhet. A folyósító nélküli forrasztásnál, az úgynevezett kaparóeljárásnál, az alapanyagot a forrasztóanyag olvadáspontjának hőfokáig melegítik és a felületen megömlött forrasztóanyag alatt valamilyen szerszámmal, drótkéfével, vagy hantolóval az oxidréteget eltávolítják. A forrasztóanyag az oxidréteg eltávolítása pillanatában befedi a fémeket, ezért annak újbóli oxidációját megakadályozza és nedvesíteni tudja a tiszta alumíniumfelületet. Ennél az

eljárásnál bizonyos korlátozások állanak fenn, mert bármilyen szerszámmal távolítjuk is el az oxidhártát, mindig maradnak részek, amelyek az eltávolítás nem történt meg és ott az alapanyag és a forrasztóanyag között kötés nem létesül. Azonkívül, ha a kaparás erőteljes, az alapanyag elvékonyodik és a kötés szilárdsága nagymértékben csökken. A kaparás történhet a forrasztóanyaggal, amikoris durva szemcsészetű összetétel használatos, azonkívül történhet magával a forrasztó-



11. ábra. Oxidhártá növekedése

pákával is. Az alumínium forrasztásánál a szokásos réz forrasztópáka helyett króm-nikkel anyagból készült forrasztópákát kell használni, miután a legtöbb alumínium forrasztóanyag horganyt tartalmaz, az a forrasztás hőfokán a rézzel egyesül és mint sárgarézt, a forrasztott kötésbe kerül, annak korrózióját idézi elő. Az alumínium felületét borító oxidréteg kémiaiilag rendkívül ellenálló és az oxidoldó szerek hatásának nagymértékben ellenáll, ezért nem távolítják el a szokásosan



12. ábra. Oxidhártá növekedése nagyobb hőfokon

használt — korróziót nem okozó — oxidoldó szerek. Az eredeti oxidhártát még a maró oxidoldó szer is csak lassan és egyenetlenül tudja megtámadni és eltávolítani, ezért a forrasztás előtt szükséges minden esetben az eredeti oxidréteget mechanikai módszerekkel, csiszolással, drótkéfével, a felületről eltávolítani. Jó forrasztási kötést csak friss, az eredetnél vékonyabb oxidréteggel borított felületen lehet elvégezni.

A 11. és 12. ábrák szemléltetik különböző körülmények között az oxidhártá vastagságának növekedését. Az újra képződő vékonyabb oxidréteget az alkáliloklidok és fluoridok desztillált vízzel kevert oldatából készült folyósító könnyen el tudja távolítani. Az alapanyagok a forrasztóanyag olvadáspontjaitól való felmelegítése után — mely történhet gázlánggal, kemencében, kisebb daraboknál forrasztópákával — a folyósító által eltávolított oxidhártá helyén az alap-

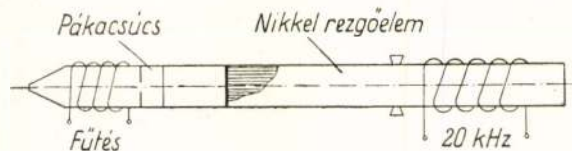
anyagoknak forrasztóanyaggal történő nedvesítése bekövetkezik.

Az oxidoldószerrel történő forrasztás egyik változata a reakciós forrasztás, ahol az oxidoldószer és a forrasztóanyag 65% ónklorid és 35% horganyklorid desztillált vízzel kevert oldata formájában kerül az alapanyagra. Ezzel a sókeverékkel vastagon bevont alapanyag 250° C-ra melegítésénél a kémiai reakció bekövetkezik; az alumínium a kloridokat alumíniumkloriddá köti le, a felszabaduló ón — horgany ötvözet az oxidmentessé vált felületen kötést létesít.

A folyósítóval történő forrasztási eljárások hátránya, hogy a reakció bekövetkezik nemcsak a felületi oxidréteggel, hanem az alapfémmel is és a kötés későbbi korróziójának veszélye fennáll, mert a használatos folyósítók még szobahőmérsékleten is maró hatásúak. Folyósító használata esetén rendkívül fontos a forrasztás után visszamaradó folyósító utolsó nyomainak is tökéletes eltávolítása.

A forrasztandó felületeket borító oxidhártá oxidoldó nélküli eltávolítása legtökéletesebben ultrasonikus forrasztópákával történhet. Ennél az eljárásnál az oxidhártá feltörése és eltávolítása ultrahang frekvenciájú mechanikus rezgések segítségével történik. Az eltávolítást nem az ultrahang, hanem a nagyfrekvenciájú rezgés, illetve az általa előidézett kavitáció végzi el. Az ultrahang frekvenciájú rezgések kavitációt tudnak előidézni minden olyan folyadékban, amelyben elnyelt gáz van, ideértve a folyékony fémeket is. Ha a nyomáshullám amplitúdója nagyobb a sztatikus külső nyomásnál, az ömledékben szuszpendálva jelenlévő kis buborékok gyors mozgásra kényszerülnek. A buborékok hirtelen kiterjednek a negatív és összenyomódnak a pozitív nyomásciklus alatt. A buborékok közvetlen környezetében lévő gyorsan mozgó folyadék nagy helyi nyomásokat fejt ki, amely megtámadja a közelében lévő szilárd felületeket. Az alumínium felületén lévő oxidréteg a lágyforrasztási hőmérsékleteken igen érzékeny a kavitációs erőziónál szemben. Ez elv alapján a forrasztóanyagban előidézett kavitáció igen gyorsan és tökéletesen tudja eltávolítani az alumínium felületét borító oxidréteget. A keményforrasztási hőmérsékleten az alumínium alapanyag már kevésbé ellenálló, mint a rajta képződő oxidréteg és ha azt eltávolítottuk, úgy az alapanyag eróziója is megindul; ezért az ultrahang forrasztási eljárás tökéletesen csak az alumínium lágyforrasztásánál alkalmazható. Az ultrahang-forrasztópáka működtetése 20–24 kHz frekvenciájú, váltakozó árammal történik. A nagyfrekvenciájú váltakozó áram átalakítása a forrasztópákában mechanikus rezgésekké magnetostruktív rezgőelem segítségével megy végbe. A magnetostruktív effektus azon alapul, hogy egyes anyagok váltakozó áramú mágneses mezőben a váltakozó áram periódusának megfelelően, hosszukat megváltoztatják. A legnagyobb magnetostruktív hosszváltozása a nikkelnek és egyes nikkelötvözeteknek van, ezért az ultrasonikus forrasztópákák rezgőelemei ezekből az anyagokból készülnek. A rezgőelem hossza pontosan egy hullámhosszúságra van kialakítva és azt a hullámhossz közepén lévő nullpontban megfogva, a megfogás a rezgéseket nem akadályozza, mindkét vég szabadon rezeghet. Az örvényáram okozta melegezés veszteségek kiküszöbölésére nagyobb teljesítményű forrasztópákánál ajánlatos a rezgőelem vékony, egymástól elszigetelt nikkel lamellákból való kialakítása. A rezgőelemen fellépő mechanikus rezgéseket, a végére mereven erősített — keményforrasztással kötött — krómnikkel anyagból készült pákaacstűcs adja tovább. A pákaacstűcs elektromos ellenállásfűtéssel van ellátva, amelyik a forrasztás alatt a forrasztóanyag megömléséhez szükséges hő szolgáltatja. A 13. ábrán látható az ultrasonikus forrasztópáka elvi vázlata. Evvel az eljárással az oxidhártá eltávolítása tökéletes és miután a forrasztáshoz oxidoldószer használata nem szükséges, korrózióállósága felülmúlja a más eljárással készített alumíniumforrasztási kötéseket. Vékony huzalok forrasztására a forrasztópáka átalakítható úgy, hogy a forrasztóacstűcs helyett egy forrasztóanyaggal télt és ellenállásfűtéssel megömlött állapotban tartott tégely nyer elhelyezést. Ebben az esetben maga a forrasztóanyag

ömladék van rezgésben tartva és benne a rezgések által előidézett kavitáció eltávolítja a bemártott alumínium-huzal felületéről az oxidréteget és az forrasztóanyagot vonódik be. Az ultrahang forrasztási eljárásal a forrasztás olyan területen is elvégezhető, ahol a forrasztást eddig más megoldással egyáltalán nem, vagy igen nehezen lehetett elvégezni.



13. ábra. Ultrasonikus forrasztópáka vázlata

Alumínium lágyforrasztóanyagok

Figyelembevétel az alumínium és a forrasztóanyagokhoz használt nehézfémek közötti potenciálkülönbséget, megállapítható az, hogy ez a legkisebb az alumínium és a horgany között. Ez oknál fogva, bár igen nagy tömegű alumínium lágyforrasztási összetétel ismeretes, a forrasztóanyagok nagyrésze horganyt tartalmaz. Előnye még, hogy a kisebb olvadáspontú nehézfémek közül egyedül a horgany oldódik, szobahőmérsékleten is, számottevő mértékben az alumíniumban. A lágyforrasztóanyagok a horganyon kívül kisebb-nagyobb mennyiségben tartalmaznak ónt, kadmiumot, ezenkívül alumíniumot is. Egyes forrasztóanyagokban ólom is található, ennek használatát alumínium forrasztásánál kerülni kell. A 7. táblázatban felsoroljuk a leggyakrabban használt alumínium lágyforrasztó ötvözeteket, amelyekkel kielégítő kötést sikerült elérni. Mint már említettük, igen sok alumínium lágyforrasztó összetétel ismeretes: pl. Kurovsky: „Alumínium” c. könyvében 75-féle összetétel van felsorolva.

7. táblázat

Lágyforrasztóanyagok az alumínium forrasztásához

Al	Zn	Sn	Cd	Szolidusz C°	Likvidusz C°
5	8	87	—	264	375
—	75	—	25	265	370
—	60	—	40	265	350
—	40	—	60	265	310
1	45	34	—	199	360
9	8	78	5	194	368
—	20	80	—	199	223
—	40	60	—	199	275
5	30	—	65	260	300
5	95	—	—	320	360

Az alumínium keményforrasztása

A keményforrasztás, amely magasabb olvadáspontú forrasztóanyagokkal történik, átmenetet képez a hegesztés és forrasztás között. Bár az alapanyag megömlése itt sem következik be, de a forrasztóanyagok a nagymennyiségű alumíniumtartalom következtében megközelítik az alapfém olvadáspontját.

Az alumínium keményforrasztása a nehézfémeknél ismertetett forrasztási eljárásokkal jól elvégezhető. A különbség az, hogy az alumíniumnál, miután az alapanyag és a forrasztóanyag között nagy olvadáspont eltérés nincs, a forrasztás hőmérsékletét igen pontosan be kell tartani. A forrasztás előtt mind az alapanyagot, mind a forrasztóanyagot feltétlenül meg kell tisztítani és zsirtalanítani, hogy jó kötés elérhető legyen. Az ötvöztelen alumínium és az Al-Mn ötvözet lánggal történő forrasztásához elegendő a kötése helyeinek lekefézése. Ugyancsak elegendő ezen anyagoknál ez a tisztítási mód a kemencében, vagy sófürdőben történő forrasztásnál is. A többi ötvözeteket kemencében,

vagy sófürdőben való forrasztás előtt ajánlatos maratni. A maratást különösen az ötvényeknél kell alkalmazni, még akkor is, ha előzőleg a felületet lemunkáltuk. A maratás 10–60 mp-ig 65° C hőmérsékletű 5%-os NaOH oldatban történik. Forrasztóanyagul leggyakrabban az alumínium-szilícium tartalmú forrasztóanyagokat használják.

8. táblázat

Al-Si keményforrasztóanyagok

Al	Si	Szolidusz C°	Likvidusz C°
94—96	4—6	590	640
87—89	11—13	590	600
92—94	6—8	590	630

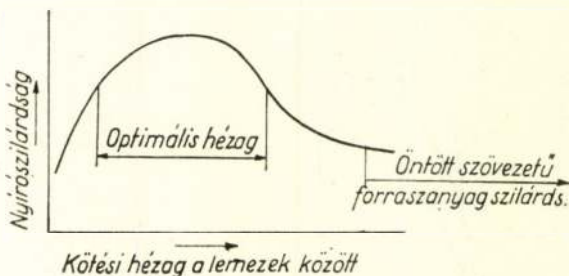
Fentiekben kívül még számos keményforrasztóanyag ismeretes, túlnyomórészt alumínium és horgany tartalommal.

Forrasztás után gondosan el kell távolítani a folyósítók maradványait. Egyszerűbb alkatrészeknél elegendő forróvízbe való mártás forrasztás után azonnal, addig, míg az anyag meleg. Komplikáltabb alakú daraboknál szükséges a folyósítómáradékok pácolással történő eltávolítása. Pácolásra az alábbi oldatok alkalmazhatók:

- 10% H₂SO₄ — kb. 30 perc,
 - 10–50% HNO₃ — kb. 10–20 perc,
 - 10% HNO₃ + 0,25% HF — kb. 5–10 perc.
- A pácolás után forróvízes öblítés szükséges.

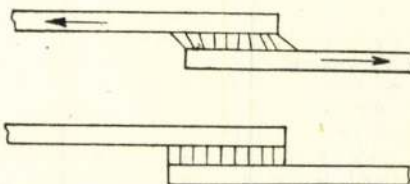
Forrasztott kötések kialakítása

A forrasztott kötések kialakításánál gondot kell fordítani arra, hogy a forrasztóanyagjal való kitöltés céljára az összeszerelt darabok között megfelelő hézag legyen. Ez különböző méretű, és az anyag hőtágulási



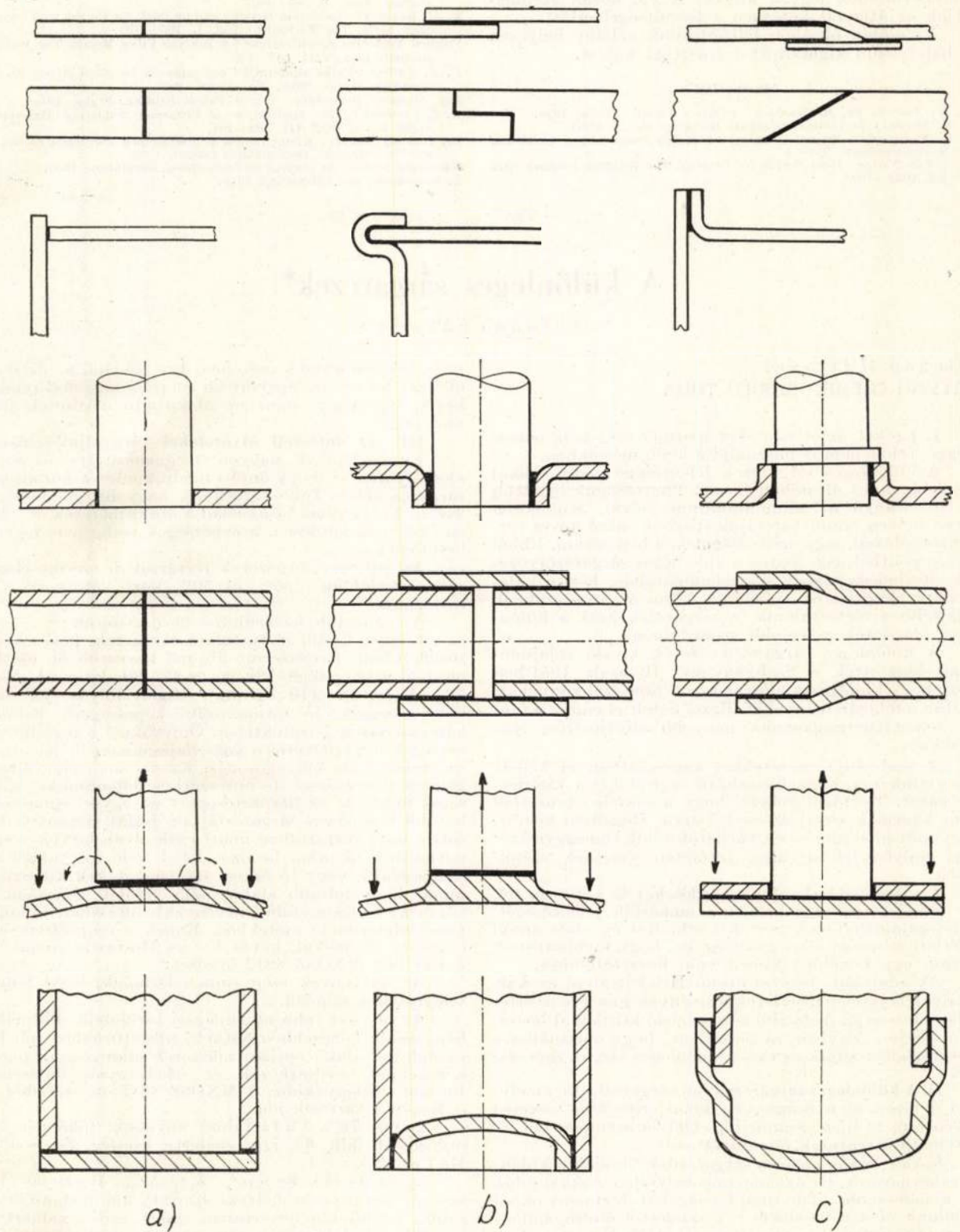
14. ábra. A kötési hézag befolyása a kötés szilárdságára

együtthatójától függ. Fokozottan áll fenn ez akkor, amikor különböző fémek összeforrasztása történik és a hőtágulások különböző volta miatt a hézag vagy túl nagy lesz, ami a forrasztott kötés szilárdságát csökkenti, vagy az egyik jobban táguló fém teljesen ki-



15. ábra. Feszültségeloszlás az átlapolt kötésben

szorítja a kötés helyéről a forrasztóanyagot. A 14. ábrán vázoljuk a kötési szilárdság változását a kötési hézag függvényében. A forrasztásoknál kerülni kell a tompa-illesztést, ahol a forrasztóanyag húzóigénybevételnek van kitéve és helyette átlapolt illesztést kell alkalmazni. Ahol az átlapolt kötés nem oldható meg, ott is a tompa-



16. ábra. Helyesen és helytelenül kialakított forrasztott kötések

illesztés helyett ferdeillesztéseket kell alkalmazni. Irányelv az, hogy a forrasztott kötés mindig nyíróigénybevételnek legyen kitéve. A 15. ábrán szemléltetjük az átlapolat kötésben a feszültségeloszlást.

Az alábbi ábrákon feltüntetünk néhány helyesen és helytelenül kialakított forrasztott kötetést.

IRODALOM

- Dr. W. Espe és Dr. R. Reinbach: Pájky a Pájeni, Praha, 1950.
K. K. Hrenov: Forrasztás. Gépipari Enciklopédia, 5. kötet.
A. P. Szmiragin: Pripóji i szplavi sz nizkoj temperaturoj plavlénia. Masinosztróenije. Tom 4.
W. J. Van Natten: Joint Design for Brazing. The Welding Journal, 1952 XI. 1023—1028.

- H. R. Clauser: How to Select Brazing and Soldering Materials, Materials and Methods, 1952. III., 105—120.
R. M. MacIntosh: Technical Aspects of Soldering Practices, The Welding Journal, 1952. X. 881—897.
E. M. Laughner: Induction Brazing can be used for Copper and Copper-alloy parts. The Machinist, 1953. I., 106—108.
Proposed Tentative Specifications for Brazing Filler Metals. The Welding Journal, 1952. VIII. 645—650.
V. A. Gorohov: Pájka aluminija i evo szplavov tverdimi pripojami, Avtozennoje Gyelo, 1953., No. 1., 26—28.
Ing. Miroslav Brzobohaty: Tverde Pájeni Hliniku. Praha, 1949.
A. E. Crawford: The Application of Ultrasonic Soldering Techniques. Light Metal, 1952. III. 102—104.
Dr. Domony András: Könnyűfémek hegesztéseinek korróziója és felületkezelése. Mérnöki Továbbképző Intézet, 1952.
Kurovsky István: Az alumínium forrasztása. Alumínium, 1950.
L. Bergmann: Der Ultraschall, 1949.

A különleges sárgarezek*

POLGÁRY SÁNDOR

Шандор Полгари:
ЛАТУНИ СПЕЦИАЛЬНОГО ТИПА

I. Ezeket az ötvözeteket iparunk még nem ismeri eléggé, tehát nem is használja a kellő mértékben.

A különleges sárgarezek jelentősége pedig sokkal nagyobb, mint általában hiszik. Fontosságuk legalább is egyenrangú az alumíniumbronzokéval. Különösen olyan helyen számíthat rájuk iparunk, ahol kevés rézfelhasználással nagy szilárdságot kell biztosítani. Ebből a szempontból igen fontos a különleges sárgaréztövezetek elterjedése hazánk színesfémiparában, hiszen valamennyi használatos réztövezet közül a sárgarezeknek legkisebb a réztartalom, a sárgarezek közt a különleges ötvözetek a legjobb szilárdságúak.

A különleges sárgaréztövezetek kiváló tulajdonságai készítették a Szabványügyi Hivatalt 1951-ben arra, hogy kidolgozza először az ötvözet-szabványokat, ezután a féglyártmányokét. Ezzel indult el ennek a fontos fémötvözetsopornak nagyobb elterjesztése iparunkban.

A szabványtervezetekkel kapcsolatban el kellett végeznünk egy nagyszabású reprodukciós kísérlet-sorozatot. Tisztázni kellett, hogy a sokféle ötvözetből hány típusnak elterjesztése célszerű. Rögzíteni kellett, hogy milyen eredmények várhatók tőlük tömeggyártásban, milyen felhasználási területen jöhetnek számításba.

A vizsgálódások újabb kérdéseket is vetettek fel, így például tisztázni kellett a cinkérték jelentőségét, a hidegalakíthatóság mértékét stb. Két év alatt annyi kísérleti és üzemi adat gyűlt egybe, hogy kívánatosnak láttam egy bővebb cikkben való közzétételüket.

Az adatokat megrostáltam. Kiselejtettem azokat, amelyek helytelen kísérleti körülmények miatt nem értékelhetők tisztán (legalább is megfelelő kritikával bocsátom közre). Egyben megkísérlem, hogy használható összefoglalást adjak az egész különleges sárgarézkérdésről.

II. A különleges sárgarézt olyan sárgarézfajta, amelyben a rézen és a horganyon kívül *ötvözőként* szerepel egyéb fém is (nem számítjuk ebből a szempontból az automata-sárgarezek olomtartalmát).

Sokan ma is „nemes sárgaréztnek” hívják a különleges sárgarezt. Ez az elnevezés helytelen. Sokkal jobb, ha a nemesebb, jobb tulajdonságokat biztosító okból indulunk el a névadáskor: a rendestől eltérő, különleges ötvözésből. Így nem téveszthetjük össze a különleges sárgarezt a nemesített állapotú sárgarézzel, amely egyébként lehet közönséges, vagy különleges ötvözésű egyaránt.

A különleges sárgarezeknek két főfajtája van, éppen úgy, mint a közönségeseknek: öntészeti célra szolgáló és alakításra való ötvözetek. Itt meg kell jegyeznem, hogy a melegen való alakítás szempontjából a különleges sárgarezek közt nincs akkora különbség,

mint a közönségesek esetében. Így például, az öKsr-54 ötvözet kitűnő melegalakítási tulajdonságokkal rendelkezik, ugyanúgy, mint az alakítható ötvözetek bármelyike.

III. Az öntészeti ötvözeteket tárgyaljuk először. Elterjedésüket nagyon megnéhezítette és ma is akadályozza az, hogy öntési módjuk eltér a közönséges sárgarezekétől. Több figyelmet, nagyobb gondosságot kíván. Ez azonban elsősorban a szakemberetek és lelkiismeretesség kérdése; a nehézségek pedig nem legyözhettek.

Az öntészeti ötvözetek réztartalom szerint eléggé széles skálájúak: 80% és 50% közt váltakozik Cu-tartalmuk.

A leginkább használatos ötvözetfajták:

1. 80% körüli réztartalmú ötvözetek, kevés ötvözetalkotóval. Rendszerint 5%-nál kevesebb Si, esetleg hasonló mennyiségű Pb. $\sigma_B \approx 25-30$ kg/mm², $\delta_5 \approx 7\%$, $H_B \approx 90-110$ kg/mm². Higan folyós, jól öntethető anyagok, jó formaképző képességgel. Felületi hártásodásuk jelentéktelen. Öntésüknél a legfőbb nehézséget a gázfelvétellel való hajlamosságuk jelenti és az emiatt való hólgyagosodás. Ez azonban elkerülhető gondos olvasztással. Jó öntészeti és felhasználási sajátosságai miatt ez az ötvözetsoport az egyik leghasználhatóbb különleges sárgarézfajta; hazai viszonyok között a nagy réztartalom miatt csak olyan helyeken számíthatunk rá, ahol bronzot lehet vele megtakarítani (csapágyak), vagy jó öntési sajátosságait kell kihasználni (bonyolultabb alakú, nagy felületi simaságú és tisztaságú, vékonyfalú ötvények), általában különlegesen elbírálandó esetekben. Ennek a csoportnak egy ötvöze (Si nélkül, kevés Fe- és Mn-tartalommal) az ö.Ksr-Pb4 MNOSZ 8812 ötvözet.

Az ötvények szép sima felszínűek, kissé fényes világozsvörös színűek.

Az ötvözet főbb alkalmazási területei: Pb nélkül kényesebb, nehezebben önthető armatúrákhoz (pl. bonyolultabb alakú optikai műszerek alkatrészei), fogaskerekhez, evészközők és dísz tárgyak öntéséhez. Pb-mal csapágyakhoz. A MNOSZ 8812 ötvözeteiből az ö.Ksr-Si 4 tartozik ide.

2. 66—70% Cu-tartalmú anyagok, főképpen Al-ötvözéssel (kb. 6%-ig), mellette esetleg Fe (~3%), Mn (~1%).

$\sigma_B \approx 30-55$ kg/mm², $\delta_5 \approx 5\%$, $H_B \approx 90-150$ kg/mm² (az ötvözés mértéke szerint). Jól önthető ötvözetek, az alumíniumtartalom miatt erős oxidhártápképződéssel. A hártya miatt nehezebb tiszta, gyűrődésmentes felszínű ötvényeket önteni belőlük, a belső ötvényhibák gyakorisága is nagyobb, mint az Al nélküli ötvözeteknél (oxidzárványok). Gondos formázást és öntést kívánnak. Az ötvények az Al-bronzokhoz hasonló külsejűek. Ide sorolható az ö.Ksr-Al 6 MNOSZ 8812 ötvözet.

Ezek az ötvözetek elsősorban a hajóépítészetben használatosak (hajógépek korrózióknak kitett szerelvényei); ezen a területen inkább a csak Al-mal ötvözött fajták szokásosak. A többszörösen ötvözött fajták

* Érkezett 1953 VI. 30-án.

tűzoltószerelvényekhez, gépszerkezeti elemekhez (csigakerek) stb.

Nagy súrlódási igénybevételekre használatos ennek a csoportnak egy ötvözet (pl. szeleppalkatrészekhez), amely a Cu és Zn mellett csupán 0,2–0,4% P-t tartalmaz.

3. 53–60% Cu-tartalmú ötvözetek: Al 2%-ig, Mn 4%-ig, Fe 2%-ig, Si 0,5% ig, ezeken kívül esetleg Sn és Pb max. 3–3 %-ig. (Az utóbbi két ötvözőt csak kivételes esetekben használják.)

$\sigma_B \approx 25-60 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_5 \approx 4\%$, $H_B \approx 70-130 \text{ kg/mm}^2$ (az ötvözés mértéke szerint). Ebbe a csoportba tartozik az ö Ksr-57 és ö Ksr Al 2, valamint az ö Ksr-Mn 4 MNOSZ 8812 ötvözet is. Ennek az ötvözetsoporthoz viszonyított öntészeti szempontból hasonló a 2. csoportéhoz.

A legváltozatosabban felhasználható öntészeti ötvözetfajták. Tengervízálló öntvényekhez, csigakerekhez, hüvelyekhez, csapágakhoz (különösen a Pb-tartalmúak), nagy statikus igénybevételű gépalkatrészekhez stb.

4. 51–58% Cu-tartalmú anyagok, 3–4,5% Mn-al és ~ 1% Fe-mal. $\sigma_B \approx 45-50 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_5 \approx 10\%$, $H_B \approx 100-130 \text{ kg/mm}^2$. Erősen hártásodó, lustábban folyó ötvözetek; apróbb, tömör öntvények könnyen önthetők belőlük, nagyobb, vastagabbfalú öntvények szintén. Vékonyfalú öntvények öntése ezekből az anyagokból nehéz. Az öntvények színe sötétbarna. Ebbe a csoportba tartozik az ö Ksr-54 MNOSZ 8812 ötvözet.

Jó szilárdságú ötvözetek; kopásállóság és melegszilárdság tekintetében tűnnek ki a többi közül. Erősebb kopásnak kitett műszeralkatrészekhez, nagyobb hőfokon (200–300 °C) dolgozó szerelvényekhez, korrózióálló szerkezeti elemekhez, hajócsavarlapátokhoz stb.

5. Minium 50% Cu tartalmú ötvözetek; sokféle ötvözési lehetőséggel: főképpen Mn, Ni, Fe, mellettük Si, Pb, Sn, összesen 12%-ig. Leginkább ebbe a csoportba tartoztak a vállalati specialitást képező öntött ötvözetek. $\sigma_B \approx 30-65 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_5 \approx 8\%$, $H_B \approx 70-150 \text{ kg/mm}^2$ (az ötvözés mértéke szerint). Az önthetőség és a formakitöltés erősen függ az ötvözéstől: a Mn csökkenése és a Si szaporodása javítja az önthetőséget. A Ni az öntvény tömörségét és a szilárdsági tulajdonságokat javítja. Az öntvények színe a sötétsárga és sötétbarna közt váltakozik.

Az 1–4. csoportban felsorolt főbb alkalmazási területek közül elsősorban a hajóépítésben használatosak ezek az ötvözetek, azonkívül a repülőgépek szerelvényeinél is.

Ebbe a csoportba tartozik az ö Ksr-50 MNOSZ 8812 ötvözet.

Az öntvények szilárdsági tulajdonságait természetesen befolyásolja a hűlési sebesség is, ez a hatás azonban gyakorlati szempontból kevésbé jelentős.

Az öntészeti ötvözetek formázhatósága igen nagy eltéréseket mutat az ötvözetek összetétele szerint. Általában jól forgácsolhatók az elsősorban alumíniummal ötvözött fajták, nehezebben az elsősorban mangánnal ötvözött fajták. Az ólomtartalom hatása itt is a forgácsolhatóság javulásában mutatkozik. A forgácsolhatóság szerepe az öntvénytisztításnál igen fontos: a szívósabb, nehezebben forgácsolható öntvények letisztítása sokkal nehezebb munka, mint ahogyan a közönséges sárgarezeknél megszoktuk.

IV. Az alakítási ötvözetek az öntészetihez hasonló változatosságúak.

1. Cu 75–80%, Al 1,5–2,5%.

$\sigma_B \approx 30-40 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_F \approx 8-20 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_{10} \approx 20\%$, $H_B \approx 45-80 \text{ kg/mm}^2$ (az Al-tartalom és hidegalakítás szerint). Mérsékelt melegalakíthatóságú hidegen jól alakítható ötvözet.

Csővek, különösen kondenzátorcsővek, nagy korrózióellenállást kívánó alkatrészek anyaga. Különleges helyeken ajánlatos, így elsősorban a vegyipari szerkezetekben.

2. 68–71% Cu, Fe + Mn + Al együttesen ~ 3,5%-ig, Si ~ 0,5%, Ni 0,5%.

$\sigma_B \approx 60-70 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_{0.02} \approx 40-50 \text{ kg/mm}^2$, $E \approx 11\,000 \text{ kg/m}^2$, $H_B \approx 150-180 \text{ kg/mm}^2$, $H_n \approx 160-200 \text{ kg/mm}^2$. Közepes melegalakíthatóságú

anyag. Hidegen jól alakítható. Igen keményre hengerelhető és húzható. Elsősorban rügőlemezek és húzalok készítésére alkalmas, ónbronzzal, szilíciumbronzzal, mangánbronzzal és alpakka helyett kitűnően használható. Kopási ellenállása nagy.

Ebbe a csoportba tartozik a Ksr-70 MNOSZ 8812 ötvözet.

3. Cu 64–70%, Si ~ 1%, P < 0,5%. Melegen sajtolható, hidegen húzható ötvözet.

$\sigma_B \approx 35-55 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_F \approx 12-30 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_{10} \approx 6\%$, $H_B \approx 80-130 \text{ kg/mm}^2$ (a hidegalakítás mértéke szerint).

Nagy súrlódási igénybevételnek kitett alkatrészek, lemezek, perselycsövek anyaga. Alkalmas a sajtoló ónbronzzal helyettesítésére. Ebbe a csoportba tartozik a Ksr-68 MNOSZ 8812 ötvözet.

4. 62–68% Cu, 3–8% Al, 3–5% Mn, 1,5–3,5% Fe. $\sigma_B \approx 60-85 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_{10} \approx 4\%$, $H_B \approx 140-180 \text{ kg/mm}^2$. Melegen jól alakítható ötvözet (kovácsolással is). Hidegalakíthatósága elég jó.

Nagy statikai és dinamikai igénybevételekre alkalmas anyag: csigahajtásokhoz, dugattyúrúdakhoz, fogaskerekhez, erős kopásnak kitett alkatrészekhez. Sajtoló és húzott rudak, sajtoló és kovácsolt idomdarabok gyártására igen alkalmas.

Ebbe a csoportba tartozik a Ksr-64 MNOSZ 8812 ötvözet.

5. 52–62% Cu, Al 3,5%-ig, Mn 3,5%-ig, Fe 2%-ig, ezenkívül Ni 5%, Si 0,5 %-ig, Sn 0,5%-ig, Pb 1 %-ig.

$\sigma_B \approx 40-60 \text{ kg/mm}^2$, $\sigma_F \approx 15-30 \text{ kg/mm}^2$, $\delta_{10} \approx 5\%$, $H_B \approx 80-150 \text{ kg/mm}^2$ (az ötvözet és hidegalakítás mértéke szerint).

Melegen (kovácsolással is) igen jól alakítható ötvözetek, jó hidegalakítási tulajdonságokkal. A legváltozatosabb ötvözetsoporthoz a vállalati különlegességeket jelentő anyagok legnagyobb részét ide tartoznak. Két fő változata: a kisebb Al-tartalmú és rendszerint Ni-nél is ötvözött anyagok és a nagyobb Al-tartalmú rendszerint Ni nélküli anyagok. Hazai szemszögből természetesen a Ni nélküli ötvözeteknek kell elsőbbséget biztosítani, ahol lehet. Ide tartozik a Ksr-54, Ksr-58 és Ksr-59 MNOSZ 8812 ötvözet.

Sokoldalúan használható ötvözetek: csapágycsészékhez, elektrotechnikai célokra szolgáló alkotórészekhez, erősen igénybevett armatúrák kovácsolt és sajtoló darabjaihoz, rudak, csövek, húzalok gyártására.

A szilárdsági tulajdonságok felsorolásánál a „hidegalakítás mértéke szerint” kifejezést természetesen úgy kell értenünk, hogy a hidegen alakítható ötvözetek szilárdsági állapotát az ötvözésen kívül elsősorban a hidegalakítással javíthatjuk. A meleg alakításnak természetesen szintén meg van a maga szerepe a szilárdsági tényezőkre, de helyesen végrehajtott melegalakítás esetén a hidegen való továbbalakítás adja a kellő szilárdsági jellemzőket, tehát ezt tekintjük mértékadónak.

A forgácsolhatóságra nézve nagyjából áll, amit az öntészeti anyagokról mondtunk. Itt természetesen az is befolyásolja még a forgácsolási viselkedést, hogy az anyag milyen alakításon ment át.

Mind az öntészeti, mind az alakításra való ötvözetek közt találunk olyanokat, amelyek többé-kevésbé eltérnek az előbbieken ismertetett főtípusoktól. A felsorolt változatok azonban magukban foglalják a gyakorlatban használatos legtöbb ötvözetet. A cél sem az, hogy receptszerűen felsoroljunk minden változatot. Ezeket kívül leginkább olyan ötvözetek használatosak, amelyeknek összetétele kevésbé tér el a közönséges sárgarezekétől, mert csak egy-kétféle kismennyiségű ötvöző van bennük (delta-fém, Sterro-fém stb.). Ezeknél az ötvözés célja is korlátozott: a kovácsolhatóság megjavítása, a korróziós sajátságok javítása stb.

A felsorolt jellemző szilárdsági adatok az általában tartható értékeket jelentik. Lehetőségek azonban — kivételképpen — az alsó és felső határértékeken túlmező eredmények is. Erre nézve később néhány jellemző példát ad a gyártási technológia ismertetése.

V. Mielőtt a gyártási technológia részleteire térnénk, tekintsük át az egyes ötvözőelemek szerepét és vizsgáljuk meg a cinkérték (cink-egyenérték) jelentőségét.

Az ötvözők közül az alumíniumé az elsőbbség, mert ez a főötvözője a legtöbb ötvözetfajtának.

Erősen növeli a szilárdságot és keménységet, ezzel együtt csökkenti a nyúlást. Javítja az önthetőséget, de az oxidhártaképződés miatt egyúttal megnehezíti a tiszta, zárvány- és gyűrődésmentes öntést. Nagyobb Al-mennyiség erősen növeli a beszívódást és ezzel az üregképződés lehetőségét is. Erős, egybefüggő hártája csökkenti a horgány illanási veszteségét. Nagy mértékben elősegíti az ötvözet gyors lehűlésekor történő keményedést, szinte „edzhetővé” teszi az ötvözeteket. Javítja a korróziós ellenállást, valamint az ötvözetek melegben való alakíthatóságát.

A vas finom-kristályossá teszi a szövét, ezzel javítja a szilárdsági tulajdonságokat. Ugyanaz a hatása, viszont a hidegalakítás utáni lágyításnál gyakran okozhat zavarokat: a kívántnál finomabb kristályos szövet keletkezik. A kovásolhatóságra szintén jó hatása van.

A mangán szintén kristályfinomító hatású; javítja a szilárdságot és nyúlást, valamint a kopási ellenállást. Sokkal becsesebb hatása azonban a melegsilárdság növelése. A korróziós tulajdonságokat is javítja, különösen sós oldatokkal szemben (tengervíz). Igen kellemetlen hatása az öntéskor bekövetkező erős hártaképzés; ez a hártya sokkal viszkózusabb, mint az alumínium oxidhártája, így lustábban folyóvá teszi az ötvözetet, rontja az önthetőséget. Ez a tulajdonsága azonban csak ott érvényesül jkomolyabban, ahol a Mn a fő-ötvöző.

A nikkelt szemeseafinomító hatású; tömör, finom szövét ad. Jelentős szilárdság- és nyújtásjavító hatású; növeli a melegsilárdságot is.

A szilícium egyik legkedvezőbb hatása az önthetőség nagymértékű javítása. Úgy látszik, a Si érvényesíti ezt a hatását minden fontosabb vas- és fémötvözetben. Növeli a szilárdságot, javítja a korróziós és kopási sajátságokat.

Az ólom hatása a szilárdsági tényezőkre — az alkalmazásra kerülő kis mennyiségek esetében — nem jelentős. Inkább csak arra kell ügyelni, hogy ne alkalmazzuk olyan ötvözetekben, ahol nagymértékű hideg alakíthatóság kell, vagy nagy nyúlást kell elérnünk. Ezekre nézve ugyanis rontó hatású. A forgácsolhatóság javítására adagoljuk.

Az ón a keménységet növeli és javítja a kovásolhatóságot, egyébként nem kedvező hatású ötvöző (általában rontja a szilárdságot és nyúlást). Lehetőleg elkerüljük.

A többi ötvözetek gyakorlati jelentősége kicsi. Szennyeződések tekintetében a különleges sárgarezek nagyjából azonosan viselkednek a közönségesekkel. Természetesen figyelembe kell itt vennünk, hogy a közönséges sárgarezek legtöbb tényezője itt ötvözőként szerepel. Az öntészeti anyagok itt is általában nagyobb szennyeződést bírnak el, mint az alakíthatók, de a szennyeződésre való érzékenység kisebb a kétféle ötvözetesoport közt, mint a közönséges sárgarezek esetében.

Gyakorlati szempontból a legfontosabb az alumíniumnélküli különleges sárgarézt elszennyeződése az alumíniummal. Az ilyen elszennyeződést minden áron meg kell akadályoznunk, mert az alumínium számításba vétele nélkül történő gyártás esetén az alumíniummal szennyezett anyag feltétlenül selejtet okoz.

Az ötvözők vizsgálatánál kell megemlítenünk a cinkérték kérdését is, mert a cinkérték ismerete és helyes felhasználása a különleges sárgarezek technológiájának sarkpontja.

Egész sereg együttesen adagolt ötvöző bonyolult hatását nem lehet megbízhatóan értékelni az egyes ötvözőfajták tulajdonságai alapján. Ezért volt szükséges a cinkérték (cink-egyenértékszám) fogalmának bevezetése.

Minden ötvöző cinkértéke akkora, ahányszoros mennyiségű cinket tud helyettesíteni (szövetalakító hatás, szilárdságnövelés stb. — tehát az általános ötvöztési hatás — tekintetében).

1% Si megfelel.....	10	% Zn-nak
1% Al „	6	% „
1% Mg „	2	% „
1% Sn „	2	% „
1% Pb „	1	% „
1% Fe „	0,9—1	% „
1% Mn „	0,5	% „
1% Ni „	0,9—1,5	% „

Cu-nak, általában 1% Cu-nak számítható.

Eszerint például, egy 70% Cu, 1% Ni, 2% Al, 1% Mn, 0,5% Si-tartalmú különleges sárgarézt Guillet-féle cinkértéke:

Zn	25,5%
Al: 2 × 6	12,0%
Mn: 1 × 0,5	0,5%
Si: 0,5 × 10	5,0%
	43,0%
Ni: 1 × 1	1,0% (levonandó)
	42,0%

Ez az ötvözet tehát alakítási stb. viselkedését illetve nagyjából az 58-as sárgarezekhez hasonló. (Nem egyező azokkal, mert 58-as közönséges sárgarézt, például, sohasem tudunk olyan keményre hengerelni, mint ezt a Ksr-70 ötvözetet.) (Mikroszkópi képen vegyes szövet várható stb.)

Az ötvözet cinkértékét ajánlatos 50% alatt tartani, de téves az a sokak által hangoztatott nézet, hogy az egyenérték 50% fölé való emelkedése rideggé teszi az ötvözeteket. Természetes, hogy az 50%-os határ nyakra-főre való átlépése előbb-utóbb meghozza a maga káros hatását, hiszen az 50%-os határon felül a szövet kialakulása már nagyon labilis. Vannak azonban ötvözetek, amelyek 50%-osnál nagyobb cinkértékűre sikerülnek anélkül, hogy ezzel elvesztenék jó technológiai sajátságait. Ennek a határértéknek szerepe ebből a szempontból inkább az, hogy 50% alatt megvan a kellő biztonság a szövetszerkezet kialakítására, azonfelül pedig nincs. Erre nézve is adott érdekes példát az előzőekben említett reprodukciós kísérletsorozat.

Nyilvánvaló, hogy — mint minden ilyen természetű összehasonlítás — ez az egyenértékszám sem abszolút, hanem relatív értékű. Semmi esetre sem szabad abba a tévedésbe esnünk, hogy ennek a számításnak alapján eldöntsük egy ötvözet típus összes technológiai sajátságait. Annál kevésbé, mert itt is igaz az ötvöztési technikának az az arany szabálya, hogy az együttesen adagolt ötvözők módosítják egymás hatását. (Az egyes ötvözők oldhatósága gyakran tág határok közt változik az ötvözet összetételétől függően.) Nagyon furcsa eredményeket kapnánk például akkor, ha tisztán a cinkérték alapján akarnánk tájékozódni egy 4% Si-tartalmú 80-as különleges sárgarézt esetében: a cinkérték 56%, tehát ezen az alapon nem eléggé szívós öntészeti ötvözetre, hanem rideg forrasztó-sárgarézt számíthatnánk.

A cinkérték tehát csak nagyon tág határok között kapcsolódik össze a technológiai tulajdonságokkal. Különösen jó példa erre a Si hatása, amelyre nézve a cinkérték csak nagyon kétes értékű tájékoztatást ad.

De egy tekintetben feltétlenül döntő a cinkérték ismerete és felhasználása: nagyjából megadja az ötvözet helyét a különféle ötvözetek sorában. Ezzel nélkülözhetetlen segítséget nyújt az alakítási viselkedés és a körülbelül várható egyéb tulajdonságok megítélésére nézve. Röviden: megkíméli a különféle sárgarézt foglalkozó szakembert a durva hibák elkövetésétől és újfajta ötvözet elbírálásánál kiindulási alapot ad.

Így érthető az a jelenség is, hogy miért mutatnak néha egészen lehetetlen viselkedést a különleges sárgarezek, ha erősebben elszennyeződtek? (Különösen a hidegen alakított anyagok.) Ha a vegyelemzési adatok megvannak, könnyen megállapítható, hogy ezek az anyagok már a különleges sárgarezek területébe estek át.

Acél és könnyűfém villamos vasutak energiafogyasztása

(Engineering, 1953 május 1., 4553. száma nyomán)

A könnyűfém vasúti kocsik szerkezeti anyaga nemesített Al-Cu-Mg ötvözet (Kynal M39/2). Könnyűfémötvözetet a súly csökkentésére és ezen keresztül az energiatakarékosság szempontjából használtak. A valóban elérhető megtakarítás megállapítására összehasonlító kísérletsorozatot és méréseket végeztek könnyűfém- és acélvonatok között. A vizsgálatok eredményei a következők:

A kísérleti vonatok mindegyike négy kocsiból állott. A vonatokot öntöttvastömbökkel terheltek, hogy létrehozzák azt az összsúlyt, amely megfelel az átlagosan megtelt (vagononként 50 utas) 8 kocsiból összeállított vonat súlyának. A vonatok meghajtott tengelyeinek kerékátmérője 10 mm pontossággal egyenlők voltak. Az összes tengelyek fele volt motorral hajtva, ily módon az összsúly 55%-a állott rendelkezésre adhézió céljára, a gyorsulás $0,9 \text{ m/mp}^2$. Hogy ezt a gyorsulást kisebb maximális áramszükséglettel érhesék el, a könnyűfém vasúti kocsik fokozatos kézi indító berendezésének reléit kisebb fokozatokra állították be, mint az acél vonatnál. A két típusú vonat sebesség/távolság görbéjének tehát azonosnak kell lenni, bár a könnyűfémkocsik áramfogyasztása kisebb lesz.

Az összes méréseket az indítástól a megállásig, mindkét irányban mintegy 800 méter távolságon végezték (ez a távolság megfelelt az állomások átlagos távolságának a vizsgált vonalon). A kísérletekre igénybevett vonalszakaszon rendes üzemi feltételek mellett mindkét végről volt energiaszolgáltatás, a kísérletek alatt azonban, hogy a rendes forgalmat a lehető legkevésbé zavarják, csak az egyik végéről táplálták. Ezért is használtak 8 kocsis vonatok helyett 4 kocsiból összeállított szerelvényeket és azokat oly módon tartották üzemben, hogy a feszültségesés a kollektor-sínen és így a vonatok feszültsége is, megközelítően egyenlő legyen azzal az értékkel, amikor 8 kocsis vonatok a pálya mindkét végéről kaptak energiát.

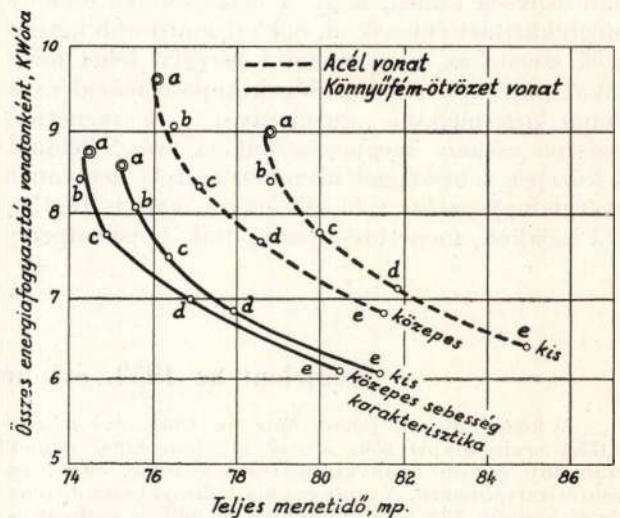
A kísérleti pálya hosszát kimérték és megjelölték mindkét irányban a különböző motorvontatási és gurulási távolságokat, valamint a fékbekapcsolás pontjait. A kísérletsorozat 580, 490, 400 és 305 méter hosszú motorvontatással történt, amely távolságok befutása után az áramot kikapcsolták és a vonat motor nélkül gurult tovább, illetve az áram kikapcsolásával egyidejűleg, azonnal fékeztek a vonatot.

Az összes kísérleteknél mindkét vonaton állandó sebességű fékezést alkalmaztak és a vezető minden alkalommal a villamos légfék teljes erejét („full service“) használta késleltető szabályozással. A fékemeltyűt azután a megállásig nem érintették. Ehhez az eljárásához a vezető jó ítélőképességére van szükség, de megfelelő gyakorlattal lehetővé vált a vonatokat a 800 méteres pálya végén jelző oszloptól ± 3 méternyire megállítani. A hálózati feszültség értékeit magán a vonaton regisztrálták, valamint a kocsik teljes áramfogyasztását is; mérték a vonat sebességét, az áram bekapcsolásá-

nak időtartamát és a fékezés idejét is. A vontatási feszültséget és az áramot ugyancsak mérték és naponként ellenőrizték a sebességet, mérve állandó sebesség mellett a 400 méter befutásra szükséges időt. A teljes menetidőt másodpercenyi pontossággal mérték, ugyanúgy a fékezés időtartamát is, hogy ellenőrizzék az óraművel meghajtott regisztráló műszerek papírszalagjainak sebességét. Az állomáson két külön erre a célra felszerelt wattmérő volt elhelyezve, amelyek kizárólag a vontatásnak és az ellenőrzés vezérléséhez szükséges 50 Voltos egyenáramot szolgáltató két motorgenerátornak a fogyasztását mérték. A vonat fűtését és a légsűrítők motorjait minden menet előtt kikapcsolták.

A kísérleteket megkönnyítette és meggyorsította két 15 Wattos ultranagyfrekvenciás hordozható rádió adó-vevőállomás, amelyekeken keresztül a vonatokon és az állomáson tartózkodó megfigyelő személyzet állandó kapcsolatot tartott egymással.

Ennek az intézkedésnek az volt a célja, hogy azt az időt, ami alatt a pálya a kísérletekre rendelkezésre állott, minél jobban kihasználhassák. Sikert is ily módon az egyik napon pl. három órán belül közel 50 kilométer menetet lebonyolítani.



1. ábra.

Az ábrán látható görbék a két, átlagosan megterhelt vonat energiafogyasztását mutatják, amikor a vonatokat kis és közepes sebességgel tartották üzemben. A görbék „a“ pontjai a „gurulás nélküli“ meneteket jelentő leolvasások, a „b“, „c“, „d“ és „e“ pontok pedig az 580, 490, 400, illetve 305 méter motorvontatás és az áram kikapcsolását követő gurulásra vonatkoznak.

Az eredményeket a következő szempontokból lehet mérlegelni: összehasonlítható először is az a két görbe, amelyeknek egymáshoz legközelebb eső „gurulás nélküli“ menetideje van. Ez az azonos, 80,1 másodperc teljes menetidő alapján az

a célvonalat közepes és a könnyűfém vonatot kis sebesség görbéje. (A menetidő az acélvonalat rendes menetideje a szokásos felgyorsulással.) Ebben az esetben a 148,2 tonnás acélvonalat energiafogyasztása 7,2 kWóra, a 127 tonnás könnyűfémvonalaté pedig 6,31 kWóra, a megtakarítás tehát az egy kilométernél alig hosszabb úton 0,89 kWóra, vagyis 12,4%.

Másik összehasonlítási lehetőség a következő: amikor mind a két vonat kis sebességgel halad, a két vonat motorjainak a fokozatos indítás befejezte után azonos vonóerő/sebesség görbéje lesz és a könnyűfémvonalat, mert súlya kisebb, nagyobb átlagos és nagyobb maximális sebességgel fog haladni. Ekkor a „gurulás nélküli” vontatási menetidő az acélvonalatnál 78,7 másodperc, a könnyűfémvonalatnál pedig 75,3 másodperc. Ha a felgyorsulásra mindkét vonatonál azonos időt számítunk, az acélvonalat menetideje 82,7 másodperc és a könnyűfémvonalaté 79,3 másodperc, az energiafogyasztás pedig 6,89 kWóra, illetve 6,48 kWóra. A megtakarítás tehát részben menetidőben, részben pedig az energiafogyasztásban mutatkozik. Amikor azonban a két vonat menetideje azonos, az acélvonalat fogyasztása változatlanul 6,89 kWóra, a könnyűfémvonalaté azonban 5,88 kWóra csökken és az egész megtakarítás az energiafogyasztás csökkenésében mutatkozik. Ebben az esetben a gyorsabb vonaton az áramot korábban kapcsolják ki, hogy azonos menetidőt kapjanak.

A görbék általános alakja azt mutatja, hogy aránytalanul nagy energiafogyasztás növelésre van szükség ahhoz, hogy a menetidőben csekély megtakarítást érjenek el. Sokkal fontosabb kérdés ezek szerint az, hogy mennyi energiát lehet megtakarítani az áram korábbi kikapcsolásával és a vonat áram nélküli „gurulásával”: a menetidő egészen csekély meghosszabbítása árán. Például a közepes sebességgel üzemben tartott acélvonalat energiafogyasztása 1,25 kW órával, vagyis 13,2%-kal csökken, menetideje pedig csak 1 másodperc-

cel lesz hosszabb, ha az áramot 580 méter út megtétele után kikapcsolják, szemben azzal az esettel, amikor csak az út végén kapcsolnak ki és erősen fékeznek.

A könnyűfémvonalatnál, összehasonlítva azt az acélvonalat, az adott távolságon a megtakarítás elérhető: azonos menetidőnél kisebb energiafogyasztással, vagy rövidebb menetidővel azonos energiafogyasztással és végül kisebb megtakarítással időben és energiafogyasztásban. A tényleges eloszlás attól a módtól függ, ahogyan a vonatot vezetik, valamint a kérdéses vonat sebességétől. Bizonyos képet kaphatunk a vezetés és a vonat sebességének hatásáról, ha elmondjuk, hogy 580 méter motorvontatásnál kis sebesség mellett az acélvonalat menetideje 80 másodperc, a könnyűfémvonalaté pedig 76,4 másodperc. A megtakarítás tehát az utóbbi javára időben 4,5%. Az energiafogyasztás ugyanakkor 7,79 kWóra, illetve 7,5 kWóra, az energiamegtakarítás tehát 3,7%. Közepes sebesség mellett a megfelelő menetidők 77,1 másodperc, illetve 74,7 másodperc, ami 2,9% időmegtakarítás a könnyűfémvonalat javára, az energiafogyasztás pedig 8,34 kWóra, illetve 7,76 kWóra, a megtakarítás tehát 7%. Az acélvonalat közepes sebesség görbéjét összehasonlítva a könnyűfémvonalat kis sebesség görbéjével, az első menetideje 77,1 másodperc, a másodiké 76,4 másodperc, a megtakarítás tehát (időben) 0,9%. Az acélvonalat fogyasztása azonban 8,34 kWóra, a könnyűfémvonalaté pedig csak 7,5 kWóra, az energiamegtakarítás tehát 10,1%.

Tekintettel arra a nagy energiafogyasztásra, amellyel a villamosvonatok üzemeltetése jár, néhány százalékos megtakarításnak is óriási nemzetgazdasági és energiagazdálkodási jelentősége van, amivel a könnyűfémvontatásból készült szerelvények többletára nagyon hamar megtérül.

Vargha Gy.

Megjelent az 1953. évi német (DIN) szabványjegyzék

A közelmúltban jelent meg az 1953. évi német (DIN) szabványjegyzék, amely kerekben 8000 német szabvány és 750 szabványtervezet számát, címét és adatát tartalmazza. A múlt évi kiadvánnyal szemben ez az új jegyzék 375 új szabvánnyal és 560 új szabványtervezettel bővült. Feltünteteti a 300-nál több átdolgozott, vagy újjal helyettesített szabványt, továbbá az utóbbi években hatálytalanított szabványokat is, megfelelő megjegyzés kíséretében. Elsőízben sorolja fel azokat a DIN-szabványokat, amelyek angol, francia, spanyol és portugál fordításban is beszerezhetőek. Az anya-

got az egyetemes tizes osztályozó rendszer szerint csoportosítja. Lényegesen bővített szám- és tárgyjegyzék könnyíti meg a szakcsoportok és szabványok kikeresését.

A jegyzék a „Deutscher Normenausschuss, Beuth-Vertrieb GmbH, Berlin W 15 kiadásában megjelent DIN-közlemények (a német szabványügy központi orgánáinak) 1953 februári számával zárult.

A DIN A5 alakú 344 oldalas fűzött kiadvány ára 9,60 DM.

Az Országos Műszaki Könyvtár új kiadványai

Az Országos Műszaki Könyvtár ajánló bibliográfiai sorozatában megjelentette „Mit olvasson az olvasztár?” és „Mit olvassunk a tervszerű megelőző karbantartásról?” c. ajánló bibliográfiát. Az új két kötetben megjelent könyvecske, a dolgozók szaktudásának fokozására rövid kivonatokban ismerteti a vonat-

kozó ideológiai, szépirodalmi és szakmai könyveket. A bibliográfia által ajánlott könyvek elolvasásával a dolgozók szaktudásukat elmélyíthetik, munkájuk termelékenységét és minőségét megjavíthatják, tehát keresetüket növelhetik és megnyílik az út ennek kapcsán magasabb szintű tanulmányok folytatására.

Kitüntetések

Kitüntetések a Nagy Októberi Szocialista Forradalom 36. évfordulója alkalmából

A Népköztársaság Elnöki Tanácsa a Minisztertanács javaslatára a Nagy Októberi Szocialista Forradalom 36. évfordulója alkalmából kiváló munkájuk elismerésül többek között

Szakali József diósgyőri párttitkárnak, Fock Jenő kohó- és gépipari miniszterhelyettesnek, Bíró Ferenc kohó- és gépipari miniszterhelyettesnek, Lántzky József Ózdi Kohászati Üzemek osztályvezetőjének a *Munka Vörös Zászló Érdemrendet*;

Nagy Endre Vasipari Kutató Intézet munkatársának, Obert István Ózdi Kohászati Üzemek főművezetőjének, Gál István Tatabányai Szénbányászati Tröszt igazgatójának, Krausz Sándor Bányászati Aknámélyítő Tröszt főmérnökének, Buzágh Aladár egyetemi tanárnak, Tarján Gusztáv akadémikusnak a *Munka Érdemrendet*;

Barta Imre kohómérnöknek, Sulcz Ferenc kohómérnöknek, Verebely Kálmán bányamérnöknek a *Rákosi Mátyás Tanulmányi Érdemérmét*;

Sütő József, Lenin Kohászati Művek főművezetőjének, Radványi László főmérnöknek, Puch Károly művezetőnek (Ózd), Szölgyéni Pál igazgató (Metallo-kémia) a *„Szocialista Munkáért“ Érdemérmét*;

Solt Sándor igazgatónak (Nehézipari Könyvkiadó), Klekner László főtechnológusnak (Lenin Koh. Művek), Roszjár Gyula csoportvezető főmérnöknek (Vaskohászati Igazgatóság), Szendi Lajos üzemvezetőnek (Sztálin Vasmű), Csizsár Miklós főmérnöknek (MÁVAG), Kapsz Géza gyárvezetőnek (R. M.) a *Munka Érdemrendet*;

Gál István igazgatónak (Tatabányai Szénb. Tröszt), a *Munka Érdemrendet*;

Csanádi Miklós főmérnöknek (Tatabányai Szénb. Tröszt), Cserjési Miklós főmérnöknek (Nógrádi Szénb. Tröszt), Kreffly Gábor főmérnöknek (Tatabányai Szénb. Tröszt), Martos Ferenc bányamérnöknek (Bányászati Kutató Int.), Szebényi Ferenc főmérnöknek (Tatabányai Szénb. Tröszt), Lányi Béla igazgatóhelyettesnek (Fémipari Kutató Int.), Romwalter Alfréd oszt.-vez. h.-nek (Fémipari Kutató Int.), Majerszky Béla osztályvezetőnek (Nagykanizsa), Novák Frigyes igazgatóhelyettesnek (Ásványbányászati Igazgatóság) a *„Szocialista Munkáért“ Érdemérmét*;

Herr Károly főaknásznak (Pécsi Szénbánya), Nagy János bányamérnöknek (Tatabánya), Rónaki Sándor főaknásznak (Komló), Torják Gusztáv őaknásznak (Nógrádi Szénb. Tröszt) Tolnai Gábor a Dorogi Bányarendészeti Felügyelőség vezetőjének, Hajas Gyula Kutató Intézet elektromérnöknek, Horváth Sándor kohótechnikusnak (Alumíniumipari Igazg.), Zákány Zoltán főmérnöknek (Almásfűzítői Timföldgyár), Gagyí Pálfi András főmérnöknek (Ércbányászati Igazg.) a *Munka Érdemérmét*;

Gyulai Zoltán, a soproni bányamérnöki kar dékánjának és Siska Vince O. T. főosztályvezetőnek, a *„Szocialista Munkáért“ Érdemérmét* adományozta.

A kohó- és gépipari miniszter a Nagy Októberi Szocialista Forradalom 36. évfordulója alkalmából az alábbi kitüntető jelvényeket adományozta:

Vaskohászati igazgatóság:

„A kohászat kiváló dolgozója“ Szabó Bendeguz, Csépes Ferenc, Cseperkálóvics Antal.

„A kohászat érdemes dolgozója“ Dombóvári József, Dobos Mária, Szentiványi Sándor, Farkas László.

Lenin Kohászati Művek:

„Kiváló Kohász“ Maczák János, Korom Sándor, Futó István, Béres József, Dobrozci László, Janovics Géza, Szurmai Bertalan, Bordás Ferenc, Oláh József, Mazuch Pál, Vigh János, id. Gácsi István, Makróczy Sándor, Székely Bertalan, Koics István, Békési György, Paulik Miklós, Batta Mihály, Rácz János, Zoltán István, Molnár Béla, Novák István, Sütő József.

„Érdemes Kohász“ Tóth István, Dobozi János, Datta Barnabás, Kalina János, Antal István, Kerekes János, Zavadszky Béla, Sziklai Gizella, Székelyhidny László, Beregi János, Okos Sándor, Kohulák Sándor, Lakos Ferenc, Balajti József, Gyurickó József, Kovács József, Konkoly Béla, Jávorsky Béla.

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Ankli Sándor, Tátrai Tibor, Tóth András, Tóth István, Frigyk József, ifj. Felföldi Károly, Molnár Lajos, Ormai (Öcsenás) Gyula, Simon Sándor, Stefánovics Imre, Jánosik Gyula, Balázs Dezsőné.

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Mikita Mihály, Balogh Klára, Debreceni János, Fazekas István, Hucskó István, Pásztor Gyula, Béres Dezső, Fudra János, Osztroha József, Liszek András, Kovácsik János, Asztalos Sándor, Szegedi József, Páhi János.

Ózdi Kohászati Üzemek:

„Kiváló Kohász“ Ürmösi László, Bredár József, Kaló Géza, Smigol Miklós, Koós Viktor, Szabó Sándor, Balász Lajos, Vámos Gyula, Angyal Lajos, György Pál, Komlósy Antal, Návoly Lajos, Pongó Barna, Márkus Gyula, Blahut István, Dubinyi Gyula, Kolmont Lajos.

„Érdemes Kohász“ Kristály István, Nagy Károly, Matejesik Géza, Temesvári Sándor, Farkas Ferenc, Básti József, Ferenczy Sándor, Ferencz Gergely, H. Kovács Benjámin, Buzás Barna, Kozma József, Kaló István, Szepsik János, Kotán László, Lezák István, Korneth Pál, Németh (Nyárádi) Pál, Csirmaz Ágoston, Somló László, Gyuró János, ifj. Kolaj József.

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Steklovics Sámuel, Lupták Gusztáv, Kovács Gyula, Mixtai József, Márkuly Miklós, Borbás Aladár, Varga József, Bejcek Ferenc.

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Siroki Ferenc, Bari N. István, Csépanyi Géza, Radvai Aladár, Falusi Kálmán, Hlavács József, Lovas Lajos, Bíró Lajos, Löv Pál, Birta Ernő, Berencsi Dezső, Berenz József, Lászka István, Zehar Pál, Juhász István.

Borsodnádasi Lemezgyár:

„Kiváló Kohász“ Vass Béla, Mikó Gyula, Bóta István, Dorkó Kázmér, Hudik Gyula, Tóth László.

„Érdemes Kohász“ Varga Sándor, Szabó Lajos, Krupp Géza, Érsek Dezső, Márhoffer Sándor, Bóta János, Szeszták Árpád, Fábíán András, Horváth István, Kovács Géza.

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Csoma Nándor, Czwick Imre, Kormos Zsigmond, Moldván Mihály.

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Papp István, Érsek Dezső, Kummer Ferenc.

Salgótarjáni Acélárugyár:

„Kiváló Kohász“ Szajkovics József, Bonczi József.

„Érdemes Kohász“ Ambrócz János, Kovács János, Berczelly László, Galicza József.

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Buda Ferencz, Nagy István, Vrana Margit, Simon Sándor.

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Németh József, Liszka Frigyes, Oravecz László, Sándor Lajos, Csabai József, Nagy István, Tóth Ferenc, Mocsári András, Angyal István.

Lőrinci Hengermű :

„Kiváló Kohász“ Belej Ferenc.

„Érdemes Kohász“ Schuller György, Keszthelyi Imre, Gergely József.

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Várszegi István, Kukoricza Mihály, Seffer Zoltán, Róth Simon Sándor, Székely Levente.

„Kohászati Érdemes Dolgozója“ Gerő József, Sztanyó Imre, Gencsi Zsigmond, Zalatnai Károly, Forgács Péter.

Kohóipari Tervező Iroda :

„Kohászati Kiváló Dolgozója“ Martinovics Ernő, Vajkai János, Csapó Mihály.

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Mercader Jenő.

Fémkohászati Tervező Iroda :

„Kohászati Kiváló Dolgozója“ Schütz Jánosné, Kiss Balázs.

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Koroknai László, Schipek Bertalanné.

Magnezitipar Tüzállománygyár :

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Winkler Tamás, Farkas Gyula.

Kerámiai Tüzállománygyár :

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Szabó Mihály.

Budapesti Tüzállománygyár :

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Fodor Károly, Trunk József.

Diósgyőri Tüzállománygyár :

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Cservák József, Vanyó István.

Ózdi Tüzállománygyár :

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Bárdos Ágoston, Zvolenszky László.

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Leninczky János, Booza István, Antal Mária.

Diósgyőri Szállítási és Raktározási Vállalat :

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Bánlaki László.

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Pogány István, Sárosi István.

Ózdi Salakvas Kitermelő Vállalat :

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Vizardák Béla, Vékei Árpád, Majóczy József.

Vas- és Fémhulladékkipari Vállalat :

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Angéli Lajos, Jurák Imre, Feniász László, Herczog József, Szapliczki Ferenc.

Vaskohászati Kemenceépítő Vállalat :

„Kohászat Kiváló Dolgozója“ Lestál Gyula, Rádi László, Balázs Béla, Horváth Lajos.

„Kohászat Érdemes Dolgozója“ Stritz Alajos.

A Népköztársaság Elnöki Tanácsa az Inotai Alumíniumkohó villamosberendezésének újjáépítése során végzett kiváló munkája elismeréséül Erdős Imrének, a Klement Gottwald Villamossági Gyár főmérnökének, Gebefügi Istvánnak, a MASZOBAL központi műszaki igazgatójához yettesének és Kiss Józsefnek, az Inotai

Alumíniumkohó főenergetikusának a Munkaéremrendet; Bodócs Sándornak, az Inotai Alumíniumkohó főművezetőjének a Szocialista Munkáért Érdeméremet; Kálmán Lajosnak, az Inotai Alumíniumkohó csoportvezetőjének a Munkaéreméremet adományozta.

A lengyel kohók fokozzák a közszükségleti cikkek gyártását

A lengyel kohók nemcsak az ipar fejlesztését szolgáló nyersvas, acél, hengerelt áruk stb. termelésével foglalkoznak, hanem — különösen a párt IX. Plénuma

után — egyre inkább áttérnek közszükségleti cikkek gyártására. Nagy mennyiségben készítenek mezőgazdasági munkaeszközöket, zománcédényeket. Különösen fellendül az alumíniumból készült cikkek termelése: egy év alatt hét és félszer több lesz, mint 1953-ban. Nagy gondot fordítanak a minőség javítására.

A L U M Í N I U M

Felelős szerkesztő : Vajk Péter. — Felelős kiadó : A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója
Megjelenik : 1800 péld.-ban. — Szerkesztőség : VI. Rudas László-u. 45. — Telefon : 129-699.

22066/LD02 - Révai-nyomda Budapest V, Vadász-utca 16 (Felelős vezető : Nyáry Dezső)