

ALUMINIUM

A MAGYAR Bányászati és Kohászati Egyesület Alumínium Szakosztálya
és a Magyar Alumínium és Könnyűfémkutató Intézet Folyóirata

A marxi dialektikus módszer, mint a metallurgia alapja*

Prof. WLADYSŁAW KUCZEWSKI

Prof. inż. Władysław Kuczewski
Marksistowska metoda dialektyczna jako
podstawa metalurgii.
Dialectic method of Marx as a groundwork
of metallurgy.
Die marxische Methodologie als Grundlage der
Metallurgie.

A marxi dialektikus módszer lényegét kimerítően és rendkívül világosan megadja Sztálin zseniális munkája: „A dialektikus és történelmi materializmusról“:

„A dialektika a görög „dialego“ szóból származik, ami beszélgetést, illetve vitatkozást jelent. Az ókorban dialektika alatt az igazságnak az ellenfél gondolkodásában való ellentmondások kimutatása, valamint azok legyőzése útján való feltárását nevezték. Az ókor egyes filozófusai annak a véleménynek adtak kifejezést, hogy az igazság feltárásának legjobb módszere: a gondolkodásban rejlő ellentmondások felfedezése, valamint az ellentétes szemléletek szembeállítására. A későbbiekben a gondolkodásnak e dialektikus módja a természet jelenségeire is kiterjedt. E gondolkodási módszer a természet megismerésének dialektikus módszerévé alakult át, amely a természet jelenségeit, mint örök mozgásban lévő és örökösen változó jelenségeként, a természet fejlődését viszont mint a természetben lévő ellentétek fejlődése és a természet szembenálló erőinek egymásra való hatásának eredményeként vizsgálta.“

A dialektika alapjaiban a metafizika teljes ellentéte.

A marxi dialektikus módszert a következő alapvető tulajdonságok jellemzik:

1. A dialektika a metafizikával ellentétben, a természetet nem mint a tárgyak véletlen felhalmozását, az egymástól elszakadt, elszigetelt és egymástól független jelenségnek tekinti, hanem mint összefüggő egészet, amelyben a tárgyak, jelenségek egymással szervesen összefüggnek, egymástól függőek és kölcsönösen egymásnak feltételei.

* (A „Hutnik“ szerkesztőségének lábjegyzete.) A szilészi műegyetem rektorának, Władysław Kuczewski professzornak ekkor új megvilágításban foglalkozik a metallurgiai problémákkal. Tekintettel arra, hogy a szerzőnek a fiziko-kémiai jelenségek lényegével foglalkozó fejtegetései bizonyos kétségeket ébreszthetnek, meghívjuk a Hutnik olvasóit, hogy e kérdésekkel kapcsolatos vitában vegyenek részt.
A szerkesztőség.

A dialektikus módszer gondolatmenete szerint a természet semilyen jelenségét nem lehet megérteni, ha azt elszigetelt formában, a körülvevő jelenségekkel való összefüggés figyelmen kívül hagyásával vizsgáljuk. A természet ilyen, vagy amolyan jelensége értelmetlen lehet, ha azt a körülvevő körülményekkel való összefüggés figyelmen kívül hagyásával, azaz azoktól elszakítva vizsgáljuk és fordítva, minden jelenség érthető és indokolt lesz, ha azt a körülvevő jelenségekkel való szétszakíthatatlan összefüggésben vizsgáljuk, ha azt vizsgáljuk, hogy az adott jelenségnek mik a körülvevő jelenségek által támasztott feltételei.

2. A dialektika a természetet, a metafizikával ellentétben, nem mint a nyugalom és mozdulatlanlás, hanem mint az állandó mozgás és átalakulás állapotát kezeli, ahol mindig valami keletkezik és fejlődik, valami tönkremegy és letezésének végéhez ér.

A dialektikus módszer éppen azért megköveteli, hogy a jelenségek vizsgálata nemcsak a kölcsönös összefüggésük és feltételeik szempontjából, hanem mozgásuk, változásuk, fejlődésük, keletkezésük és elhalálózásuk szempontjából is történjék.

A dialektikus módszer szerint nem az a legfontosabb, ami adott pillanatban tartósnak tűnik fel, de kezd már elhalálózni, hanem az, ami keletkezik és fejlődik, még akkor is, ha adott pillanatban nem tűnik fel tartósnak, mert a dialektikus módszer szerint csak az nem legyőzött, ami keletkezik és fejlődik.

Engels azt mondja: „Az egész természet a legapróbb molekuláktól kezdve a legnagyobb testekig a kis homokszemeséktől kezdve a naprendszeréig, az összejtől kezdve az emberig, örökös keletkezés és eltűnés, az állandó futás, megállás nélküli mozgás és változás állapotában van.“ (K. Marx és F. Engels: A természet dialektikája XIV. kötet 484 oldal.)

Azért is mondja Engels: „A dialektika a dolgokat, valamint az agyban való visszatükröződésüket főleg kölcsönös összefüggésükben, kapcsolatukban, mozgásukban, keletkezésükben és eltűnésükben kezeli.“ (K. Marx és F. Engels: Anti-Dühring XIV. kötet 23. old.)

3. A fejlődés folyamatát a metafizikával ellentétben a dialektika nem, mint a növekedés közönséges folyamatát kezeli, ahol a mennyiségi változások nem vezetnek minőségi változá-

sokra, hanem mint olyan fejlődést, mely a jelentéktelen és rejtett mennyiségi változásokból látható, alapvető minőségi változásokba megy át, ahol a minőségi változásokra nem fokozatosan, hanem hirtelen gyorsan, egyik állapotból a másik állapotba történő ugrás formájában kerül sor, és pedig nem véletlenül, hanem a fejlődés törvényei szerint a meg nem figyelt és fokozatos mennyiségi változások felhalmozódása eredményeképpen.

Ezért a dialektikus módszer szerint a fejlődés folyamatát nem mint forgó mozgást kell értelmezni, nem mint egyszerű ismétlődését annak, ami elmúlt, hanem mint haladó mozgást, mint emelkedő vonalon való mozgást, a régi minőségi állapotból egy új minőségi állapotba való átmenetet, az egyszerű és alacsonyabb állapotból egy magasabb és összetett állapotba való fejlődést.

Engels azt mondja: „A természet a dialektika próbaköve. A korunkbeli természettudomány ennek kipróbálásához rendkívül gazdag és minden nappal mindjobban felhalmozódó anyagot szolgáltatott, bebizonyítva, hogy a természetben végeredményben minden dialektikusan, nem pedig metafizikusan történik, hogy a természet az állandóan ismétlődő körben nem mozog örökös egyformaságával, hanem tényleges történetesen megy keresztül. Itt elsősorban Darwin-ra kell rámutatni, aki a természetet vonatkozó metafizikus szemléletre nagy csapást mért annak bizonyításával, hogy a jelen egész organikus világ, a növények és állatok és így az ember is, millió évekig tartó fejlődési folyamat eredménye.“ (Anti-Dühring 23. oldal.)

Amikor a dialektikus fejlődést, mint a mennyiségi változásoknak minőségi változásokra való átmenetét jellemzi, Engels megállapítja: „A fizikában minden átalakulás a mennyiségnek minőséggé való átmenetele, a testben foglalt, vagy kívülről akármilyen formában átadott mozgásmennyiség mennyiségi változásának eredménye. Így pl. a víz hőfoka kezdetben a cseppfolyós állapotra nem jelentős, de a cseppfolyós víz hőfokának emelésénél vagy csökkentésénél beáll az a pillanat, amikor a halmazállapot megváltozik és a víz egyik esetben gőzzé, a másik esetben pedig jéggé alakul át. Hasonlóképpen nélkülözhetetlen az áramerősség megadott minimuma ahhoz, hogy az égő platina-drótra izzásba jöjjön; minden fémnek saját izzási és olvadási hőfoka van, minden folyadék adott nyomásnál meghatározott forrás- és fagypontra rendelkezik, — ha eszközeinkkel a megfelelő hőfokot elérhetjük; végül minden gáznak megvan a saját kritikus pontja, amelynél a megfelelő nyomások és lehűlések következtében cseppfolyóssá válik. A fizika úgynevezett konstansai (egy halmazállapotból a másikba való átalakulás pontjai) legtöbbször nem mások, mint ama csomópontok elnevezése, ahol a megnövelt, vagy csökkentett mozgásmennyiség az adott test állapotának minőségi változását eredményezi, ahol tehát a mennyiség minőséggé megy át.“ (K. Marx és F. Engels: A természet dialektikája XIV. kötet 527—528. oldal.)

A kémiára áttérve Engels így folytatja: „A kémiát a testek mennyiségi összetételeinek változásai folytán keletkezett mennyiségi átalakulások tudományának nevezhetjük. Ezt maga

Hegel is tudta már... Az oxigén esetében: ha kettő helyett három atom molekulává egyesül, ozont, tehát a normális oxigéntől élesen különböző szagú és hatású anyagot kapunk. És mit mondhatunk az oxigénnek nitrogénnel, vagy kénnel történő különböző arányú vegyületeiről, amikor is mindegyik arány az összes többi testektől minőségben különböző testet ad.“ (Ugyanott, 528. oldal.)

Engels, amikor a Hegelt hevesen támadó Dühringet kritizálja — aki különben Hegeltől esedeseen kölcsönveszi az ismert állítást, hogy az érzék nélküli, az amorganikus világból való átmenet az organikus élet világába a dolgok új állapotba való ugrása — azt mondja:

„Ez pedig nem más, mint a hegeli mértékarány csomóvonala, ahol a mennyiségi növekedés vagy csökkenés az adott csomópontokban már minőségi ugrásokat okoz, pl. mint a víz hevítésénél, illetve hűtésénél, ahol a forrás és fagyás csomópontjaiban — normális nyomásnál — új halmazállapotba való ugrás van, ahol tehát a mennyiség minőségbe megy át.“ (K. Marx és F. Engels Anti-Dühring XIV. kötet 45—46. oldal.)

4. A metafizikával ellentétben a dialektika abból a feltevésből indul ki, hogy a természet tárgyai, a természet jelenségei belső ellentéteket foglalnak magukban, mert a természet minden tárgyának és jelenségének van jó és rossz oldala, multja és jövője, megvannak túlélésének és fejlődésének elemei és hogy a régi és új közötti ellentétek, a haldokló és megszülető közötti harc a fejlődési folyamat belső tartalmát, a mennyiségi változások minőségi átalakulásának belső tartalmát alkotják.

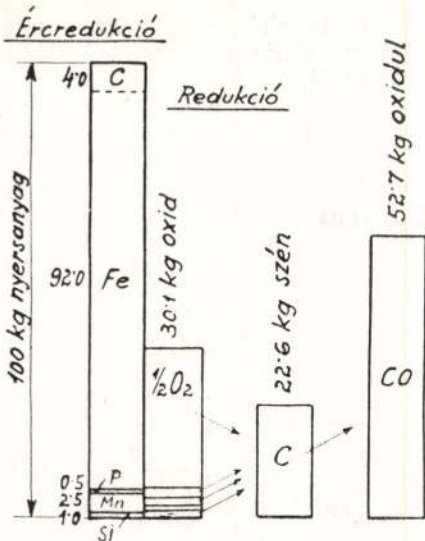
Ezért az alacsonyabból magasabbá való fejlődés folyamata, a dialektikus módszer szerint nem történik a jelenségek harmonikus fejlődésének útján, hanem a tárgyak, jelenségek jellemző ellentételeinek feltárása a szembenálló fenti ellentétekből adódó irányzatok „harc“ útján.

Lenin azt mondja: „A dialektika helyes értelmezésben nem más, mint a tárgyak lényegében lévő ellentmondásoknak vizsgálata.“ (Lenin: Filozófiai füzetek, 263 oldal.) És tovább: „A fejlődés az ellentétek harc.“ (Lenin: Hozzászólás a dialektika kérdéséhez. Művei XIII. kötet, 301. oldal.) A fentiek összefoglalták a marx-i dialektikus módszer alapvető elveinek rövid ismertetését.

A természettudományok s így a kémia is, a XIX. és XX. század nagy eredményeivel döntően megerősítették a dialektikus materializmust, mint az egyetlen igazán tudományos világszemléletet.

A fizikai kémia ténylegesen alkalmazza a dialektikus materialista módszert, mert nem vizsgál minden egyes jelenséget, vagy minden egyes vegyületet külön-külön, hanem keresi az elemi és az utánuk következő, ill. általában a természet minden jelensége közötti függőséget, ill. viszonyt. Ilyen szempontból mondhatjuk, hogy a fizikai kémia feltárja a vegyi folyamatok dialektikáját. Világos, hogy a fizikai kémia döntő módon hozzájárul mind a vegyi, mind a metallurgiai folyamatok legmélyebb és legpontosabb megismeréséhez. Érthető, hogy a fizikai kémia alapos és komoly ismerete nélkül szinte lehetetlen a korszerű metallurgia megismerése.

Disszociáció



Disszociációs nyomás
legnagyobb → legalacsonyabb

Redukciós folyamat

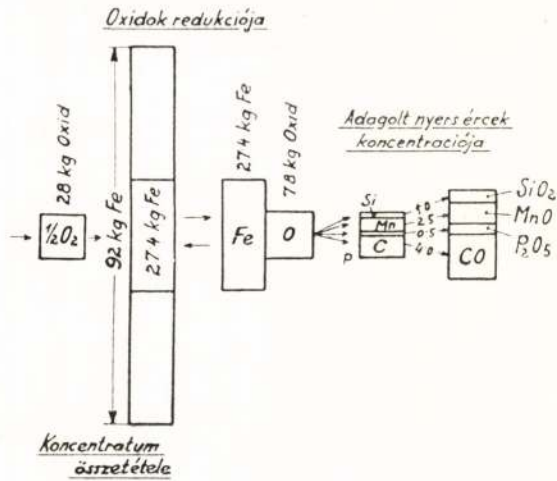
Áttértek a metallurgia egyes, igen fontos kérdéseinek vizsgálatára, szem előtt tartva a dialektikus módszer jelentőségét az elméleti metallurgia körébe tartozó ismeretek elmélyítése, precíz meghatározása és szélesítése területén.

A legfontosabb dolgok, amelyekkel itt foglalkoznunk kell, vagy a fémnek az ércből az ún. redukciós folyamatokkal való kinyerésével, vagy pedig a hozaganyagok és a fémekben lévő szennyeződések oxidálásával függenek össze. Az oxidálás célja a fémnek frissítő folyamatokkal való nemesítése, melyek — mint ismeretes — a redukciós folyamatok ellentétei. (1. sz. ábra.)

Mindkét fajta metallurgiai folyamat mennyiségi viszonyainak egyszerűsített sémája hangsúlyozottan arra mutat rá, hogy mindegyik mind redukcióból, mind oxidációból (frissítésből) áll. Pl. a nagyolvasztóban szilárd szénrel redukált ére a redukció folyamatában elégeti a reduktort, a szenet; a Bessemer, Thomas körteben, vagy Martin-kemencében a vasban feloldott ferrioxid fémvassá redukálódik vissza a nyersvasban lévő anyagok oxidálásánál, miáltal a frissítés folyamata olyan, mintha a forrószél, vagy olvasztógázok oxigénje a tömegek örvényével ellentétben nem a nagy fölőslégen lévő vasat oxidálná közvetlenül, hanem a néha csak tizedszázalékot kitevő szilíciumot, mangánt, foszfort és kénét égetné ki. Látjuk tehát, hogy a közvetett oxidáció együtt jár az oxidens redukálásával.

Vajjon a metallurgiai folyamatok sematikus vázolata nem a marx-i dialektika megmozdíthatatlan alapjain épült? Nem kétséges, hogy az összes metallurgiai folyamatok dialektikusan mennek végbe: mindenyikük a redukció mellett frissítésből is áll; egyes vegyületek eltűnnek azért, hogy helyettük mások keletkezzenek. A metallurgiai folyamat — a mozgás állapota — a mennyiségi változásoknak minőségi változásokba való átmenete.

Disszociáció



Disszociációs nyomás
legnagyobb → legalacsonyabb

Frissítő eljárás

1. ábra.

A nagyolvasztói folyamat — a fém oldaláról vizsgálva — redukciós folyamat, mivel a különböző elemek oxidjai a nagyolvasztóban redukálódnak, felszabadítván szabad állapotban az elemeket.

Ez utóbbiak a magas hőfok viszonyai között a nagyolvasztóból folyékony nyersvas formájában kiikerülő cseppfolyós ötvözetet alkotnak. A nagyolvasztóban bekövetkezik tehát a gázokkal való közvetett redukció után a következő elemek szilárd szénrel történő közvetlen redukciója: a vasé (FeO-ból), a foszforé (P₂O₅-ből), a mangáné (MnO-ból) és a szilíciumé (SiO₂-ből); végeredményben megkapjuk a Fe, P, Mn, Si-nak a nagy feleslegben előforduló C-nal való ötvözetét, azaz a folyékony nyersvasat.

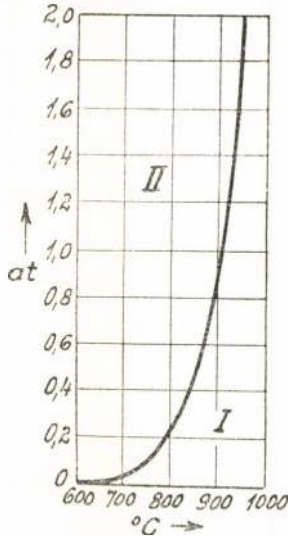
Most a redukciós folyamatok lényegét megpróbáljuk jellemezni, feltételezve, hogy a magas hőfokokon az oxidok disszociáltabb állapotban vannak. Ha fent azt mondtuk, hogy a ferrioxid széndioxiddá — égő szilárd szénrel — redukálódik és a vasat szabad (fémes) állapotban nyerjük, akkor most azt kell mondanunk, hogy a vasoxid redukációjánál két, egymástól teljesen független reakció megy végbe; az első lényege az, hogy a ferrioxid a magas hőfok hatására fémvassá és szabad oxigénné disszociál; a másik reakció viszont megadja a szabad oxigénnek a kóksz szilárd szénrel való vegyülését, az egyidejű CO keletkezésével:

- 1) $FeO \rightleftharpoons Fe + \frac{1}{2} O_2$
- 2) $Fe + \frac{1}{2} O_2 + C_{kóksz} = Fe + CO$

A kérdésnek ilyen új, korszerű felvetése abból a feltevésből indul ki, hogy az oxidok a disszociáció állapotában vannak.

Hődisszociáción általában a különböző elemekből álló vegyületek hőmérsékletét, tehát hatására beállott szétesését értjük. A kérdésnek ilyen magyarázatát sem mint pontosat, sem mint igazat nem lehet elismerni, Semilyen kö-

rülmények között nem lehet azt állítani, hogy a disszociáció csak azért lép fel, mert állandó nyomás mellett nő a rendszer hőmérséklete. Világos, hogy a hőmérséklet kedvez a vegyület alkotórészeire való szétesésének, de a hőmérséklet csak növeli a minden, még a legkisebb hőfoknál is — természetesen az abszolút 0 hőfokot (0° K azaz — 273° C), kivéve — előforduló disszo-



2. ábra.

ciációt. Mint ismeretes, a hőtermeléssel keletkező vegyületek (exotermikus) a hőmérséklet emelkedésével mind nagyobb mértékben szétesnek. A hőfokemelés nem okozza a vegyületek szétesését, hanem csak változtatja mennyiség szempontjából szétesésük állapotát. A disszociáció jelenségét úgy kell értelmezni, mintha pl. az oxidok mindig disszociált állapotban volnának. Így pl. az oxidokat összetett testeknek kellene feltételeznünk, amelyekben saját „haláluk”, megsemmisülésük és szétesésük magja rejlik. Mindegyik oxid magában hordja saját antitézisét, saját „negációját”. A „negáció” éppen az, hogy minden oxid disszociált állapotban van. Azt, hogy ez tényleg így van, mindkét fajta metallurgiai folyamat mennyiségi viszonyaira vonatkozó séma legkifejezőbb és tanulságos példáján lehet bebizonyítani, ahol a disszociáció és redukció majdnem egyértelmű (egyikben sem mehet végbe a redukció disszociáció nélkül) és ahol minden folyamat lefolyása megadja a disszociáció csökkenő feszültségét.

Vizsgáljuk a kalciumkarbonát (CaCO_3) példáját, amely a hőmérséklet fokozatos emelkedésével fokozatosan CaO -ra és CO_2 -re esik szét. Ez a szétesés a kísérlet körülményeitől függően különbözőképpen játszódik le. Előfordulhatnak olyan esetek, hogy a CaCO_3 egyáltalában nem esik szét CaO -ra és CO_2 -re, lehetnek olyanok is, amikor mézsképződés mellett teljesen szétesik (CaO). Végül előfordulhat, hogy a CaCO_3 csak egy része ad meszet, másik része pedig változatlan marad.

A disszociáció folyamatának alakulása tehát a kísérlet külső körülményeinek alakulásától függ. Ebből egyáltalában nem következik az, hogy a disszociáció oka a külső körülményekben és nem pedig a kalciumkarbonátban magában keresendő. Ellenkezőleg, a disszociáció oka kizárólag és egyedül a CaCO_3 . Ez teljesen nyilvánvalóvá válik, amikor kísérleteink tár-

gyául — CaCO_3 helyett — elemet, pl. valamilyen fémot választunk ki, amely egyáltalában és semilyen körülmények között nem disszociál. Állíthatjuk tehát, hogy a kalciumkarbonát önmagában hordja a megsemmisülés szétesés, „halál” magját.

Ha a „halál” nem áll be és megállapítjuk, hogy a CaCO_3 korlátlan időn át létezik, akkor az csak a külső körülményekből adódik, melyek azon a tényen alapulnak, hogy a kalciumkarbonát csak akkor létezik korlátlanul hosszú ideig, ha pontosan meghatározott molekuláris nyomású széndioxid atmoszférával $\text{CO}_2(\text{P}_{\text{CO}_2})$ van körülveve.

Amikor azt mondjuk, hogy a kalciumkarbonát 1 atom kalciumot, 1 atom szenet és 3 atom oxigént tartalmazó vegyület és amikor a CaCO_3 képletet írjuk, meg kell állapítanunk, hogy ez a képlet nem felel meg a valóságnak, mivel a kalciumkarbonát maga, az öt körülvevő széndioxid atmoszféra nélkül nem létezik, és hogy a reális kalciumkarbonát, azaz amely a valóságban előfordul, a $\text{CaCO}_3 + m\text{CO}_2$ képletnek felel meg. A kalciumkarbonát vegyi képlete az egyoldalú dogmatikus fogalmazásban a kémia tankönyveiben megadott CaCO_3 egyszerű képlete. A szélesebb, igazán tudományos, dialektikus marxi fogalmazásban a kalciumkarbonát vegyi képletéhez bizonyos, a kalciumkarbonátot körülvevő széndioxid molekuláris nyomásának megfelelő CO_2 mennyiséget kell és tartozunk mindig hozzáadni:



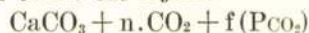
ahol

$$m = f(\text{P}_{\text{CO}_2})$$

Itt kifejezésre jutnak a CaCO_3 létezésének körülményei.

A dialektikus módszer alkalmazásával a régi, dogmatikus fogalmazásban ismert kérdésről teljesen új képet kapunk. Rendszerint nem gondolunk erre a megcsontosodott dogmatizmusra; a kalciumkarbonátot környezetétől teljesen függetlennek tekintjük. A régi, dogmatikus fogalmazásban a CaCO_3 csak papíron létezik. A marxi dialektikus fogalmazásban pedig kiderül, hogy a kalciumkarbonát a: $\text{CaCO}_3 + f(\text{P}_{\text{CO}_2}) \cdot \text{CO}_2$ rendszer egy része.

Az $f(\text{P}_{\text{CO}_2})$ ú. n. „egyensúlyi állapotnak” megfelelő értéke a hőfokkal változik, de azoknak a hőfokoknak határain belül, amelyekkel a mindennapi gyakorlatban találkozunk, nem egyetlen nullával. Az érték nullához közel eshet, sőt végtelen is lehet, ami viszont nem jelenti azt, hogy $m = f(\text{P}_{\text{CO}_2}) = 0$. A marxi dialektikus fogalmazásban tehát ezt írjuk:



és

$$n = 1 \text{ és } f(\text{P}_{\text{CO}_2}) \rightarrow 0\text{-tól}$$

$$n \rightarrow 0 \text{ és } f(\text{P}_{\text{CO}_2}) = 1\text{-ig való határok között.}$$

Közelítő gyakorlati fogalmazásban a fenti egyenletet a következő határok között vizsgáljuk: a normális hőfokú CaCO_3 -tól a 895° C feletti hőfok $\text{CaO} + \text{CO}_2$ disszociáció állapotig.

A 2. sz. ábra mutatja a hőfok emelkedésével* a CaCO_3 disszociációja folytán kiváló széndioxid nyomásának emelését.

* Dr. ing. H. Schenek: Einführung in die physikalische Chemie der Eisenhüttenprozesse. Berlin, 1932. I. kötet, 10. old.

A fizikai kémia vívmányai révén ma már ismeretes a hőfok és a P_{CO_2} molekuláris nyomás nagysága közötti pontos mennyiségi összefüggés. Bajkow professzor nyomán ezt a függőséget egyszerűsített formában kifejezi a

$$\lg P_{CO_2} = A - \frac{Q}{RT} \text{ képlet.}$$

A széndioxid molekuláris nyomásának logaritmususa bizonyos, az összes karbonátokra nézve azonos állandóval egyenlő, levonva a nevezőben lévő abszolút hőfoktól és a R-gázállandótól, valamint a számlálóban lévő, az adott karbonát keletkezési folyamatának hőhatásfokától, Q -tól függő változó értéket.

Látható, hogy a T növekedésével nő a CO_2 molekuláris nyomása a T csökkenésével — csökken. A karbonát keletkezési hőjének hatásfoka Q , a T -vel ellentétes előjelű.

Itt tehát nincs szó általános állításról, hanem csak pontosan kifejezett mennyiségi arányról. A képletből kiténik, hogy a CO_2 molekuláris nyomása a hőmérséklettől és Q -tól függ. Kalciumkarbonát esetén $Q = 42\,500$ kal/kg-mol, más karbonátok esetén a Q értéke más.

Bizonyos adott hőfok esetében kis Q -nál a P_{CO_2} molekuláris nyomás nagy lesz, nagy Q -nál pedig kicsi. Ha Q értéke nagy, a karbonát nehezen bomlik, viszont kis Q esetében könnyen disszociál. Marxi dialektikus szempontból el kell vetni a vegyészek között a „vegyületek állandóságára” vonatkozó begyökerezett fogalmat. Nem lehet állítani, hogy ez vagy az a vegyület állandó, a másik pedig nem, mert itt az „állandóság fokáról” van szó. Minden anyag meghatározott körülmények között állandó, más meghatározott körülmények között lehet nem állandó. A vegyület állandóságáról beszélve, mindig létezésének pontosan meghatározott körülményeiből kell kiindulni. Itt megtaláljuk a matematikailag kifejezett függőséget. A jelentős Q kis molekuláris nyomást kis disszociációt eredményez, amely alacsony hőfokoknál észrevehetetlen. Csekély Q jelentős molekuláris nyomást, jelentős disszociációt eredményez, mely már párszáz $^{\circ}C$ túllépése után észrevehető. Az alább felsorolt egyes karbonátok keletkezési Q hőfokának értékei az egyes karbonátok disszociálásának hőfoka mellett:

	keal/Q kg-mol	$^{\circ}C$
$CuCO_3$	13 620	200—300
$FeCO_3$	20 930	380—400
$MnCO_3$	22 940	525
$MgCO_3$	26 150	570
$CaCO_3$	42 500	895
$BaCO_3$	62 000 felett	1100

Az összes vegyi tankönyvek közlik, hogy a rézkarbonát nem tartós, hogy könnyen bomlik, míg a $BaCO_3$ igen (állandó) tartós vegyület és még hevítésnél sem bomlik, sem nem disszociál. A kérdés ilyen beállítása a valósággal teljes ellentétben áll. Az összes sók kivétel nélkül bizonyos körülmények között bomlanak, bizonyos körülmények között pedig nem változnak. Bizonyos esetekben a disszociáció feltétele a magas

hőfok, más esetekben elegendő az alacsony hőfok. Tudományos szempontból megengedhetetlen, hogy a szubjektív emocionális benyomásainkat elsietve és kritika nélkül a külső jelenségek területére, a minket körülvevő természet területére átvigyük. Minden vegyületnek külön-külön történet vizsgálata — a többiekkel való összefüggésén kívül — a minket érdeklő folyamatról csak igen korlátozott képet ad. Ezzel szemben, ha egyidejűleg vizsgáljuk a hőfok és nyomás különböző körülményei között az összes számbajövő vegyületek viselkedését, akkor egy befejezett rendszert kapunk, amelynek egyes láncszemei egymással összekötöttek pontosan meghatározott mennyiségi függőségekkel, mint ahogyan azt pl. a karbonátok esetében a fenti, a molekuláris nyomás P_{CO_2} , Q és T -től függő említett egyenlete kifejezi.

Ezen a példán meggyőződhetünk arról, hogy a külső körülmények figyelembevételét követelő marxi dialektikus módszer igen lényeges módon szélesíti tudásunkat és mélyíti a természet jelenségeire vonatkozó ismereteinket. Teljesen azonos a helyzet az oxidoknál, amikor azokat mint disszociált állapotú rendszert vizsgáljuk. Ez állítás feltétele az, hogy fémoxid önmagában nem létezhetik, csak oxigént tartalmazó atmoszférával körülvéve. Ezáltal a fémoxid képlete a $f(PO_2)O_2$ hozzáadása nélkül értelmetlen. Ezzel szemben $MeO + f(PO_2)O_2$ képlet dialektikusan visszatükrözi a MeO létezésének körülményeit. A $MeO + f(PO_2)O_2$ képlet lehetővé teszi a különböző oxidok közötti arány kijelölését, amelyre közösen vonatkoznak a fizikai kémia törvényei. Ez a képlet ugyanakkor lehetővé teszi olyan jelenségek analizését, melyeket nélküle nem vettünk volna figyelembe.

Ha az oxidok szilárd állapotban maradnak, akkor az oxid molekuláris nyomása (P_{O_2}) és az oxidok keletkezésének hőhatása (Q) és a hőfok (T) között a következő összefüggés fog fennállani:

$$\lg P_{O_2} = A' - \frac{Q}{RT}$$

A képlet a karbonátok esetében alkalmazott képlettel azonos, azzal az egyetlen különbséggel, hogy az állandó A' értéke itt más, mint a karbonátok (A) esetében.

A képletből kiténik, hogy minél nagyobb a Q , annál kevésbé disszociálnak az oxidok. Az oxidoknak egymással való összehasonlításánál a fém az oxigén 1 kg-atomnak megfelelő mennyiségét kell figyelembe venni. A FeO egy molekulájának hőhatásfoka $Q = 64\,430$ kcal/kg atom O_2 , a P_2O_5 $1/5$ mol-nál $74\,000$ kcal/kg atom O_2 , 1 mol MnO -ra $96\,720$ kcal/kg atom O_2 , $1/2$ mol SiO_2 -re $103\,925$ kcal/kg atom O_2 .

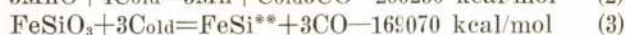
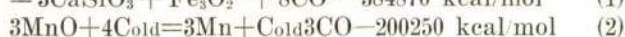
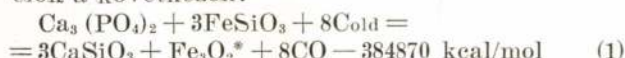
A nagyolvasztó folyamatára áttérve megállapíthatjuk, hogy az oxidok szilárd szénnel történő redukciója annál könnyebben játszódik le, minél kisebb a hő hatásfokának Q értéke, tehát minél nagyobb a disszociáció PO_2 expanzációja. Innen adódik az, hogy a nagyolvasztóban legkönnyebben redukálódik (szilárd szénnel) a FeO , utána a P_2O_5 és sorra a MnO és SiO_2 . Legnehezebben redukálódik — mint ahogy azt a mindennapi gyakorlatból tudjuk — a kovaszv.

A nagyolvasztó folyamatot vizsgáló számos kutató bebizonyította, hogy a felsorolt négy elem redukciója néha egyidőben ugyanazon a helyen

történik, tehát ugyanabban a hőfokban is — mint ahogy az a disszociáció egyszerűsített képletéből kitűnik — az 1 kg atomoxigénre vonatkoztatott ugyanazon hőmennyiség visszaadásával; a nyugvó alatt kivett fémpróbákból az 1200° C-t nem túllépő hőfok zónáiból megállapíthatjuk a vas mellett a foszfor, mangán és szilícium jelenlétét. Ennek a látszólagosan természetellenes jelenségnek közelebbi analizise kimutatja, hogy az a nagyolvasztó magasabb hőfokban redukált és karbonizált vasban feloldott szén közvetítésével történik. Azáltal, hogy a nyersvasban szénoldat létezik, egyenlővé válik a redukció hőfoka, és ugyanakkor a négy oxid (FeO, P₂O₅, MnO és SiO₂) a vas folyékony szénoldattal körülvett oxidok disszociációk expanziója és hőfoka.

Könnyen érthető, hogy ha az FeO, P₂O₅, MnO és SiO₂ Q hője, valamint a disszociáció expanziója és hőfoka nem volna egyenlő, nem kerülne sor az egyidejű (a kemence egy ugyanazon pontjában) történő dezoxidációra (redukcióra).

A nagyolvasztó nyugvóján lejátszódó reakciók a következők:

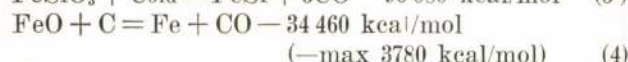
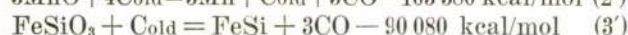
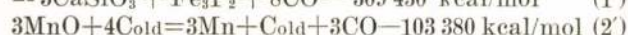
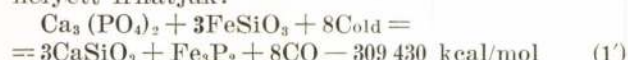


A fenti reakciók mindegyike 1000° C-nál magasabb hőfoknál — a nagyolvasztások mindennapi tapasztalatai szerint — a hőráfordítás nem lehet nagyobb annál az értéknél, mely ferrioxidnak a nyugvóban a következő képlet szerint történő közvetlen redukációjával függ össze:



Eszerint tehát mindegyik redukált elemnél nem nagyobb 34,460 kcal/kg-atom O-nél. Nem nehéz bebizonyítani, hogy ez a lehetséges legacsonyabb hőráfordítás. Ily esetben tehát az (1) képletben a hőráfordítás nem lépheti túl a 8 · 34460 = 275680 kcal/mol, a (2) és (3) képletben a 3 · 34460 = 103380 kcal/mol.

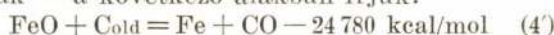
Ezért a fenti négy termokémiai egyenlet helyett írhatjuk:



Az (1'), (2'), (3') reakciókat az (1), (2), (3) reakciókkal összehasonlítva, a hőráfordításcsökkenés a vasban feloldott szén 1 kg/atomra vonatkoztatva:

(1') reakció	9 680 kcal/12 kg C
(2') "	32 290 " "
(3') "	26 330 " "

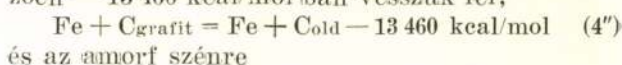
A FeO-nak a vasban feloldott szénrel történő redukációját — ahogy azt később elmagyarázzuk — a következő alakban írjuk:



* Az Fe₃O₄ keletkezési hőjének közelítő értéke 66250 kcal/mol (prof. Pavlov).

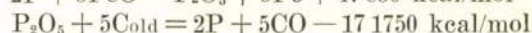
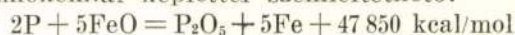
** Az FeSi vegyület keletkezési hője 19200 kcal/mol (Körber).

A grafitoldatnak a folyékony vasban való keletkezési hőjét — J. Chipman adataival egyezően — 13460 kcal/mol-ban vesszük fel;

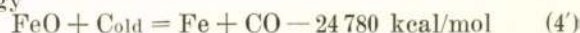
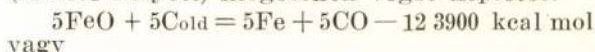


A (4''') képlet azért helyes, mert a koksztban lévő szén általában grafit alakjában fordul elő, a folyékony nyersvasban oldott szén viszont kétségtelenül amorf szén.

A gyakorlatból jólismert tény, hogy a Thomas eljárásnál a foszfor, a szénnek a nyersvasból való eltüntetése után ég ki; ez a következő termokémiai képlettel szemléltethető:



a két képlet összeadásából megkapjuk a szén (foszfor helyett) kiégésének végső képletét:



Ez viszont a szénoldat folyékony vasban való keletkezésének hőráfordítása: 34460 — 24780 = 9680 kcal/12 kg C, tehát pontosan ugyanannyi, mint a nagyolvasztós folyamatnál a folyékony vasban lévő szénoldat bomlásánál keletkezett hőmennyiség. A P₂O₅-nek a nyersvasban feloldott szénrel történő redukációjánál (9680 kcal/12 kgC). A fenti számítás helyességét alátámasztja az a tény, hogy a Thomas-körtében a szén és grafit CO₂-re és CO-ra számított égéshője mindegyiknél pontosan 3780 kcal/mol-al különbözik. Annak ellenére, hogy ugyanaz a különbség adódott a Chipman adataiból és megközelítő számításainkból (13460 — 3780 = 9680 kcal/mol), a fenti számítás megerősítése külön laboratóriumi vizsgálatokat kíván.

A fent részletezett kémiai folyamatok a nagyolvasztó nyugvójában játszódhatnak le a folyékony nyersvas és folyékony (a mindig vasas) salak (FeSiO₃) egy-egy cseppje között, vagy pedig a folyékony nyersvas és folyékony salak cseppjei és az izzó koksztarabok között. A (1'), (2') és (3') reakciók tehát nemcsak a só és oxid disszociációjának eredménye, hanem a vasban oldott szén létezése révén megkönnyített disszociáció hatása is, mely döntően csökkenti a MnO és SiO₂ redukcióját és legkevesebbé segíti elő a P₂O₅ redukcióját. Így tehát a szénnek a folyékony vasban való oldata — a T-nek Q-tól való, a karbonátok esetében megadott függőségéhez hasonlóan — növeli a disszociáció expanzióját és csökkenti hőfokát.

A marxi dialektikus módszer, mint a kémia alapja, megadja a metallurgiai folyamatok helyes értelmezését, mely hasznos mind az elmélet, mind a kohászati gyakorlat szempontjából. Tudjuk, hogy az oxid redukciója annál könnyebb, minél kisebb keletkezésének hőeffektusa, és minél magasabb disszociációjának expanziója. Tudjuk továbbá, hogy ezt az expanziót nagy mértékben növeli a vasban lévő szénoldat. Frissítő folyamatokról beszélve, éppen az ellenkezőre gondolnak: legkönnyebben oxidálódik az az elem, mely legtöbb hőt fejt ki és amelynek disszociációja a legkisebb expanzióval jár. Mint már mondtuk, a kiégés sorrendje és a hőhatásuk így alakul:

Si	103 925	keal/kg atom O ₂
Mn	96 720	" " "
P	74 000	" " "
C	29 970 = (+ 9680 kg cal/kg atom O ₂)	

Mi adódik ebből? Ebből az adódik, hogy amikor a ferrioxid a vasban feloldódik, frissíti a Si-t, Mn-t, P-t és végül C-t, mind a Martin-kemencében, mind minden frissítő folyamatban (a Thomas-folyamat kivételével).

Első pillantásra úgy látszik, hogy a redukciós (nagyolvasztós) és frissítő (Martin) folyamat között nincs semmi közös vonás. A valóságban mindkét ellentétes folyamatban ugyanazt a vegyfolyamatot találjuk, csak fordított sorrendben:

A nagyolvasztó folyamatnál a közvetlen redukciót

a Fe	64 430	keal/16 kg O ₂ árán
a P	74 000	" "
a Mn	96 720	" "
a Si	103 925	" "

a Martin-folyamatnál a frissítést

a Si	103 925	keal/16 kg O ₂ fejlesztésével
a Mn	96 720	" "
a P	74 000	" "

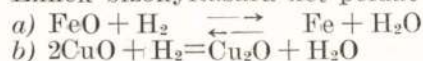
és a szén kiégése után:

Fe	64 430	keal/16 kg O ₂ fejlesztésével.
----	--------	---

Ez az, amit az oxidok disszociációs elméletére vonatkozóan a marxi dialektikus módszer nekünk ad. De ez még nem minden.

A leningrádi M. Kalinin-nevű politechnikai intézet elméleti metallurgiájának professzora, a Szovjetunió Tudományos Akadémiájának elnökhelyettese, Bajkov Alekszandr állítja, hogy a dialektikus módszerrel feltételezhető a kémiai vegyfolyamatok lefolyása.

Ennek bizonyítására két példát hoz fel:*



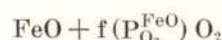
rámutatva arra a tényre, hogy az *a*) vegyfolyamat megfordítható (reversibilis), míg a *b*) a megfordíthatatlan vegyfolyamatokhoz tartozik.

H_a a kémiai vegyfolyamatokat formális (dogmatikus) szempöngből vizsgáljuk, azt mondjuk, hogy minden folyamat megfordítható, minden folyamat egyensúlyban lehet. Ismerve az egyensúlyi állapotot, megismerjük mindegyik folyamat lefolyását. Az egyensúly feltételei mindkét *a*) és *b*) esetben egyenlők. A hidrogén és vízgöz töménység-arányának logaritmusai mindegyik reakció esetében állandó nyomásnál állandó értékű, mely csak a hőfokoktól függ.

$$\text{FeO} \text{ esetében } \lg \frac{C_{\text{H}_2}}{C_{\text{H}_2\text{O}}} = K,$$

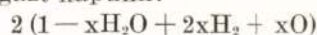
$$\text{CuO} \text{ „ } \lg \frac{C_{\text{H}_2}}{C_{\text{H}_2\text{O}}} = K'$$

Formális (dogmatikus) szempöngből jogunk van az *a*), *b*) egyenlet felállítására. Amíg az *a*) egyenlet teljes mértékben reális, addig a *b*) egyenletnek semmi értelme nincs; nem írható fel, nem valósítható meg, mivel a *b*) folyamat megfordíthatatlan. És miért? Azért, mert a Fe, FeO, H₂, H₂O rendszerben a FeO képletet a marxi dialektikai rendszerrel egyetértésben a:



alakban kell felírni. Ebből kítűnik, hogy a rendszerben a FeO mellett P_{O₂}^{FeO} molekuláris nyomású szabad oxigénnek is kell lennie.

Más oldalról pedig a vízgöz disszociációjából három gázt kapunk:



amelyek között feltétlenül megtalálhatjuk a meghatározott P_{O₂}^{H₂O} molekuláris nagyságú oxigént, amikor is P_{O₂}^{H₂O} > P_{O₂}^{FeO}

Az *a*) reakcióból, a vízgöz atmoszférájában keletkezett Fe, FeO-vá oxidálódik vissza; Fe + H₂O = FeO + H₂.

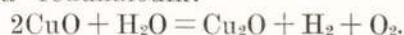
A folyamat abban a pillanatban fejeződik be, amikor a vízgöz P_{O₂}^{H₂O} oxigénjének molekuláris nyomása egyenlő lesz a FeO disszociációjának expanziójával: P_{O₂}^{H₂O} = P_{O₂}^{FeO}.

Ez esetben az *a*) reakció egyensúlyi állapotát éri el: a FeO-nak hidrogénnel való redukciós sebessége egyenlő a redukált fémvasnak a vízgöz oxigénjével való oxidálási sebességével.

Más a helyzet a rézoxid redukciójánál. A különbség az, hogy a rézoxid disszociációjának expanziója P_{O₂}^{CuO} minden — a gyakorlat szempöngjéből jelentős — esetben lényegesen nagyobb a vízgöz oxidációjának molekuláris nyomásánál

$$P_{\text{O}_2}^{\text{CuO}} > P_{\text{O}_2}^{\text{H}_2\text{O}}$$

Ilyen körülmények között nem létezhet a CuO s így vízgöz atmoszférájában a rézoxid rézoxidullá redukálódik:



Bajkov professzor a redukcióról és a reduktorokról általánosságban elfogadott fogalmakkal ellentétben jó eredménnyel redukálta a rézoxidot — széndioxid segítségével, éspedig kizárólagosan csak azért, mert

$$P_{\text{O}_2}^{\text{CuO}} > P_{\text{O}_2}^{\text{CO}}$$

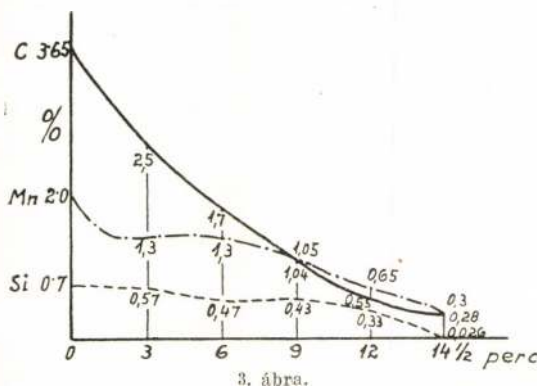
A tiszta széndioxid atmoszférájában Bajkov professzor laboratóriumában elért CuO redukcióját vizsgálva, A. P. Luban professzor a „Nagyolvasztó folyamat vizsgálata“ című munkájában (Metallurgizdat, Moszkva, 1948.) a következőket írja (13. oldal): „A CuO-nak Cu₂O-lá való átmenete a CO₂ atmoszférájában O₂ keletkezés mellett (vagy H₂ és O₂ keletkezésével a H₂O atmoszférájában — a szerző megjegyzése) redukciós folyamat, mert eredményeképpen csökken a réz vegyértéke. A metallurgiában elfogadott nomenklatúra szerint ezt a folyamatot legmegfelelőbben a rézoxid disszociáció reakciójának kellene elnevezni. A metallurgusok általában — annak ellenére, hogy erre vonatkozólag nincsenek lefektetett szabályok — redukciós reakciónak csak olyan reakciókat tekintenek, amelyekben a redukált oxid oxigénjével vegyülő reduktor részvesz. Kizárólag a marxi dialektikus módszer volt arra képes, hogy a metallurgiai folyamatok elméletére és gyakorlatára nézve ezt a rendkívül lényeges következtetést vonja le. A víz mindig disszociált állapotban és az oxid szintén mindig ebben az állapotban van. Az e tényeket figyelembevevő képlet tükrözi vissza a szélső értékek egységét. Mindkét szélső érték mindig együtt lép fel, soha nem találhatjuk csak a vízgöz

* A Szovjetunió Tudományos Akadémiája, A. A. Bajkov Összegyűjtött munkái II. kötet, Moszkva-Leningrad 1948. 284–88. old.

bomlási termékei nélkül, azaz hidrogénből és oxigénből összetevődő keveréke nélkül, melyek a víz állandó kísérői. A mennyiségi különbség azt eredményezi, hogy az X vagy nullához, vagy az egységhez közeledik. A dialektikus materializmus más alaptörvényei is alkalmazást nyernek, így a mennyiségi változások minőségi változásokká való átalakulásának törvényei. Mint ismeretes, a metallurgia folyékony és szilárd anyagokkal foglalkozik, amelyek vegyi összetételüket igen széles határok között változtathatják. Éppen a metallurgiában állandóan előfordul a mennyiségi változások minőségi változásokká való átalakulása. A mai dialektikus módszer lehetővé teszi a helyes fogalom kialakítását arra nézve, hogy mi a vas, az acél, vagy öntöttvas: a lágyvasdarab rugalmas acéllá alakul át, az acél pedig törekeny öntöttvassá válik, egyedül azáltal, hogy széntartalma nő.

Ez a törvény még nagyobb jelentőségű a salak hatásában és elméletében, ahol a salakot igen különböző vegyi összetétel jellemzi. A mennyiségi változások minőségi változásokká való átalakulásának törvénye segítségével a salak összetevői között olyan mennyiségi viszonyt találunk, amely metallurgiai tulajdonságainak hirtelen változásait jellemzi. Ily módon kapjuk a savanyú salakokat, amelyekben össze vannak kötve a szilikátok a szabad kovasavval és a bázikus salakokat, ahol a szilikátok mellett szabad állapotú bázikus oxidok fordulnak elő. A savanyú salakok nem kötik le a P_2O_5 -t, a bázikus salakok ezzel szemben defoszforizálnak és deszulfurizálnak. Figyelmen kívül hagyva azt, hogy a vaskohászatban alkalmazott salakok száma igen nagy, kimutathatók olyan salakok, melyeknél előfordul a mennyiségi változásoknak hirtelen átmenete minőségi változásokká.

A frissítésnek alávetett nyersvasban lévő elemek kiégésének különböző sebességeire vonatkozó eddig megmagyarázhatatlan s a folyamat hőfokától függő jelensége teljes elméleti bizonyítást nyer, ha magyarázatánál a marxi dialektikus módszert alkalmazzuk.



3. ábra.

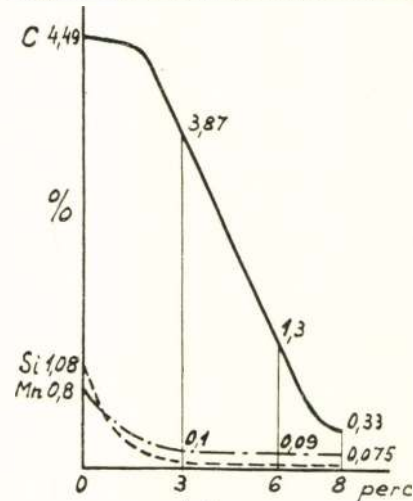
Alább megadjuk a Bessemer-folyamat két fázisát az acél igen magas és normális kezdő hőfoka mellett.**

A 3. számú ábra az uráli vasmű (alsószalini) adagjára vonatkozik kb. 1600° C hőfoknál.

** A Szovjetunió Tudományos Akadémiája W. E. Grum-Gzsimajlo összegyűjtött munkái. Moszkva, Lenin-grád 1949. 25–26. oldal.

A 4. ábra a svéd (Sandviken) vasmű adagjára vonatkozik az 1350° C hőfokot túllépő kezdő hőfokkal.

Amíg a 3. számú ábrán a szilícium és mangán kiégésvonala rendkívül enyhe lefolyású, addig a 4. számú ábra szilíciumra és mangánra vonatkozó adatai mindkét elem rendkívül gyors kiégéséről tanuskodnak. Ugyanezt mondhatjuk a szén kiégésének sebességéről, mely nagyobb a

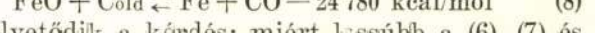
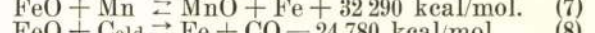
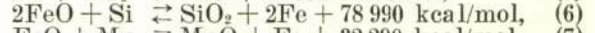
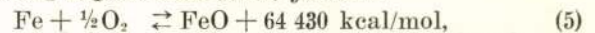


4. ábra.

sandvikeni, alacsonyabb kezdő acélhőfokú folyamatnál, mint az alsószalini, igen magas kezdő acélhőfokú folyamatnál.

Elméletileg hogyan magyarázható ez a jelenség?

A Bessemer-folyamatot az alábbi termokémiai képletekkel lehet jelezni:



Felvetődik a kérdés: miért lassúbb a (6), (7) és (8)-as reakciók lefolyása az acél magasabb hőfokánál, mint az alacsonyabbnál. A válasz világos: Tekintettel arra, hogy nagyobb hőfoknál az (5) reakció kevesebb FeO-t ad, mint alacsonyabb hőfoknál, a (6), (7) és (8) reakció lefolyása balról jobbra fékezett, mert a hőfok emelkedésével nő az (5)-ös reakcióból keletkező ferrioxid expanziója, s eredményképpen csökken az (5) számú reakció sebessége balról jobbra az alábbi képlettel egyezően:

$$\log P_{\text{O}_2}^{\text{FeO}} = A' - \frac{Q}{RT}$$

A (6), (7) és (8) reakciók sebességei a hőfok emelkedésével tekintélyesen csökkennek az egyszerű oknál fogva, hogy az — FeO disszociáció expanziójának növekedése, és a FeO tömegének csökkenése mellett egyidejűleg jelentősen emelkedik a reakció termékeinek, a SiO_2 , MnO és CO disszociációjának expanziója.

A szén rendkívül gyors kiégése a sandvikeni vasmű adagjában (4. ábra) onnan adódik, hogy a körtében keletkező jelentős FeO tömeg mellett, (tehát a forró levegő oxigénjének a folyékony acél által történő jó kihasználásával) az acél alacsony hőfoka következtében a (8) reakcióból keletkező szénoxid disszociációjának expanziója a FeO disszociáció expanziójának csökkenése mellett valószínűleg még kisebb, mint a FeO-é.

A szén nagy kiegészi sebessége megengedi ennek a folyamatnak 8 perces fúvatás utáni befejezését, az alsószalzini adag 14,5 percével szemben, annak ellenére, hogy a sandvikeneni vasmű acéljában lévő széntartalom (4. sz. ábra) 4,49%, az alsószalzini (3. sz. ábra) 3,65%-ával szemben.

A FeO tömegének a (6), (7) és (8)-as reakció lefolyására gyakorolt hatását mutatja a fúvatás első percében a 4. ábra széngörbéjének vízszintes része, valamint a 3. számú ábra mangán és szilícium görbéi a fúvatás 3–5. percében. A Si és Mn oxidálására megnövelt FeO ráfordítás maga után vonja a karbon kiegészének fékezését és fordítva, a Si és Mn kiegészének fékezése emeli a karbon kiegészének sebességét.

A 3. számú ábrán vázolt reakciók lefolyása arra mutat, hogy a fúvatási hő hatására fokozatosan, de nem jelentősen csökken a fém hőfoka, míg a 4. számú ábrán ábrázolt adagnál a vas, szilícium és mangán, a fúvatás első 3 percében történő energikus oxidálása folytán — a fúvószél hűtőhatásának figyelmen kívül hagyása mellett — valószínűleg alacsonyabb nivóig nő, mint a 3. számú ábrán bemutatott adag esetében.

A fémhőfok emelésének hatását mind a négy reakció sebességének változásaira ki lehet mutatni a következő fiziko-kémiai függésekkel:

A (6), (7) és (8) egyenlet baloldalán lévő FeO disszociációjának expanziója az alábbi képlet szerint változik:

$$\log P_{O_2}^{FeO} = A' - \frac{Q^{FeO}}{RT}$$

A (6) és (7) képlet jobboldalán lévő SiO₂ és MnO disszociációjának expanziója ugyanazon képlet szerint változik, vagyis:

$$\log P_{O_2}^{SiO_2} = A' - \frac{Q^{SiO_2}}{RT}$$

$$\log P_{O_2}^{MnO} = A' - \frac{Q^{MnO}}{RT}$$

A $\frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{SiO_2}}$ vagy $\frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{MnO}}$ logaritmusának alakja a következő:

$$\log \frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{SiO_2}} = \frac{Q^{SiO_2} - Q^{FeO}}{RT} \quad (9)$$

$$\log \frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{MnO}} = \frac{Q^{MnO} - Q^{FeO}}{RT} \quad (10)$$

Innen látszik, hogy a T hőfok emelkedésével csökken a (6) és (7) reakció balról jobbra haladó folyamatánál a disszociáció expanziójának esése, azaz csökken a sebessége.

A (8) reakció esetében a CO disszociáció expanziójára a FeO, SiO₂ és MnO-tól különböző közelítő képletet kell használnunk, és pedig:

$$\log P_{O_2}^{CO} = A'' - \frac{Q^{CO}}{RT}$$

ahol $A' > A''$ és ahol az A'' értéke méginkább csökken a széndioxidnak (CO) a fémfüvedből — mindjárt a keletkezése után — való állandó el-

szállása miatt. Itt a $\frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{CO}}$ arány logaritmus:

$$\log \frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{CO}} = A' - A'' - \frac{Q^{FeO} - Q^{CO}}{RT} \quad (11)$$

A (9), (10) és (11) kifejezésekben a Q értéket behelyettesítve megkapjuk:

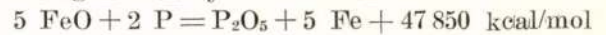
$$\log \frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{SiO_2}} = \frac{103\,925 - 64\,430}{RT} = \frac{39\,495}{RT} \quad (12)$$

$$\log \frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{MnO}} = \frac{96\,720 - 64\,430}{RT} = \frac{32\,290}{RT} \quad (13)$$

$$\log \frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{CO}} = \frac{74\,000 - 64\,430}{RT} = \frac{9\,570}{RT} \quad (14)$$

$$\begin{aligned} \log \frac{P_{O_2}^{FeO}}{P_{O_2}^{CO}} &= A' - A'' - \frac{64\,430 - 30\,650}{RT} = \\ &= A' - A'' - \frac{24\,780}{RT} \end{aligned} \quad (15)$$

A (12), (13) és (14)-es képletek kifejezöbben tanuskodnak arról, hogy a T hőfok emelése a (6) és (7) reakció igen erős gyöngítéséhez, valamint a foszfor frissítésének a bázikus folyamatokban való igen komoly fékezéséhez vezet:



Ezzel szemben a (8) reakció a T hőfok emelkedésével — a (15) képlettel egyezően — erősödik [a $\frac{24\,780}{RT}$ kifejezés mínusz előjelű], ha fel-

tételezzük, hogy a fúvószélből és a folyékony vasból keletkező FeO tömege még nagyobb mértékben nem csökken.

A FeO oxidjának és a SiO₂, MnO, P₂O₅ és CO oxigénjének molekuláris nyomásarányára vonatkozó esökkenő értékű logaritmus megadja a nyersvas elemeinek kiegészi sorrendjét az összes frissítő folyamatokra vonatkoztatva.

Könnyen érthető, hogy ez a sorrend az egyenletek bal- és jobboldalán lévő disszociáció expanzió esökkenő különbségeinek sorrendje: az expanzió legnagyobb különbségét mutatja ki a (6) reakció, nála valamivel kisebb a (7) reakció, legkisebb pedig a (8) reakció.

A disszociáció expanzióinak különbsége tehát kivétel nélkül minden metallurgiai folyamat motorikus ereje (1. sz. ábra).

Ez a törvény egy más, általánosabb törvény kiegészítése, mely szerint az oxidok disszociációjának expanziója a hőfokkal nő, és amelyet az ismert Nernst-féle képlettel lehet kifejezni:

$$\log P_{O_2} = -\frac{Q}{4,571T} + \Sigma \nu \cdot 1,75 \log T + \Sigma n_i$$

ahol P_{O_2} — az oxid disszociációjának expanziója

Q — az oxid képződési hője 1 kg mol oxigénre plusz előjellel

T — az abszolút hőfok °K

$\Sigma \nu$ — a gázmolekulák algebrai összege a reakciók egyenleteinek baloldalára pozitív, a jobboldalára negatív előjellel

Σn_i — a „meggyezéses“ Nernst-féle kémiai állandók és a reakcióban résztvevő gáz molekulamennyiség szorzatának algebrai összege, mely szorzatok az egyenletek baloldalán pozitívok, a jobboldalán negatívok.

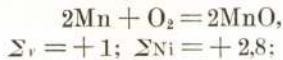
Igy pl. a SiO₂ disszociációjára az alábbi képlet szerint:



$$\Sigma \nu = +1; \Sigma n_i = +2,8;$$

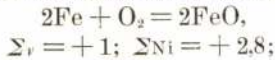
$$\log P_{O_2} = -\frac{257\,850}{4,571T} + 1,75 \log T + 2,8$$

az MnO disszociációjára az alábbi képlet szerint:



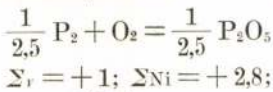
$$\log P_{\text{O}_2} = \frac{193\,440}{4,571T} + 1,75 \log T + 2,8$$

az FeO disszociációjára az alábbi képlet szerint:



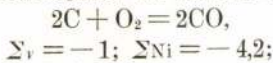
$$\log P_{\text{O}_2} = -\frac{128\,860}{4,571T} + 1,75 \log T + 2,8$$

az P₂O₅ disszociációjára az alábbi képlet szerint:



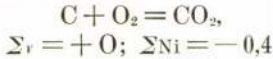
$$\log P_{\text{O}_2} = +\frac{148\,000}{4,571T} + 1,75 \log T + 2,8$$

a CO disszociációjára az alábbi képlet szerint:



$$\log P_{\text{O}_2} = -\frac{59\,940}{4,571T} - 1,75 \log T - 4,2$$

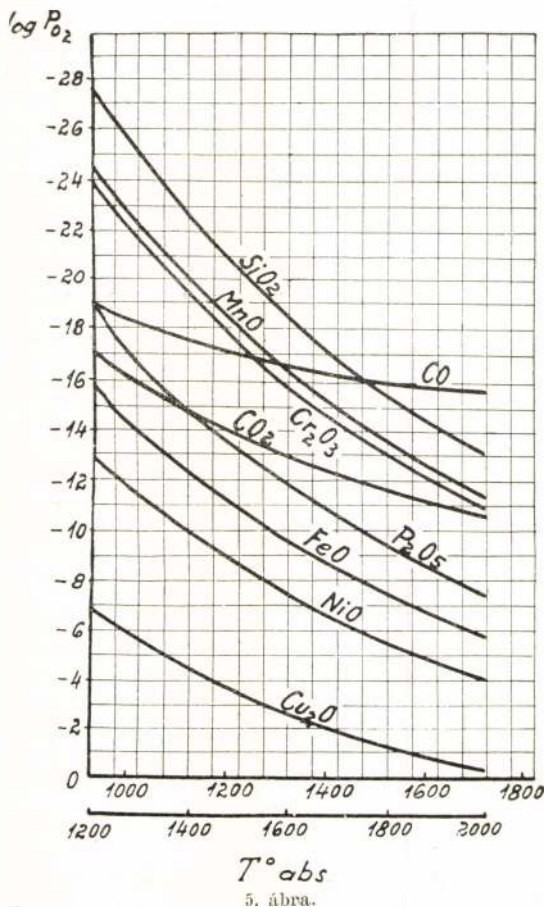
a CO₂ disszociációjára az alábbi képlet szerint:



$$\log P_{\text{O}_2} = -\frac{97\,650}{4,571T} - 0,4$$

A P₂O₅ T-től való függőségének a fenti egyenletek szerint ábrázolt görbéi (5. számú ábra) alapot nyújtanak ama állításra, hogy

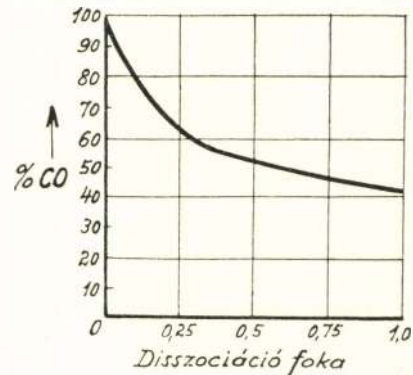
1. a CO₂ keletkezés mellett, 1000° C fölötti szénmonoxid segítségével történő közvetett érc-redukció lehetetlen, mivel



5. ábra.

$$P_{\text{O}_2}^{\text{CO}_2} > (P_{\text{O}_2}^{\text{CO}} + P_{\text{O}_2}^{\text{FeO}})$$

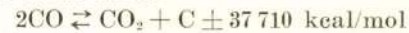
2. A SiO₂-nek, MnO-nak és P₂O₅-nak 1475, 1300 és 925° C alatti közvetlen redukciója (CO keletkezésével) szintén lehetetlen (lásd a CO görbének az SiO₂, MnO és P₂O₅ görbével való metszéspontjait). Ha a valóságban ez a redukció a nagyolvasztóban előfordul, akkor kizárólag a nyersvasban feloldott szén segítségével történhetik, mely a redukció hőjének (Q) csökken-



6. ábra.

tése folytán emeli az SiO₂, MnO és P₂O₅ disszociációjának expanzióját.

A 600° C-nál való Boudovard-féle reakciót ábrázoló 6. sz. ábra:*



bizonyítja, hogy a nyomás növekedése maga után vonja a szénoxid bomlásának növekedését a rendszerben. Ennek oka a nyomásnövelésnél 650° C mellett előálló, a CO disszociáció expanziójának a CO₂ disszociáció expanziója feletti fölénye.

Befejezésül szeretném hangsúlyozni, hogy ha a dialektikus materializmusra támaszkodunk és állítjuk, hogy a természetben semmi abszolút állandó nincs, egyáltalában nem mondunk le és nem szüntetjük be a tudományos kutatásokat az irányban, amit a természetben relatíve állandónak, vagy relatíve stabilizálnak lehet tekinteni.

Mindenesetre ez alkalommal tisztában kell lennünk a pontosság fokával, amellyel a minket körülvevő valóság jelenségeit összefoglaljuk.

ÖSSZEFOGLALÁS.

A marxi dialektikus módszer alapvető tulajdonságai. A dialektika és metafizika ellentétei. A természettudományok fejlődése erősíti a dialektikus materializmust. A dialektikus módszer alkalmazása a fizikai kémiában és a teoretikus metallurgiában lehetővé teszi az alapvető jelentőségű problémák elmélyítését. A vasoxid redukciója. A kalciumkarbonát és fénoxidok disszociációja. A reakció lefolyásának feltételezése. Az elemek kiégésének sebessége a frissítésnél és annak összefüggése az oxigénnek az oxidok feletti molekuláris nyomásával. A Nernst-féle képlet.

Fordította: Patáricza Imre

* Dr. ing. A. Schenek. Einführung in die physikalische-Chemie der Eisenhüttenprozesse. Berlin I. kötet 6. oldal.

Aluminátlúgok elemzése színes indikátorokkal

Dr. LÁNYI BÉLA

546.621

Заклучение.

Анализ алюминиевых щелоков цветными индикаторами.

Автор Др. Лани Бейла

В статье о глиноземных алюминатных щелоках изучается влияние содержания соды и алюмината натрия на переходные точки цветных индикаторов. Описывается улучшение методики Винтелера, сделанное Алюминиевым Исследовательным Институтом, применяемой для определения Al_2O_3 в глиноземных щелоках, а также при анализе боксита и красного шлама.

Описывается методика института, позволяющая с помощью хлорида бария и в присутствии цветных индикаторов определить содержание в глиноземных щелоках каустика и углекислого натра, а также Al_2O_3 .

By B. Lányi:

Analysis of aluminate solutions, with coloured indicators.

The influence of sodium aluminate and soda contents in caustic soda solutions of the alumina factory is discussed, in order to influence the transition point of coloured indicators.

Winteler's method modified by the Hungarian Aluminium and Lightmetal Institute is described in connection with the analysis of red mud and bauxite, further in the alumina solutions.

The $BaCl_2$ method of the Institute for analysing of sodium aluminate solutions of the alumina factory is also described, for determining of soda- and caustic natron and Al_2O_3 .

Timföldgyári aluminátlúgoknak legfőbb alkotórészei a kausztikus nátron-, szódanátron-, szabad nátron-, kötött nátron- és a kötött nátronnhoz tartozó alumináthalakban oldott alumíniumoxid.

Ezeknek az alkotórészeknek az elemzésére gravimetrikus és titrálós módszerek használatosak. Ez utóbbiak vagy színes indikátorral, vagy turbidimetrikusan dolgoznak. Ha az üzemi lúgot $1 \times n$ savval kezdjük titrálni, akkor a titrálás folyamán egészen más jelenségekkel találkozunk, mintha pl. tiszta $NaOH +$ szóda elegyből álló oldatot titrálunk. *Winkler*, vagy *Warder* módszerével.

Ez utóbbi elegy titrálásánál lefolyó változásokat az ábrán vastagon kihúzott vonal tünteti fel.

Ez a vonal a pH változását mutatja, a felhasznált $1 \times n$ HCl függvényében. Ilyenkor a közömbösítésre felhasználandó sósav

$\frac{4}{5}$ részénél az oldat pH-ja kb. 12 (A pontban)

$\frac{24}{25}$ részénél az oldat pH-ja kb. 11 (B pontban)

az utolsó $\frac{1}{25}$ résznyi sósav hozzáadásakor — tehát az $\frac{5}{5}$ -ik rész HCl-nél — a pH gyorsan csökken 11-ről 3 felé (C—D között), amikor a semlegesítést be is fejeztük.

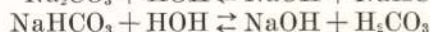
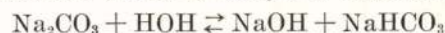
Ha tovább adunk hozzá $1 \times n$ savat, akkor a semlegesítésre használt mennyiség $\frac{1}{5}$ részét még pótlólag hozzátéve, az oldat pH-ja a vonal E—D pontja mentén a pH=2 felé tartó értékűvé válik.

A pH-nak ezt a változását különböző indikátorokkal kísérjük nyomon, melyek egy-egy „adott pH-tartományra érzékenyek”.

Ha különböző kationok vannak jelen valamely, pl. savanyú oldatban, akkor ezek sorjában, mint ahogy az ábrán őket fel is tüntettük, hidroxid alakjában le is válnak az ábráról leolvasható pH-tartományban, amikor lúghozzáadással növeljük az oldatunk pH-ját. Amennyiben a lúgfeleslegben nem oldódnak, a csapadék meg is marad.

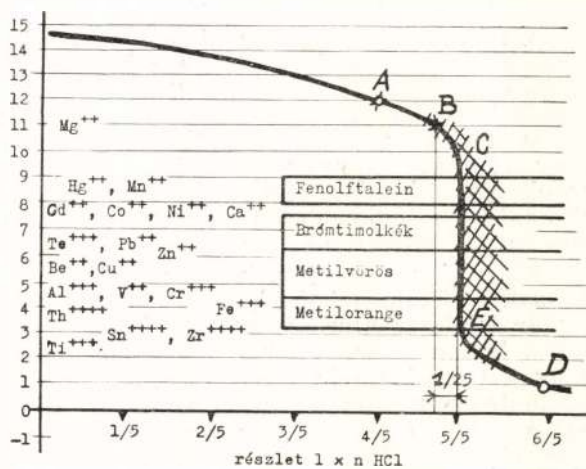
Minket ezekből a kationokból elsősorban az 5—4 pH között beírt $Al(OH)_3$ csapadék érdekel, mert amikor az oldatot közömbösítjük ennél a pH-tartományban kellene a $NaAlO_2$ bomlásának is megkezdődnie, vagy legalább is lefolynia, amikor az oldatot zavarossá tevő hidroxidot még szabad szemmel is lehet látni.

Timföldgyári üzemi lúgokban nemcsak alumínát, hanem szóda is van, s a titrálás alatt



hidrolitikus egyensúlyok reakciója folyik le, az aluminátbomláson kívül. Ezért nemcsak tanácsos, de kell is a timföldgyári lúgban a szódához kötött nátront külön próbából meghatározni.

E lúgokban az alumíniumoxid meghatározását nagy pontossággal lehet elvégezni „a turbidimetrikus módszerrel”, melynek részletes leírása az irodalomból ismeretes.¹



Alumináttartalmú lúgok titrálására már *Bayer*² Tropäolin 00 festéket ajánl.

¹ László Antal: Bányászati és Kohászati Lapok. Alumínium. 11. szám 1949. 241. lap.

E cikkben az aluminátlúgok elemzésére vonatkozó korszerű és régi munkák bírálata is megvan.

Kiegészítésül az „Új módszer aluminátlúgok elemzésére” című cikkhez: Bányászati és Kohászati Lapok. Alumínium. 11. szám 1950. nov. 20. 267. lap.

Dr. Lányi Béla: Bauxitfeltárás kisméretű autoklavokban. Bányászati és Kohászati Lapok. Alumínium. 11. szám. 265—267. lap. A turbidimetria gyakorlati alkalmazásáról példákat mutat be.

*Lunge*² az alumínattartalmú lúgot forrón, fenolftalein jelenlétében titrálja, azután metiloranzsot ad hozzá és így határozza meg az Al_2O_3 -tartalmat.

*Winteler*² ismerte fel, hogy a meleg oldatban sav hozzáadása következtében a már egyszer kivált $\text{Al}(\text{OH})_3$ gyorsan előregszik és többé már nem oldható. Ezért ő az oldatot hidegen, főlős savval elegyíti, visszatitrálásnál metiloranzsot és fenolftaleint használ.

*Craig*³ az 1910-es években azt a mesterfogást alkalmazza, hogy az alumínattartalmú lúgból KF-fel, K_2SO_4 jelenlétében K_3AlF_6 -ot választ le csapadék alakjában. A titrálást ő is fenolftalein és metiloranzs jelenlétében végzi. (A K_2SO_4 arra való, hogy megakadályozza az oldhatatlan bázisos kettős fluoridok képződését.)

Mindhárom kutató 1 kem-nyi $1 \times n$ savval 0,017 g-nyi Al_2O_3 -at számít egyenértékűnek.

Az idők folyamán brómfenolkék, vagy brómtimolkék indikátort is alkalmaztak, ami az eljárások lényegén nem sokat változtat. Ezekkel a módszerekkel meg lehet határozni a *szabadnátront*, *szódanátront* is és az Al_2O_3 -at kisebb-nagyobb pontossággal.

Abban az esetben, ha az NaOH és a szóda mellett *nátriumaluminát* van az oldatban, akkor a titrálásos görbe lefutása jelentősen megváltozik. Ugyanis még a fenolftalein piros színe jelenlétében megindul az aluminát bomlása, amit arról látunk, hogy az oldat a kiváló hidroxidtól zavaros. További savadagolásnál szaporodik a csapadék mennyisége, és az ábrán látható F pontnál a sav már kezdi oldani a kiváló alumíniumhidroxidot is.

A pH görbe lefutása ilyenkor eltér a vas-tagon kihúzott vonaltól, benne fekszik a ferdén vonalkázott területben. Ez a terület érzékelteti az $\text{Al}(\text{OH})_3$ csapadék megjelenését, a *savval való titrálás* alatti szaporodását, és az oldódás miatti csökkenésének mértékét.

A turbidimetriánál az *élesen koncentrált fényben fluorescein jelenlétében* a hidroxid kiválását biztosan tudjuk észlelni, a hidroxid oldódásának kezdőpontját azonban semmiféle színes indikátor nem mutatja. Természetes, hogy az aránylag nagy térfogatú $\text{Al}(\text{OH})_3$ csapadék egyik kiesiny részletének az oldódási pillanatát turbidimetrikus megfigyelés alapján sem tudjuk közvetlenül meglátni.

Ezért alkalmazunk a turbidimetriában is a visszafelé titrálásnál FeCl_3 és KCNS indikátort a már feloldott hidroxideszapadék megjelenésének a felismerésére. A mondottakból látható, hogy a turbidimetria igen kiesiny kísérleti hibahatáron belül meg tudja adni az aluminátba kötött Al_2O_3 -mal egyenértékű $1 \times n$ sósav mennyiségét. Ez az érték *Lunge*, *Winteler*, *Craig*tól eltérően 0,01275 grammnyi Al_2O_3 -t jelent 1 kem-nyi $1 \times n$ savra. A titrálásos görbe megismerésekor láthatjuk, hogy a sztöchiometriai számokkal legfeljebb csak közelítő eredmények formájában számíthatjuk ki az oldatunk összetételét, mert a szóda és aluminát együttes behatása következtében az indikátorok nem jeleznek pontosan, hanem az átca-

pási színek megjelenése sok esetben függ az oldat alkatrészeinek töménységétől.

Ezért ajánlatos a timföldgyári lúgokat típusosportokba osztani és titrálásra olyan beméréseket kiválasztani, hogy a bemért lúgban a töménységek nagyságrendje nagyjából azonos legyen.

A káliumfluorid beszerzésének nehézségei vezették az Intézetet arra, hogy módosítsa az előbbi szerzők által kidolgozott eljárásokat, azonkívül pedig lehetővé tegye nyers- és pörkölt bauxitban, valamint vörösiszapban nátriumhidroxidos feltárás után az Al_2O_3 gyors és kvantitatív meghatározását.

Ez utóbbi célt szolgálja az általunk módosított *Winteler*-féle eljárás az Al_2O_3 meghatározására. Következésképpen dolgozunk: 2 g bauxitot 12 g NaOH rotulissal összeolvasztunk, az olvadékat mérőlombikban 500 cm³-re hígítjuk. A tisztájából 100 cm³-nyit titrálunk, 1:1 hígítású sósavval. Ezt bürettából, erélyes keverés közben adjuk a lúgba, mindaddig, amíg a kivált csapadék fel nem oldódott, amikor az oldat savanyúvá is lesz.⁴ Hat csepp metiloranzsot adunk hozzá, $1 \times n$ nátronlúggal átmenetre titráljuk. Három csepp fenolftaleint adunk hozzá és $1 \times n$ lúggal az átmenetre tovább titráljuk. A két átmenet között fogyasztott normál lúg köbcéntimétereit egy tapasztalati F tényezővel szorozva (mely közel áll a 17 mg-os értékhez), kapjuk az aliquot részben lévő Al_2O_3 mennyiségét.

Az eljárás felhasználható üzemi lúgok Al_2O_3 tartalmának meghatározására is, *Winteler* eredeti elgondolásának megfelelően.

Timföldgyári lúgokban a kausztikus nátron, a szódanátron és az Al_2O_3 meghatározását következőképpen végezzük:

A bemért a kem-nyi lúgot *Erlenmeyer*-lombikban 120 cm³-ore hígítjuk, felforraljuk, forrón adunk hozzá tömény *báriumklorid* oldatot. Egy percig még melegen tartjuk, de a levegő szénsvjától gondosan védjük, és az oldatot gyorsan lehűtjük. Három csepp fenolftalein jelenlétében, hidegen, $1 \times n$ savval titráljuk az átmenetre.

Fogyott.....S₁ cm³-nyi $1 \times n$ sav.

Folytatólagosan annyi savat adunk az oldathoz, hogy mind az $\text{Al}(\text{OH})_3$, mind pedig a Ba_2CO_3 feloldódjanak, legfeljebb a szulfáttartalom okozta zavarodás maradjon meg.

Fogyott....S₂ cm³-nyi $1 \times n$ sav.

Az oldatból kiforraljuk a szénsvvat, lehűtjük, 6 csepp metiloranzsot adunk hozzá és $1 \times n$ lúggal az átmeneti pontig visszatitráljuk.

Fogyott....L₁ cm³-nyi $1 \times n$ lúg.

Ezután tovább titrálunk $1 \times n$ lúggal, míg a fenolftalein piros és a metiloranzs sárga összetevő színéből előálló átmenet meg nem jelenik.

A sztöchiometriai számítás szerint az 1 cm³-nyi normáldatára eső mg-okkal szorozva néhány százaléknyi pontossággal kapjuk az eredményeket. Ha azonban a sztöchiometriai faktorok helyett típus oldatainkra a már előbb említett F tényezőt használjuk, akkor eredmények egy százalékon belülesen jelentkeznek.

Mint hangsúlyoztuk a szódanátron meghatározását titrálással nem végezhetjük elegendő pontossággal. Ezért a szódát eddig CO_2 felszaba-

⁴ Csak kényelmes adagolás miatt használunk bürettát, a sósav mennyiségét nem olvassuk le.

² Dr. F. Winteler: Die Aluminiumindustrie. Braunschweig 1903. 41. lap.

³ J. I. Craig: A New Method for the Volumetric Determination of Free Acid and Basic Alumina in Aluminium Salts. J. Soc. Chem. Ind. 30. 184—185. lap.

ditással, gáztérfogatos méréssel, vagy az Intézet szervesanyag-meghatározó készülékében $BaCO_3$ -on keresztül határoztuk meg.

Lehetőséget nyújt a titrálásos szódameghatározáshoz, ha segítségül vesszük *Grothe*, *Curtman* és *Dubin*⁵ által felismert jelenséget, amely szerint illékony-, hidroxil gyököket tartalmazó szerves anyagok, mint amilyenek pl. szerves savak, a nádcukor, stb. az $Al(OH)_3$ levasztását az ammoniás kicsapásnál megakadályozzák. Acetilaceton, stb. hasonlóképpen viselkedik.

A nádcukor a titrálás alatt szabályozólag hat az alumínatesapadék megjelenésére, úgy, hogyha a timföldgyári lúgoldatunkhoz — mielőtt azt az $BaCl_2$ -vel megbontjuk, egy kockacukrot adunk — a szódanátron értékét is az üzemi pontosságnak megfelelően tudjuk titrálni.

A módszer használhatóságáról Zombory László és Nagy Pál következőkben megjelenő dolgozata számol be.

Az említett F tényező használatától való idegenkedés helytelen lenne. Ugyanis már né-

⁵ H. Grothe: J. pr. Chem. 92. [1864.] 177. lap. L. J. Curtmann, H. Dubin: Journal. Am. Soc. 34 [1912.] 7485. lap; 8 Internat. Congr. Appl. Chem. 1. [1912.] 153. lap; Chem Ztg. [1912.] 1302. lap.

hány évtizede *Winkler* Lajos, a budapesti Tudomány Egyetem tanára rámutatott arra, hogy az olyan egyszerűnek látszó reakciók, mint pl. a bárium-szulfát meghatározása — még tiszta anyagok esetén is — csak akkor hozhat pontos eredményeket, ha adott a lehetőségünk szigorú előírás szerint dolgozni. Ha ez a helyzet nem áll fenn, akkor javító tényezőket kell használnunk a pontos eredmények elérésére, a sztöchiometriailag meghatározott analitikai faktor mellett.

Összefoglalás.

Alumínátlúgok elemzése színes indikátorokkal.

A timföldgyári alumínátlúgok szóda és nátriumaluminát-tartalmának befolyását tárgyalja, a színes indikátorok átmeneti pontjára.

Ismerteti *Winteler* eljárásának az Alumínium Kutató Intézet szerinti módosítását Al_2O_3 meghatározására timföldgyári lúgokban, valamint bauxit-, vörösiszap elemzéssel kapcsolatban. Ismerteti az Intézet *báriumkloridos* eljárását timföldgyári lúgokban a kausztikus- és szódanátron, valamint az Al_2O_3 meghatározására, színes indikátorok jelenlétében.

Szenek oxidálhatóságának vizsgálata, különös tekintettel az anódszenekre

DR. PAPP ELEMÉR, ANTONESCU HADRIAN, DR. GYENESNÉ DR. HOLLÓ MÁRIA

576.086:621.356.69.78

Заклучение.

Авторы занимались исследованием возможности окисления угольных образцов. Целью исследования являлось получение характеристик угольных составляющих катодных масс.

Авторы сообщают метод, при котором с применением окиси хрома в качестве окислителя возникающий CO_2 поглощается $Ba(OH)_2$ и непосредственное измерение сопротивления даёт „кривую окисления“, характеризующую уголь.

Dr. Papp Elemér:

Authors deal with the oxidability of several carbon samples. They intended to characterise from this point of view the carbon components of soft electrode pastes.

A process is made known applying chromic acid for the oxidation and the CO_2 thus formed, is absorbed by $Ba(OH)_2$. Measuring the resistance of $Ba(OH)_2$ an oxidation curve⁶ is obtained characterising the carbon.

Az Alumínium- és Könnyűfémipari Kutató Intézet különböző származású és összetételű anódszeneket vizsgált.

A vizsgálatok folyamán előtérbe lépett egy olyan vizsgálati módszer szükségessége, amely fényt derít a szenek oxidálhatóságának viszonylagos mértékére.

A szenek oxidálhatóságát vizsgálhatjuk alacsonyabb, 200° alatti hőfokon, vizes oldatban, de

vizsgálhatjuk magasabb hőfokon is, oxidáló oldadékokban, vagy oxidáló gázáramban.

Az utóbbi módszerek feltétlenül közelebb állnak az alumínium elektrolízis folyamán fennálló fizikai állapotokhoz, mégis időrendben az előbbi, gyors és egyszerű tájékoztató vizsgálatokhoz folyamodtunk. A magasabb hőfokon történő oxidálásnak bonyolult eredményosztágházai vannak, amelyekkel nem akartuk az első vizsgálatok tájékoztató adatait zavarni.

A magasabb hőfokon történő oxidálás általában már két gáznemű terméket hoz létre: CO_2 -t és CO -t. Az irodalmi kutatások igen részletesen foglalkoznak a kétféle égési folyamat elméletével és gyakorlatával.

Általában elfogadott elmélet, hogy az égés elsődleges terméke a grammonként 7849—8126 cal. égéshő mellett képződő CO_2 . A CO , melynek képződési hője a szén grammjára számítva csupán 2200 cal. általában másodlagos. A szén oxidációjának bonyolult menetéről A. Martin¹ nyilatkozik legőszintebben. Ő a szilárd szén és a gázhalmazállapotú oxigén reakcióját tanulmányozta különböző hőfokon és alacsony nyomáson és megállapította, hogy az égés mechanizmusa még — mai tudásunk szerint — nem teljesen ismeretes.

R. Wigginton,² mint elsődleges égési terméket, a szén és oxigén komplex vegyületeit véli képződni.

H. Davis és H. E. Hottel³ azt állítja, hogy a szén égésekor a szén felülete egy vékony hártáival (filmmel) van fedve, amelyen át az oxigén befelé, az égési termékek pedig kifelé diffundálnak.

Számos kísérletet végez az égés matematikai jellemzőinek felderítésére. Megállapítja, hogy az elsődleges égési termék a szénsav. Újabb kísérletsorozatban égési sebességeket mért.

Úgy véli, hogy az égési arány csökken a grafitozódás mértékével.

Jositani Fukuda⁴ az égés sebességének differenciálegyenletét állítja fel.

R. Wigginton⁵ Hamutlanított gyémánt, ceyloni grafit és Acheson-grafit égését méri a képződött CO₂ súlyszerinti meghatározásával. Acheson-grafit oxidálódik a leggyorsabban.

G. Tamman és G. Bandell⁶ Észlelnek egy védőréteget bizonyos szénknél, mely az égést meglassítja. Vizsgálják az égés CO₂—CO termékeinek arányát.

A. Eucken⁷ szénégési segességeket mér, 1600°-ig.

Madhavlag Sulach⁸ A szénégetés termékeit vizsgálva megállapít 280° alatt egy C_xO_y vegyületet.

E. Piwaworsky, R. Vogel⁹ Szénketet, petrolkocszot és grafitot égetve nagy különbségeket találnak közöttük.

R. T. Haslam¹⁰ A széneken kialakuló gázfilm diffúziós sebességét vizsgálja.

I. T. Hambleton¹¹ A legfontosabbnak látja a különböző mértékű égésnél a szénen kialakuló gázfilm diffúziós képességét.

K. H. Kullgren¹² a víz reakciósebesség-növelő hatását vizsgálta.

C. Kullberg¹³ A szénoxid és szénsav arányát vizsgálja száraz levegővel történő égetéskor.

M. Copisarow¹⁴ Szerinte az égési mechanizmus legfontosabb szabályozója a molekuláris struktúra porozitás. Matematikai összefüggést állít fel, amelyben az egy szénmolekulában lévő atomok száma, a hőfok és az oxigén parciális nyomása játszzák a főszerepet.

J. R. Parlington¹⁵ Azt az álláspontot képviseli, hogy az elsődleges égési termék a CO, a CO₂ képződés mértékét a hamutartalom befolyásolja.

R. E. Jones és D. T. A. Townend¹⁶ A szén oxidálásának előperiódusát vizsgálták, a C—O—H₂O komplex peroxidképződést. Megállapították, hogy ez a peroxidkomplex 80° alatt állandó, 350°-ig vákuumban még megtalálható, 80° felett már endotherm bomlik.

B. A. Onusaitis és A. I. Chrisanfova¹⁷ a szén kolloid kémiai szerkezetének oxidáció alatti változását mérték, a szén nedvesítési hőjének meghatározásával.

R. H. Busso¹⁸ a grafit oxidálásának sebességét méri, és megállapítja, hogy a grafitnál 1300° alatt aktív helyek képződnek, 1300—1400° átkristályosodás van és itt csökken az oxidáció mértéke, 2000° felett ismét erősen nő a szublimálódás miatt.

Fumido Imada¹⁹ aktivált faszén oxidációját követi kvare-rúgós mérleggel.

A szénoxidáció kinetikájával és mechanizmusával foglalkozik Strickland—Constable,²⁰ majd Duval.²¹ Főleg írásztali munkák az akti-

válási hő és a reakció rendiségének megállapítására.

Bridger²² levegővel történő szén égetésekor a CO/CO₂-arányt változtatta, Cl-tartalmú vegyületek bevitelével.

Ch. I. Kolocsev²³ elektród-szén oxidálásánál a CO—CO₂-képződést méri, a rétegvastagság, gázsebesség, N-hatás függvényében.

V. Sihvonen, P. Salmela és P. Bryk²⁴ vízgőz-szénreakciókat vizsgál különböző katalizátorokkal, hőfok- és nyomásváltoztatásokkal. A szén kristályszerkezetének döntő befolyást tulajdonít.

R. Andubert²⁵ a CO—CO₂-mennyiségeket vizsgálja 1500° alatt és felett. Ultraibolya kisugárzás mértékét méri és láncreakció jellegét állapít meg.

Ugyanezt tárgyalja matematikai megfogalmazásban egy másik dolgozatban.

J. W. Kreulen²⁶ különböző szénmintákat 150—250°-on oxidál, a képződött CO₂-t és H₂O-t méri.

H. E. Newal²⁷ a szén égési sebességének a terjedését méri, adalékok jelenlétében. Megállapítja, hogy FeCl₃, MnCl₂, KBr, Na₂MoO₄, Na₂CO₃ gyorsítja, BaCl₂, Al₂(SO₄)₃, Na₂B₄O₇, NaH₂PO₄ lassítja a terjedési sebességet az égésnél.

Ch. I. Kolocsev²⁸ előbbi munkájának kiegészítéseképpen a szemnagyságnak a CO/CO₂ arányra való befolyását vizsgálja.

L. N. Chitrin²⁹ A szénoxidáció felületi folyamatainak matematikáját tárgyalja.

O. A. Csuhanova³⁰ Primär és szekundär CO-képződés vizsgálatánál megállapítja, hogy 1200°-on CO₂ redukciója C-vel csak 5.3% (szén-elektrod csövek falán!). Jódgőzök hatását is vizsgálja.

I. R. Arthur és I. R. Bowring³¹ elektródszénknél a halogénvegyületek CO/CO₂ viszony növelő hatását vizsgálták.

W. Gumz³² A szén kémiai szerkezetét vizsgálja és az ú. n. amorf-szén, szerinte, apró grafitkristályokból áll.

D. A. Frank—Kamenyeeckij³³ a szén égésénél fellépő elsődleges és másodlagos folyamatokat tanulmányozza, különös tekintettel a diffúziós folyamatokra.

S. E. Chajkina³⁴ az oxidálás sebességét a hőfoktól függően az Arrhenius-egyenlettel fejezi ki: $K = K_0 e^{-E/RT}$.

V. Sihvonen³⁵ a szén szerkezetében lévő ketos és ketén-gyököknek szerepét vizsgálja a szén égésénél.

V. N. Peresov, M. Ch. Karapetyansz³⁶ Grafitfelület (aktív részek) elroncsolódásával foglalkoznak.

J. D. Lambert³⁷ Megállapítja, hogy tiszta C-felületen a CO₂-képződés nagyobb, mint Fe- vagy Mn-al kezelt faszénfelületen.

V. F. Oresko³⁸ Különböző szénketet vizsgál 100°-on levegő és oxigén atmoszférában. A beállított különböző mértékű súlynövekedést oxigénkomplexeknek tulajdonítja. 130—150°-on súlycsökkenés: ezt a komplexek szétbomlásával magyarázza. Efelett ismét súlynövekedés áll be, ezt újabb, más természetű komplexek képződése okozza.

V. F. Oresko³⁹ további vizsgálatai alapján megállapítja: 70–80°-ig első, labilis C—O komplex képződés, 80–130° komplex bomlás, 130–290° második, stabilis C—O komplex képződés, mely már csak az égéssel bomlik meg.

Ezzel a harmadik szakaszban képződő, stabilis C—O komplexekkel foglalkozik.

V. F. Oresko, és azoknak oxidációs sebességét vizsgálja.

Amint látható, a szenek oxidációs kémiájával és fizikájával sokan és behatóan foglalkoztak. A számos vizsgálatból egyértelműen levonható következtetések csupán az alábbiak:

1. A szenek égése (oxidációja) függ a szén anyagi természetétől, szemese- és felületnagyságától, kristályszerkezetétől.

2. Az égési folyamatok bonyolultak, valószínűleg többlépcsős reakciók.

3. Az égési folyamat természetét számos külső körülmény befolyásolja, a hőfokon, nyomáson, a gáztermékek parciális nyomásán kívül elsősorban a katalizáló szennyezések minősége és mennyisége.

Mint említettük, a mi célunk volt elsősorban egy jellemző és reprodukálható oxidációs vizsgálati módszer kikísérletezése. Erre vonatkozólag is több irodalmi utalás volt.

Ismeretes Koppers (Z. ver. D. Ing. 69.533—1925.) eljárása a reakcióképesség meghatározására. Ő 1 g 0,5–1 mm-es koksztintát függőleges kvarccsőbe tölt, 15 cm-es hosszban (6 mm átmérő) és 1000°-on és 30 cm³/perc sebességgel 10 percig száraz CO₂-t vezet át rajta. Utána a gázt elemzi. Ha az *a*% CO₂-t és *b*% Co-t tartalmaz, akkor a reakcióképességét $R = 100 \cdot \frac{b}{a + b}$ képlet adja.

Hasonló Agde és Schmitt⁴⁰ (Angew. Chem. 40 1006. 1927.) készüléke is, ők azonban a reakcióképességet nem bruttó összegben, hanem időben széthúzva, ötpercenkénti gázelemzéssel mérik.

Heathcoat⁴¹ szeneket vizes oldatban oxidál permanganáttal és a permanganátfogyasztást méri.

G. N. Podbelszkij⁴² a szenek oxidálhatóságának mértékére piridin gőzt elnyelő képességük-ből következtet.

W. Francis⁴³ szerint a permanganátos oxidáció öt fokozatban történik.

O. I. Egorova⁴⁴ a permanganátfogyasztás számát a szén oxidálhatósági foka meghatározásának alapjául tekinti.

M. V. Vologdin és E. A. Kamendrovizkaja.⁴⁵ A szén oxidáltsági fokát próbálják meghatározni, a szénmintát FeCl₃-oldattal összerázza és a kapott oldat Fe²⁺ és Fe³⁺ ionjait meghatározza.

A. E. Balfour, H. L. Riley.⁴⁶ Kromátosavas (H₂SO₄ v. H₃PO₄) vizes oxidációk alapján határozzák meg a szenek oxidálhatóságát. Érdekes megállapításuk, hogy az oxidálás mértéke a szenesítés hőfokának emelésével emelkedik! Az oxidálás behatolása lényeges szerepet játszik.

W. Fuchs, T. S. Polansky és A. G. Sondhoff.⁴⁷ Különböző szénmintákat 60° C-ig terjedő hőmérsékleten oxidál, levegővel. Savas jellegű vegyületek keletkeznek, melyeket vízzel szuszpendál és NaOH-al titrál.

H. L. Riley⁴⁸ részletesen foglalkozik a folyékony vegyszerekkel történő szénoxidációs vizsgálatokkal.

Krómsav-foszforsavas oxidációt használ és azonos körülmények közt az alábbi bruttó CO₂ fejlődési értékeket kapja:

700°-on gyártott cukorszén	42 mg.CO ₂
gyémánt	43 "
gázkoks	106—137 "
elektród-szén	564 "
Ceylon-grafit	824 "
grafitozott ívszénelektród	1392 "
Acheson-grafit	1006—1259 "

Mint látható, a grafit oxidálhatósága a legnagyobb adott körülmények között. A grafit kristályrácsnak folyadékos közegben történő könnyű felnyílásával magyarázza és „grafit-sóknak“ képződésével ezt a jelenséget.

Mindenestre jó és érdekes módszer a grafitossági mérték meghatározására.

Átvizsgálva az eddigi kutatások eredményeit, ajánlatosnak látszott, hogy az anódmasszának használt szenek oxidálhatósági jellemzőinek vizsgálatát egyelőre egyszerű módszerekkel kíséreljük meg.

Célravezető útnak mutatkozott a krómsavas oxidáció. Azt reméltük, hogy azonos körülmények betartása mellett a vizsgálandó anódszenek egy jellemző kémiai állandóját tudjuk meghatározni, az ú. n. „krómsavfogyasztási szám“ segítségével.

Az anódszenek összetétele változatos, általában különböző szemmagyságú (és esetleg különböző minőségű) koks- vagy széndarabkák szurokba ágyazott keverékéről van szó.

Célszerű és egyértelmű vizsgálatot csak úgy lehet ezen anódszenekkel végezni, ha előbb elkülönítjük a kötőanyagot és a szilárd részeket és azután külön vizsgáljuk azokat.

További célunk volt az oxidációs jellemzők birtokában összehasonlítások megejtése, az anódszenek üzemi viselkedésének magyarázata, esetleg újfajta anódmasszakeverékek szintetizálása.

CrO₃-oldattal végzett oxidációs vizsgálatok.

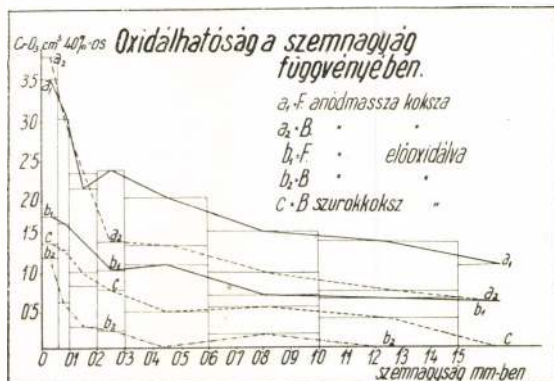
Kokszfélésegek oxidálhatóságát vizsgáltuk az alábbi módszerrel. Főképpen nyers anódmasszákból benzolos extrakció útján nyert kokszmaradékokon végeztünk méréseket. A kokszból szitaszeparációt készítve, egy anyagon belül az alábbi szemmagyságok oxidálhatóságát hasonlítottuk össze: 1,5, 1,0, 0,6, 0,3, 0,2, 0,1, 0,06 mm-nél nagyobb és 0,06 mm-nél kisebb átmérőjű szemecskéken.

A kísérlet menete a következő volt: a kokszminta 1 g-jához fölös mennyiségű (15 cm³) 40%-os CrO₃-oldatot adva fél óráig vízfürdőn melegítettük, majd kb. 300 cm³ hideg desztillált vizet öntve hozzá, befagyasztottuk a reakciót. Ezután az oldatot megsűrítettük a kokszzsemesektől és a szűrletet 500 cm³-re hígítva, alikvot-részeket vettünk ki, melyekben az oxidációra el nem használt CrO₃ mennyiségét jodometriás titrálással határoztuk meg.

A fogyott Na₂S₂O₃ cm³-einek számából kiszámítottuk a vele egyenértékű CrO₃-t, ezt a hígítás figyelembevételével a hozzá adagolt eredeti 15 cm³-ből levonva, megkaptuk az oxidációra elhasznált CrO₃ mennyiségét.

A mellékelt ábrákon az ordinátán felvett cm^3 -ek 1 g koks oxidációjára elhasznált 40%-os CrO_3 -oldat cm^3 -einek számát jelzik, míg az abszcisszán a szemcsenagyságot vettük fel (két-két szita mérete által határolva), illetőleg a 2. sz. ábrán az oxidáció idejét.

Az 1. sz. ábra tanulsága szerint a szemcsenagyság csökkenésével az oxidálhatóság mér-



1. ábra.

teke rohamosan nő. Az egyes koksztípusok között is határozott különbség mutatkozik (a_1 , a_2 és c görbék).

Ellenőrző méréseket végezve azt tapasztaltuk, hogy a benzolos extrakció után végzett szítaszeparációknál nyert 0,06 mm alatti szemcsék CrO_3 -fogyasztása lényegesen nagyobb (kb. másfélszeres), mint az 1,5 mm-es szemcsékből porítással nyert 0,06 mm alatti szemcsék fogyasztása. Ez egyéb tapasztalatokkal egyezően arra engedett következtetni, hogy az oxidáció mértéke nagy mértékben függ a szemcsék felületén tapadt, benzolban oldhatatlan kötőanyag-mennyiségtől. (Érthető, hogy nagyobb szemcsékből porított szemcsék esetében ez viszonylag sokkal kisebb mennyiséget tesz ki, minthogy a nagyobb szemcsék fajlagos felülete sokkal kisebb.)

Az oxidáció sebességét vizsgálva azt tapasztaltuk, hogy az nagyrészt már az első 5–10 percben befejeződik; ezután a folyamat igen meglassul. A fogyasztott CrO_3 -oldat cm^3 -einek számát az oxidációs behatás idejének függvényében ábrázolva (2. sz. ábra), látjuk, hogy az eleinte meredeken emelkedő görbe hamar elapad, vagyis az oxidáció sebessége rohamosan csökken.

Fenti tapasztalatok vezettek arra, hogy az anódmassza koksztmaradékáról a rátapadt kötőanyagot először leoxidáljuk, majd az így kapott szemcsék felületének oxidálhatóságát tovább vizsgáljuk az előbbi módszerrel. Az így nyert, az 1. sz. ábrán b -vel jelzett görbék a megfelelő — a -val jelzett — görbék alatt futnak. Tehát az így megtisztított szénfelület oxidálhatósága, mint várható is volt, az eredetinel kisebbnek mutatkozott.

Feltételezhető azonban, hogy a különböző szénfajtákon, azonos ideig és körülmények között, végzett előoxidálás más és más erősségű behatást idéz elő, minthogy azok eredeti állapotban különböző mértékben oxidálódnak. Fennáll a veszélye annak is, hogy fenti előkezeléssel

éppen azokat a jellemző felületi rétegeket roncsoljuk el, amelyek a szén felületi sajátosságaira engednének következtetni.

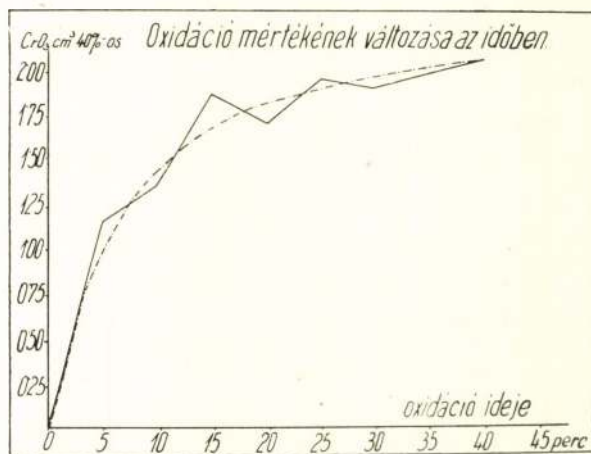
A felsorolt mérések és az ezekből levonható következtetések alapján megállapíthatjuk, hogy kívánatos volna egy olyan módszer, amelynél az oxidáció sebességének időbeli változását követni tudjuk, anélkül, hogy a görbe minden pontjának felvételéhez külön bemérésre lenne szükség, mint a fenti módszerrel.

További méréseinkből kiderült, hogy módszerünk pontosság szempontjából sem kielégítő.

Módszerünk egyik pontatlansága onnan származott, hogy a kokschoz adagolt 15 cm^3 40%-os CrO_3 -oldatnak csak igen kis hányada használódott el oxidációra. (A fölös CrO_3 -mennyiség visszatitrlálásához az 500 cm^3 -ből 5 cm^3 oldatot kellett kivenni, hogy mérhető értéket kapjunk, ami 100-szoros hígításnak felel meg.) Az eredeti 15 cm^3 oldatból átlagosan mintegy 1,2–1,5 cm^3 , a b -jelű szurokkoks és petrolkoks esetében 1 cm^3 alatti mennyiségek használódnak el oxidációra. Ez az eljárás pontosságát korlátozza.

Ezért igyekeztünk CrO_3 kisebb feleslegével és hígabb oldatokkal végezni méréseket. Majd azonos CrO_3 -oldathoz több szenet bemérni. Az így nyert negatív eredmények azt mutatták, hogy a CrO_3 csak ilyen nagy töménységben és nagy feleslegben alkalmazva fejt ki számottevő oxidáló hatást.

Nyers (izzítatlan), majd különböző hőfokon izzított petrolkoksszal végzett méréseink azt mutatták, hogy a magasabb hőmérsékleten izzított petrolkoks kevesebb CrO_3 -at fogyaszt, mint az alacsonyabban izzított (vagy izzítatlan) próba. De ennél a módszerrel is megmutatkozott



2. ábra.

eljárásunk hiányosságai. 930 fok fölött már nem tudtuk a petrolkoks oxidálhatóságát mérni. Itt ugyanis a fogyasztott CrO_3 mennyiségének abszolút értéke már annyira lecsökkent, hogy nagyságrendileg a módszer hibahatárán belül mozgott. Ugyanakkor az egyes anyagokról a szemcsenagyság függvényében felvett görbék is olyan közel futottak egymáshoz, hogy következtetésre nem adtak biztos alapot. A 800 és 930 fokon izzított petrolkoks görbéje például keresztjezi egymást. A módszer tehát nem elég szel-

Ezután igyekeztünk a módszer érzékenysé-
gét fokozni.

Elsősorban nagyobb abszolút fogyás eléré-
sére törekedtünk. Az oxidáció idejét meghosz-
szabbítottuk, fél óra helyett 12 óráig oxidáltunk.
Ilyenkor a bepárlódás elkerülésére visszafolyós
hűtőt alkalmaztunk. Ezzel a módszerrel tényleg
nagyobb CrO_3 fogyást értünk el, ami érthető is,
hiszen a 2. sz. görbe, ha laposodóan is, de végig
emelkedik. Ez az eljárás azonban igen hossza-
dalmas volt. Sorozatmérésekhez, paralelek és
vakpróbák felvételéhez, az időtől való függés,
ill. a változó szemnagyság következtében 10–20
visszafolyós hűtővel ellátott készülékre lenne
szükség, hogy belátható időn belül eredményt
kapjunk. Ipari módszernek tehát teljesen alkalmatlan.
Ugyanakkor nagyobb abszolút fogyás mellett
sem volt várható a módszertől, hogy nagyobb
viszonylagos eltéréseket jelezzon az egyes
szénfajták között, tehát hogy az előző módszer-
nél szelektivebb lenne.

Különböző mennyiségű kénsavnak az oldat-
hoz való adagolásával is próbáltuk az oxidáció
mértékét növelni. Az így végzett kísérletek (úgy
a hideg, mint a meleg úton végzett oxidáció
esetében) a kénsav mennyiségének fokozásával
növekvő értékeket adtak, de a párhuzamosan
végzett vakpróbák CrO_3 -fogyasztása is egyre
nőtt. A vakpróba levonásával kapott érték pedig
alig volt nagyobb az eredeti módszerrel nyert
értékeknél. (A kénsavmennyiség fokozásának a
képződő csapadék képezte felső határát.) Nem
tartottuk tehát érdemesnek a vizsgálatokat eb-
ben az irányban folytatni és a kénsavval a mód-
szerbe még egy bizonytalansági tényezőt be-
vinni. (Kénsav jelenlétében ugyanis az oxidáció
hidegen is mérhető sebességgel folyik tovább,
tehát a reakció-befagyasztás egyszerű lehűtéssel
nem érhető el, így pontos időbetartást, azonnali
szűrést és feldolgozást kíván, ami a sorozatmé-
réseket megnehezíti.)

Végeztünk néhány mérést kénsavas közeg-
ben 1/10 n KMnO_4 -oldattal is. Az itt nyert érté-
kek a vakpróba levonása után még a CrO_3 -oldat-
tal elért fogyásoknál is kisebbeknek mutatkoz-
tak. Vagyis állásnál kénsavas közegben a per-
manganátoldat olyan jelentősen bomlik, hogy
ilyenfajta mérésekre alkalmatlan. A melegen
elvégzett oxidációnál ez a hiba fokozottan mu-
tatkozott. Katalizátorral sem sikerült az oxidá-
ciót oly mértékben fokozni, hogy a vakpróba le-
vonása után is számottevő érték maradjon.

Fenti oxidációs méréseknek még másik kö-
zös hibája volt az, hogy az oxidálószer fogyását
mértük, nem a keletkezett oxidációs termék
mennyiségét. Így fennforoghatott az a helyzet
is, hogy az oxidáció több fokozatban, az egyes
fajtáknál más és más közbenső termékekkel
megy végbe és mi az oldószer fogyásából nem
tudjuk, hogy milyen mértékig történt meg az
oxidáció.

Fenti tapasztalatok alapján olyan módszert
kezdünk keresni, mely: 1. Az oxidáció sebessé-
gének időbeli változását könnyen követni tudja.
2. Nem az oxidálószer fogyását, hanem a kelet-
kezett égéstermékét méri. 3. Szelektivebb a fenti
módszernél és szelektivitása szükség esetén nö-

velhető. 4. Lehetőleg független szubjektív té-
nyezőktől, bizonyos mértékig automatizálható és
ipari sorozatvizsgálatokra is alkalmas.

Összefoglalás.

A szerzők különféle szénminták oxidálható-
ságának megállapításával foglalkoznak. Céljük
az anódmasszák szénösszetevőinek ily szempont-
ból történő jellemzése.

Ismertetnek egy eljárást, mely krómsavas
oxidációt alkalmazva, a fejlődő CO_2 -t Ba(OH)_2 -
vel nyeleti és a Ba(OH)_2 ellenállás mérésével
közvetlenül egy, a szénre jellemző „oxidációs
görbét” szolgáltat.

I R O D A L O M.

- ¹ Mayers Chem. Rev. 14. 31–53. 1934.
- ² C. A. 27. 5514. — 5962.
- ³ Ind. Eng. chem. 26. 749. 1934. 889. 1934.
- ⁴ Journ. Soc. Chem. Ind. Japan 246. 1933.
- ⁵ Fuel 12. 118. 1933.
- ⁶ Z. f. Anorg. Allg. Chem. 199. 109. 1932
- ⁷ Z. Angew. Che. 43. 986. 1930.
- ⁸ S. I. Chem. Soc. 76. 2161. 1929.
- ⁹ Giesserei 16. 147. 1929.
- ¹⁰ Proc. I. Fuel Tech. 8. 1927.
- ¹¹ Ind. Eng. Chem. 19. 1927.
- ¹² Gas u. Wasser 67. 226. 1924.
- ¹³ Techn. Tid., 53. 41. 1923.
- ¹⁴ Chem. News. 118. 301. 1919.
- ¹⁵ Chem. News. 118. 50. 1919.
- ¹⁶ Soc. Chem. Ind.
- ¹⁷ Izveszt. Ak. Nauk. C. C. C. R. 1947. 895.
- ¹⁸ Compt. Rend. 228. 1946. 1949.
- ¹⁹ Techn. Rep. Kyushu Imp. Univ. 18. 47. 1943.
- ²⁰ Chem. a. Ind. 771. 1948.
- ²¹ J. ch. phys. 44. 296. 1947.
- ²² Nature 158. 1946.
- ²³ I. Phys. Chem. Moskva, U. C. C. R. 19. 417. 1945.
- ²⁴ Ann. Akad. S. Feun. A. 54.
- ²⁵ J. Chim. Phys. 42. 40. 1945.
Bull. soc. chim. 12. 318.
- ²⁶ Rec. Trav. Chim. 62. 215. 1943.
- ²⁷ Fuel 17. 292. 1938.
- ²⁸ Izveszt. Vsesojuz. Teplo. Inst. 14. 17. 1941.
- ²⁹ Izveszt. Ak. Nauk. C. C. C. R. 1948. 341.
- ³⁰ Bull. Ak. Sc., Kl., Techn. C. C. C. R. 1947. 375
- ³¹ Journ. Chem. Soc. 1. 1949.
- ³² Feuerungstechnik 26. 337. 1938.
- ³³ Uszpechi. Chim. 7. 1277. 1938.
- ³⁴ F. Technik. Physik. C. C. C. R. 8. 53. 1938.
- ³⁵ Trans. Farad. Soc. 34. 1062. 1938.
- ³⁶ J. Chem. C. C. C. R. 9. 1269. 1936.
- ³⁷ Trans. Farad. Soc. 32. 1584. 1936.
- ³⁸ Izveszt. Ak. Nauk. C. C. C. R. 240. 1949.
- ³⁹ Izveszt. Ak. Nauk. C. C. C. R. 748. 1949.
- ⁴⁰ Izveszt. Ak. Nauk. 1642. 1949.
- ⁴¹ Fuel 12. 118. 1933.
- ⁴² Izveszt. Ak. Nauk. C. C. C. R. 518. 1947.
- ⁴³ Fuel, 17. 363. 1938.
- ⁴⁴ Bull. Ak. Sc. U. R. C. C. Kl. Sc. Techn. 107. 1942.
- ⁴⁵ Chim. Tverdl. Topliva 7. 22. 1936.
- ⁴⁶ Journ. Soc. Chem. Ind. 57. 1. 1938.
- ⁴⁷ Ind. Eng. Chim. 35. 343. 1943.
- ⁴⁸ Chem. a. Ind. 869. 1948.

Kémiai polirozás és csiszolás

Dr. DOMONY ANDRÁS

621.357.8

Dr. A. Домонь:

Химическое полирование.

Dr. A. Domony: Das Chemische Glanzverfahren.

Dr. A. Domony: The Chemical Polishing.

A könnyűfém-ből készült készáruk gyártásánál az egyik legidőtrablóbb és a legköltségsébb munkafázis a készre húzott, illetve készre gyártott anyagok csiszolása és polirozása. Ez a munkamenet a készáru külalakját döntően befolyásolja. Rosszul kikészített készáru értékét a selejtes megjelenés és a nem megfelelő külső nagyban csökkenti. A készáru kikészítéséig eddig vagy mechanikus csiszolás és polirozás segítségével, vagy — kisebb mértékben — elektrokémiai polirozás útján történt. Eredeti megmunkált állapotban a fémtárgyak felülete sohasem tökéletesen egyenletes. Az ilyen felület az apró hullámhegyek és hullámvölgyek változása miatt a fényt csak tökéletlenül tükrözi vissza és emiatt a tárgy homályos és igénytelen külsejű lesz. A megmunkálásból származó karcok, húzási vonalak, felületi hibák szintén a felület hullámosságaként foghatók fel. A csiszolás és polirozás a felület hullámosságát van hivatva megszüntetni azért, hogy a kiemelkedő hullámhegyeket megszünteti és az egész fémfelületet egyenletesen a hullámvölgyek síkjába hozza.

Az eddig legelterjedtebb eljárásnak — a mechanikai polirozásnak — a lényege, hogy a kikészítendő tárgyakat gyorsan forgó korongokon, csiszoló- és polirozóanyagok felhasználásával fényesítik, illetve a yers tárgy felületének hullámosságát a csiszoló- és polirozóanyagok segítségével szüntetik meg. Ez a munka nemcsak időtrabló és hosszadalmas, hanem az állandóan szálló por- és fémszemcsék miatt a munkavállalók egészségére igen ártalmas. A mechanikus polirozás és csiszolás költséges voltát a következő példa szemlélteti:

100 db. egyliteres alumíniumlábos teljes elkészítése, a tárcsa húzástól a készáru csomagolásig 833 munkapercet vesz igénybe, ebben a munkamenységben a mechanikus csiszolás és polirozás 381 munkaperc, tehát az egész munkamenetnek mintegy 46 százaléká. Vékony falvastagságú, apró tömegcikkeknél az áru kikészítése, polirozása és csiszolása még nagyobb mértékben szerepel. Sőt ezeknél a daraboknál a csiszolás és polirozás sok esetben — az apró tömegcikkék természeténél, illetve vékony falvastagságánál fogva — lehetetlenné válik.

A mechanikus polirozás nemcsak időtrabló, egészségtelen és drága munkamenet, hanem tekintélyes anyag- és áramköltséget is igényel, továbbá a berendezések létesítése, a megfelelő szellőző- és védőberendezések felállításának szükségessége miatt, jelentékeny költséggel jár.

Az utóbbi években igyekeztek a mechanikai polirozás hátrányait elektromos áram felhasználásának a segítségével történő elektrolitikus polirozási eljárással kiküszöbölni. Ennek az eljárásnak a lényege, hogy a polirozandó tárgyakat katódának kapcsolva, a fényesítést

és csiszolást az elektrolitnak áram hatására bekövetkező differenciáló maró hatásával végzik el.

Ez az eljárás, bár az első percben tetszetiesnek látszik, nagy áramfogyasztással jár, az elektromos berendezés szükségessége miatt pedig nagymérvű beruházást igényel, azonkívül a munkamenet igen kényes. Ez az oka annak, hogy az elektrolitikus polirozási eljárások, az első sikerek után, az iparban nem tudtak úgy elterjedni, mint ahogy azt az első pillanatban remélni lehetett.

Az ipar részéről azonban mind jobban felmerült az a kívánság, hogy a mechanikus polirozás kiküszöbölésével egy olyan észszerű, olcsó, tömegcikkgyártásánál jól használható eljárás álljon rendelkezésre, amely egyszerű eszközökkel lehetővé tegye a fényesítendő tárgyak gyors, olcsó, tetszeties felületének a kikészítését.

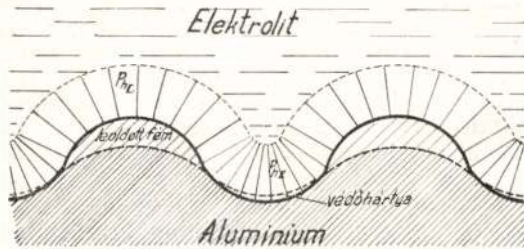
Megállapítást nyert, hogy ehhez a munkamenethez a különböző savakból előállított, erősen maró keveréknek a különböző fémekkel szembeni szelektív oldási képességét igen jól fel lehetett használni. Ennek az elvi megfontolásnak az alapján dolgozta ki Kutató Intézetünk az áram- és mechanikai energia igénybevétel nélküli új, ú. n.

„*kémiai csiszolás és polirozási eljárás*“-nak nevezett munkamenetet. Az eljárás lényege a következő:

Közismert, hogy minél egyenletesebbek a fémfelületek, annál fényesebbek; a fény sugarakat annál jobban verik vissza. Minden csiszolásnak és polirozásnak az a lényege, hogy a fémfelület egyenetlenségeit, hullámhegyeit és völgyeit eltávolítsa, a kiálló fémesűcsokat letörje és ezzel egyenletes sík felületet hozzon létre. A fémfelületen lévő karcok, húzási rissek stb. eltüntetésére szintén ezen az elgondoláson alapul.

A vizsgálatok alkalmával kiderült, hogy erős savak, vagy egyéb maróanyagok az érdesnek látszó fémfelületről a kiálló csűcsokat anélkül, hogy a kiálló csűcsok alatt lévő ú. n. „völgyekben“ az anyagot oldanák, a kiálló részeket marás útján el tudják távolítani. Ez a jelenség különböző passziválódási, ill. segregált oldási folyamat következtében játszódik le. Minden oldást végső fokon — még ha áram nélkül is történik — elektrokémiai folyamatnak lehet felfogni. Az egyenetlen felület hullámvölgyeiben, az oldószer lokális koncentrációjának eltolódása miatt, anódikus folyamatok (passziváció) játszódhatnak le, ugyanakkor a hullámhegyeken katódikus oldás megy végbe. A hullámvölgyekben lévő savkoncentráció ugyanis az oldódó fémsók következtében pillanatok alatt megváltozik és amennyiben ennek következtében olyan lokális koncentráció jön létre, amely a hullámvölgyek fémfelületén védőhártya kialakítását lehetővé teszi, úgy a sav maró hatása csak a hullámesűcsokon fog érvényesülni. A lokális koncentráció különbségek miatt a fémfelület csűcsainál és völgyeiben a hatóanyag PH értéke különböző. (Lásd 1. sz. ábrát.)

Az alumínium kémiai csiszolásánál még a felületen képződött alumíniumoxid hártya tulajdonságaival is számolnunk kell. Tapasztalati tény, hogy a csúcsokon, szögleteken az akár természetesen, vagy mesterségesen képződött



1. ábra.

oxidhártya vékonyabb, mint a sík felületeken kialakult réteg. (Lásd 2. sz. ábrát.) Alumínium esetében tehát a hullámhegyeken képződött vékony alumíniumoxid réteget a helyes PH-re beállított csiszolószert gyorsan oldani fogja, ugyanakkor a hullámvölgyekben a változott PH-értékű hatóanyag az oxidhárttyát nem fogja megtámadni, illetőleg jól tapadó, friss védőréteggel a keletkezése fog lehetővé válni. (Lásd 3. sz. ábrát.) Amikor tehát a fémeket olyan maróanyagok keverékével érintkeztetjük, amelyeknek maróhatása elég erős arra, hogy a hullámhegyeket rövid időn belül oldás következtében egyenletesen eltávolítja, oxidációs hatása miatt a hullámvölgyek anódikus passzivációjával elég oxidoldó szert és inhibitor tartalmaz; a fémfelületek egyenletesek, tükrösek, illetve fényesek lesznek. A durvább karcok és húzási vonalak mentén ugyanaz a folyamat megy végbe. A karcok és húzási vonalak alja és mélye passziválódik, teteje lemaródik és ezáltal az anyagfelületről az egyenetlenségek eltűnnek.

Ennek az elméleti megfontolásnak az alapján tehát a kémiai polirozáshoz olyan erős hatóanyagoknak a keverékére van szükség, amelyek a kiálló fémcsúcsokat rövid időn belül lemarják, az anódikus hullámvölgyeket pedig vékony, passzív réteggel vonják be.

Eljárásunk esetében céljainknak megfelelő tulajdonságokkal a foszforsav alapon felépített savkeverékek rendelkeznek. Az egyenetlen fém felületén lévő hullámvölgy passzív, igen vékony foszfátréteggel vonódik be, amely az alatta lévő fémet a további maróástól megvédi. Ezzel ellentétben a kiálló fémcsúcsokat az erős sav gázfejlődés mellett lemarja. A polirozó és csiszoló folyadékok akkor vannak helyesen beállítva, ha az erős gázfejlődés csak a csúcsok oldásánál keletkezik, a hullámvölgyeken pedig olyan átlátszó tömör hártya keletkezik, amelyet a savak maróhatása nem tud áttörni és ezáltal ott sem oldódás, sem gázfejlődés nincs. A gázfejlődés lényegileg az egyenetlenséget okozó csúcsok eltávolítása után megáll és ezzel a csiszolás, illetve polirozás befejezést nyer.

Az esetben, ha a folyamatot a csúcsok lemarása után huzamosabb ideig folytatjuk, a sav maró hatása a védőhárttyát újból feltörheti, a fémet pedig gázfejlődés mellett ismét oldhatja. A csiszolt, ép felület ilyenkor tönkremegy.

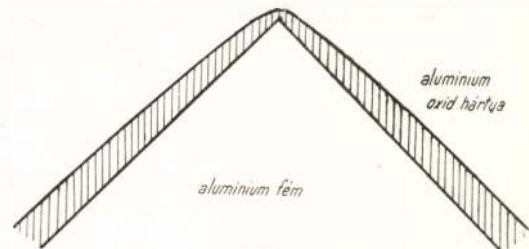
Ezek szerint tehát a csiszoló és polirozó fürdők összetétele attól függően változik, hogy milyen fém csiszolásához, vagy polirozásához

lesz felhasználva. A mi esetünkben a legnagyobb súlyt a szinalumínium és az alacsony ötvözött alumíniumötvözetek kémiai csiszolására és polirozására fordítottuk. Erősebben ötvözött anyagok, mint pl. Dural-típusú ötvözetek csiszolása a fenti eljárással jó eredménnyel elvégezhető, polirozása azonban nem. A felület egyenletes, fehér bevonatot kap, de nem lesz tükröző. A húzási vonalakat és felületi egyenetlenségeket az ötvözetek felületéről el lehetett távolítani.

Kidolgoztuk továbbá a sárgarezek felületének kémiai csiszolását és polirozását is. A fürdők összetétele itt is az alumíniumnál használatos fürdőkhöz hasonló.

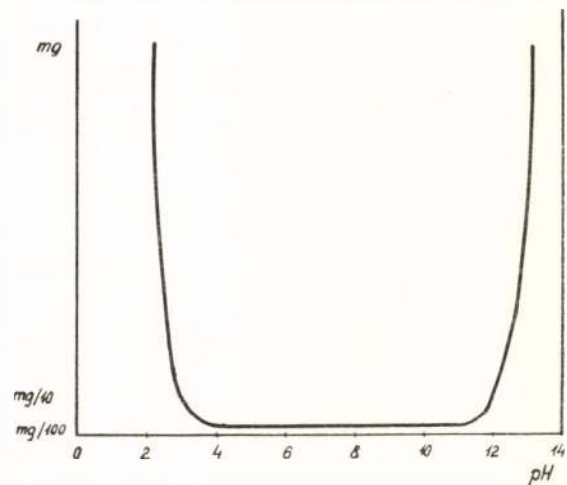
Hosszú kísérletek után a legjobb csiszoló fürdők a foszforsav és kénsav keveréke bizonyult, amelyhez katalizátorként kevés nehézfém-sót adagoltunk. A polirozó fürdő összetétele: foszforsav és salétromsav keveréke ugyancsak nehézfém-só kalizátorral. Ennél a fürdőnél a vízmentesség döntő fontosságú.

A csiszolás és polirozás munkamenete igen egyszerű. A csiszoló és polirozó fürdőket 85–90° C-ra melegítjük elő, a kezelendő, nagyjából zsír-



2. ábra.

talánított tárgyakat megfelelő alumíniumból készült felakasztó szerkezetre erősítjük, vagy alumíniumkosárba tesszük és nagyságuktól, valamint felületi kiképzésüktől függően 3–10 percre a fürdőbe helyezzük. A fürdő a nyers felület egyenetlenségeit eltávolítja és a tárgyak a fürdőből csiszoltan kerülnek ki. A fürdőből



3. ábra.

kivett darabokat azonnal hideg, majd meleg vízben lemoszuk és utána szárítjuk. Igen fontos, hogy a csiszoló fürdőt követő mosás gyorsan történjen, mert az esetben, ha a csiszoló fürdő maradéka a tárggyal levegőn huzamo-

sabb ideig érintkezik, azt megtámadja és a eszszolt felületet igénytelenné teszi. Mosás után a szárítás azért szükség, mert a polirozó fürdőbe nedvességet bevinni nem szabad. A polirozás a tárgyak nagyságától és külsejétől függően 85–90° C-on 2–5 percig tart. A polirozás befejezése után ismét hideg, utána meleg vízben alapos mosás következik. A polirozott tárgyak külseje mélyen tükröző felület. Megjegyzendő, hogy a tárgy anyagának kristályszerkezete a polirozás minőségét befolyásolhatja. Hídeg megmunkálás következtében az erősen megnyúlt, durva szemcsés anyag felületén a kémiai kezelés a durva kristályszerkezetet, halványan bár, de könnyen előhívhatja.

A kémiai polirozással előállított felület önmagában véve is időtálló, mivel az anyagot egész vékony tömör alumínium-foszfátréteg borítja, amely hártya az alapfém a továbboxidálástól megvédi.

A kémiailag polirozott felület igen jó eloxálási alapanyag. A kémiailag polirozott felület

festhetősége, a vékony foszfátréteg miatt, önmagában véve is jobb, mint a mechanikailag eszszolt felületé. A kémiai eszszolás és polirozás edényzetét kisebb méretű berendezéseknél célszerű üvegből, porcelánból, vagy egyéb saválló keramiai anyagból készíteni, nagyobb berendezéseknél pedig saválló acélból. A kádak felett megfelelő elszívó berendezésről kell gondoskodni. Ez különösen a polirozó fürdőnél lényeges, miután itt a keletkezett nitrózus gőzök a kiszolgáló személyzet nyálkahártyáit megtámadhatják. Gondoskodni kell továbbá arról is, hogy a kiszolgáló személyzet a folyamatos munkánál gumikesztyűvel el legyen látva.

A kémiai polirozás a vékony falvastagságú anyag kikészítésénél új lehetőség perspektíváját nyitja meg. Azáltal, hogy nagy tömegben olcsó eljárással, függetlenül a tárgyak alakjától, falvastagságától stb. a tömegek felületét simává, fényessé, tetszetőssé lehet tenni, a készárugyártás minőségjavítását és önköltségcsökkentését nagy lépéssel viszi előre.

Nedvesedés és adszorpció az alumínium elektrolízisének

Professzor dr. A. J. Bjelajev „Fizikai és Kémiai folyamatok az alumínium elektrolízisének” című könyvéből

Összeállította: MAJOR GABRIELLA

(Folytatás.)

Габриелла Майор:
Краткое изложение.

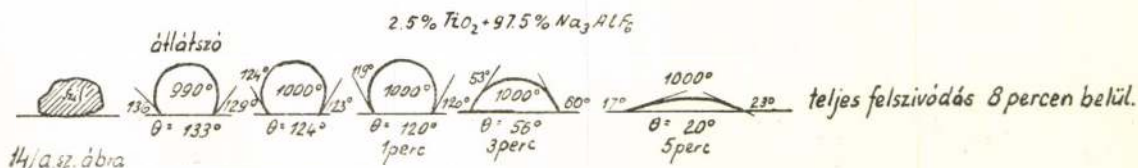
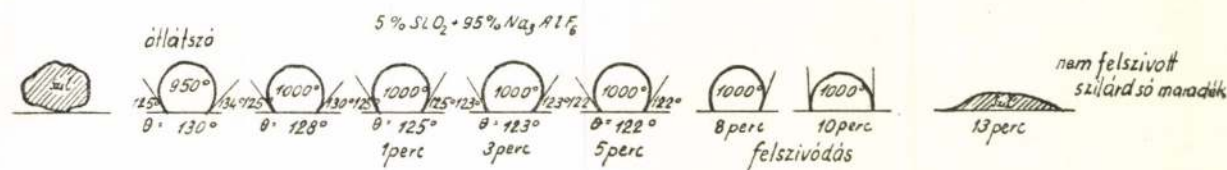
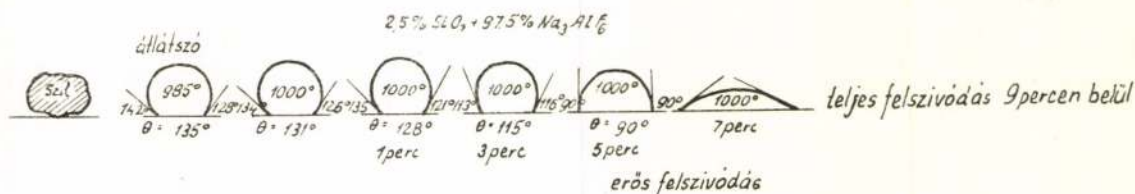
A SiO_2 , TiO_2 és P_2O_5 tartalmú kriolitolvadék nedvesítési határszögei.

A 14-ik ábra és 10-ik számú táblázatból látható, hogy a SiO_2 , TiO_2 és P_2O_5 felületileg aktív anyagok, vagyis csökkentik a nedvesítés

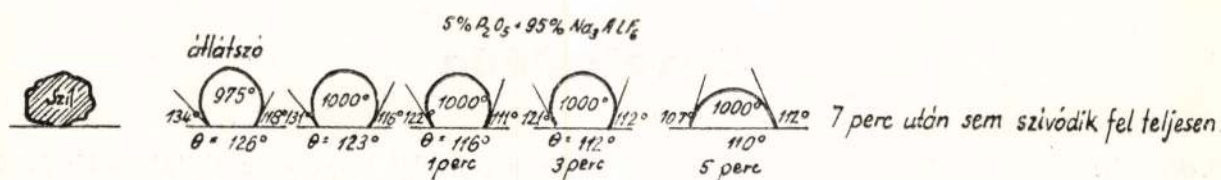
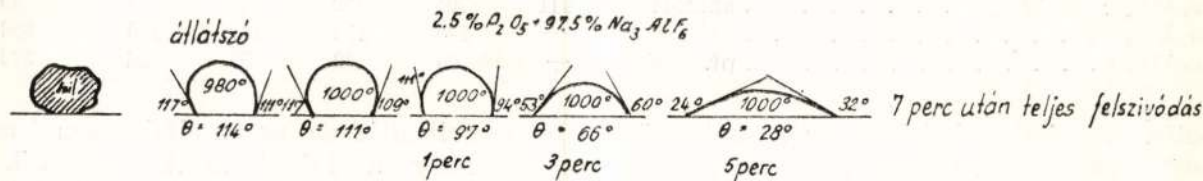
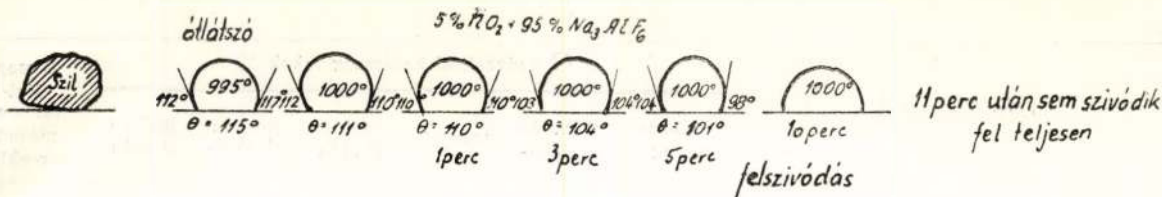
határszögét, legjobban a P_2O_5 , legkevésbé a SiO_2 .

Szén és nem szenes anyagok hatása a nedvesítés határszögére.

A 15-ik számú ábra mutatja a cseppformákat és 5% Al_2O_3 -at tartalmazó kriolitolva-



14/a.sz. ábra



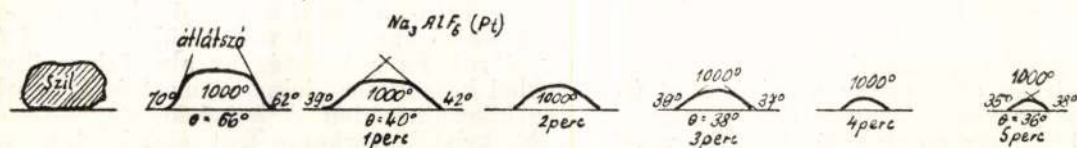
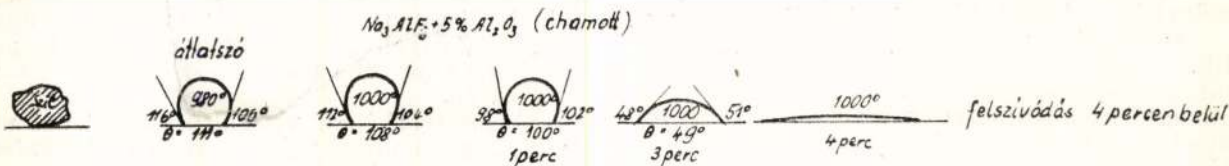
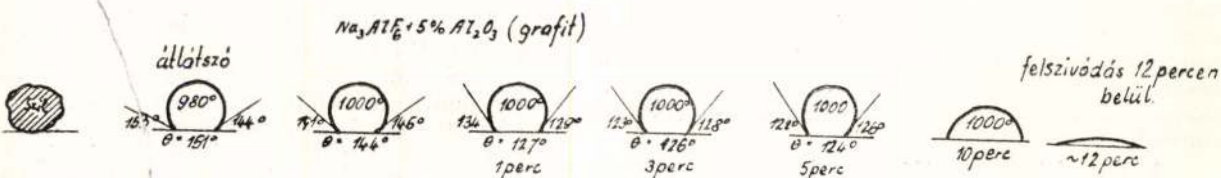
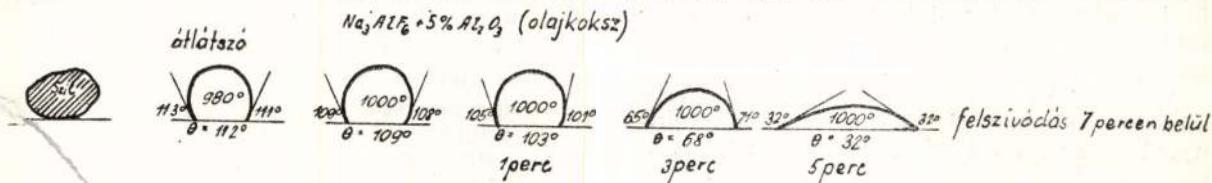
14/b.sz.ábra Kryolith cseppforma és nedvesítési határszögének változása SiO_2 , TiO_2 , és P_2O_5 hatására.

Az olvadék összetétele	⊙ nedvesítési határszög fokok					A csepp élet-tartama másod-percekben
	Olvadási hőfokon	1000°-nál	1000°-on	1' után	3' után	
$\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 2,5\% \text{SiO}_2$	135	131	128	115	90	540
$\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 5\% \text{SiO}_2$	130	128	125	123	122	780
$\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 2,5\% \text{TiO}_2$	133	124	120	56	20	380
$\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 5\% \text{TiO}_2$	115	111	110	104	101	660
$\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 2,5\% \text{P}_2\text{O}_5$	114	111	97	63	28	420
$\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 5\% \text{P}_2\text{O}_5$	126	123	116	11	110	420
Na_3AlF_6	135	134	133	116	110	690

dék nedvesedési határszögeit olajok, grafit, samott és platina lemezekben. A 11-es számú táblázat tartalmazza ⊙ abszolút értékeit.

A kryolitholvadék nedvesítési határszögei a különböző szilárd anyagok határán.

Látható, hogy a szilárd anyagok igen erősen befolyásolják a nedvesítési határszöveget. Pl grafit felületén lényegesen nagyobb a határszög, mint szénen, vagyis a grafit rozsbabbul nedvesedik. Másrészt a kiegészített anyagok (samott) igen jól nedvesednek. Platinalemez



15.sz.ábra Kryolitholvadék cseppformáinak nedvesítési határszögének változásai különböző szilárd anyagok

Az olvadék összetétele	Lemez- anyag	⊙ nedvesítési határszög fokok				A csepp- élet- tartama másod- percekben	
		Olvadási hőfokon	1000°-nál	1000°-on 1' után	1000°-on 3' után		1000°-on 5' után
$\text{Na}_3\text{AlF}_6 + 5\% \text{Al}_2\text{O}_3$	szén	112	109	103	68	32	450
$\text{Na}_3\text{AlF}_5 + 5\% \text{Al}_2\text{O}_3$	grafit	151	144	127	126	124	720
$\text{Na}_3\text{AlF}_5 + 5\% \text{Al}_2\text{O}_3$	samott	111	108	100	49	—	240
Na_3AlF_6	szén	—	135	133	117	110	690
Na_3AlF_6	pt.	—	66	40	38	36	330

esetén a tiszta kriolitolvadék határszöge 1000°-on 66°-nak adódik, ami kis felületi feszültségre és jó nedvesedésre enged következtetni.

Jól megvilágítja ezt az általánosan ismert tény, hogy a kriolitolvadék felmászik a platinatégely falán. (Folytatjuk.)

Levelesláda

1. Kérdés:

Üzemünknek alumíniumolvasztásból származó nagymennyiségű salak áll rendelkezésére. A salakban fémet is találtunk. Kérdezzük, hogy a fémtartalmú, szennyezett fedősóból származó salakot miként lehetne egyszerű módon regenerálni és újból felhasználni?

Felelet.

Az alumíniumöntödékek salakjának a regenerálásánál elsősorban tisztában kell lenni a használt eredeti fedő-, illetőleg tisztítószó összetételével. Az esetben, ha az eredeti fedősó vízben oldható só keverékéből áll, a legegyszerűbb regenerálási menetet a következő:

A fémtartalmú salakot golyósmalomban, vagy egyéb megfelelő törőeszközzel meg kell őrölni, a fémet pedig ki kell szitálni. Az őrlést, illetőleg a törést csak száraz salakból lehet elvégezni.

A kiszitált fémet ajánlatos külön tégelyben tömbökké átolvasztani. Nem célszerű a salakból kinyert fémet, annak erős szennyezése miatt, átolvasztás nélkül folyékony fürdőbe tenni.

A fémtől megtisztított, finomra megőrölt salakot saját súlyának kb. tízszeres vízmennyiségében melegítés mellett feloldják. Ennél a műveletnél az eredeti fedősó vízben oldható része oldatba megy, a salak alumíniumoxid stb. szennyeződései oldhatatlan csapadékként visszamaradnak.

A jobb hőkihasználás érdekében az oldási műveletet célszerű körfolyamatban végezni.

Oldás után a csapadékot és az oldatot ülepítik, a tiszta, minél töményebb sóoldatot bepárolják és kikristályosítják. A kikristályosított anyagot az anyalúgtól vászonszűrőn keresztül leszűrik, vagy az anyalúgtól lecentrifugálják és kiszáritják. Ely módon az eredeti fedősó vízben oldható alkatrészeinek kb. 50—70%-a visszanyerhető.

Az esetben, ha az eredeti fedősó nagy mennyiségben vízben oldhatatlan alkatrészeket (pl. kriolitol) is tartalmaz, az anyagot vegyszerek segítségével kell vízben oldható állapotba vinni.

Ez a művelet lényegesen költségesebb és általában nem kifizetődő.

2. Kérdés:

Üzemünk nagyobb mennyiségű Al-Mg-Si típusú alumíniumötvözetből készült profilt épít be díszítési célból, polirozott és eloxált kivitelben. A profilok jelentékeny része eloxálás után felhős, foltos, igénytelen külsőt mutatott.

Kérdezzük, hogy az eloxálásnál mutatkozó felületi hibákat miként lehetne megszüntetni és mi a módja a jelentékeny mennyiségű selejt kiküszöbölésének.

Felelet:

Az üzem által beküldött mintadarabok megvizsgálása után a következőket állapítottuk meg:

Az anyag összetétele:

Zn 0,02,
Cu nyomok
Fe 0,18,
Si 0,97,
Mg 0,67,
Mn 0,53.

Megállapítható tehát, hogy az anyag a megengedettnél nagyobb mértékben káros szennyezéseket nem tartalmaz; az anyag összetétele pedig az előírásoknak megfelel.

Az anyag kristályszerkezetének meghatározása érdekében több helyről kivágott darabokból esiszalokat készítettünk és megállapítottuk, hogy az anyagban sem oxidzárványokat, sem egyéb porusosságot felfedezni nem lehetett. A profil egész keresztmetszetében tömör és ép.

A mikroszkópiai vizsgálat viszont azt mutatta, hogy a profil rajza mentén — különösen ott, ahol falvastagság átmenetek vannak — a profil belső anyagától eltérő kristályszerkezetű külső hártával van körülvéve (lásd 1—4. sz. ábra). Ez a jelenség az alumínium ötvözetből készült profiloknál ismert és gyakorlatilag kikerülhetetlen. A külső keményebb és durvább kristályszerkezetekből álló hártá, vagy

réteg különösen az Al-Si-Mg-tartalmú ötvözetek préselésénél jelentkezik. Ez a jelenség csökkenthető, azonban teljesen nem küszöbölhető ki, ha a profil sajtolása előtt az öntött tuskók külső kérgét 2—3 mm-rel leesztergályozzák és a prés recipiensét minden préselés előtt a visszamaradó prérhártyából megtisztítják. Különösen kényes anyagok gyártásánál az irodalom még azt is ajánlja, hogy a profil préselésénél ne öntött, hanem előre préselt tuskókat használjunk. (Dr. M. Schenk: Werkstoff Aluminium und seine anodische Oxidation, Bern 1948. 114. oldal).

Az előbb említett hártvaképződés a szín-alumínium és Al-Mn-típusú ötvözetekből készült profiloknál az Al-Mg-Si-típusú ötvözeteknél kisebb mértékben észlelhető. Javasoljuk, hogy az esetben, ha a szilárdsági szempontok megengedik, végezzenek Al-Mn-típusú ötvözetekből készült profilokkal kísérleteket.

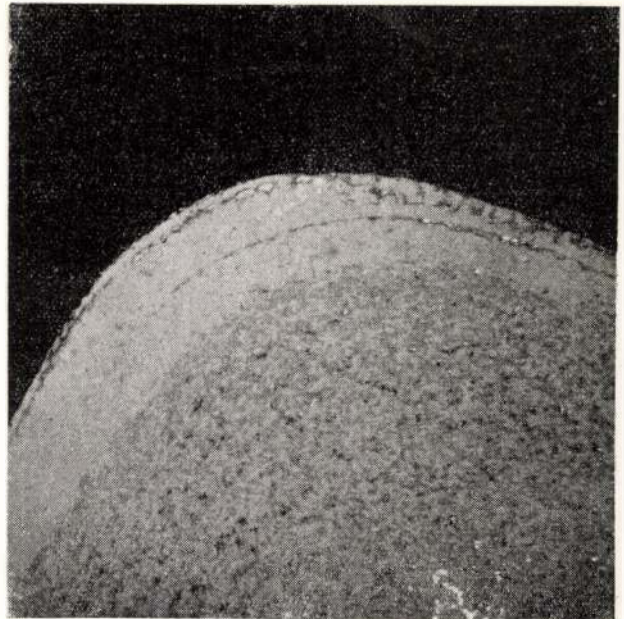
Az irodalomból és a gyakorlatokból egyaránt ismeretes, hogy a profil belsejének kristályszerkezetétől eltérő kristályszerkezetű hártva a polirozásnál és az azt követő eloxálásnál nehézségeket okoz. Az eloxálásnál ugyanis a darabok felülete, a hártva vastagságától függően, felhős és egyenetlen fényességű lesz. Ez a hiba csak a felületi hártvának mechanikus úton történő eltávolításával szüntethető meg. Ennek érdekében a darabok felületéről a durva-kristályos réteget csiszolással vagy marással el kell távolítani.

A csiszolás és az azt követő polirozás munkamenete igen kényes és a darab végső felületi kiképzése szempontjából döntően fontos tényező. Mindkét mechanikai művelet igen nagy gyakorlatot és szakértelmet kíván. Nehézfém csiszolásában jártas szakemberek a könnyűfém darabokat könnyen tönkre tehetik, „elégethetik“ azáltal, hogy a darabot csiszolás és polirozás közben túlságosan felmelegítik (túlzottan gyors munkamenet, túl nagy nyomás). Az ilyen „elégetett“ felület, bár polirozás után tükörfényes, az eloxálásnál azonban a különböző kristálystruktúra következtében a felületen a helytelen kezelés meglátszik. Különös óvatosságot igényel azoknak a daraboknak a csiszolása, ahol a csiszolásnak a célja a külső kemény hártvának az eltávolítása. Ebben az esetben a helytelen kezeléskor még annak a veszélye is fennáll, hogy a lágy alapfémbe csiszolás közben a kemény hártva egy részét benyomják.

A csiszolásnál és a polirozásnál még az a körülmény is döntően fontos, hogy a munkahelyek tökéletesen tiszták legyenek, a korongok forgási sebessége az előírásnak megfelelő legyen és a munkaközben a kenés csak kimondottan alumíniumhoz való kenőanyagokkal történjék.

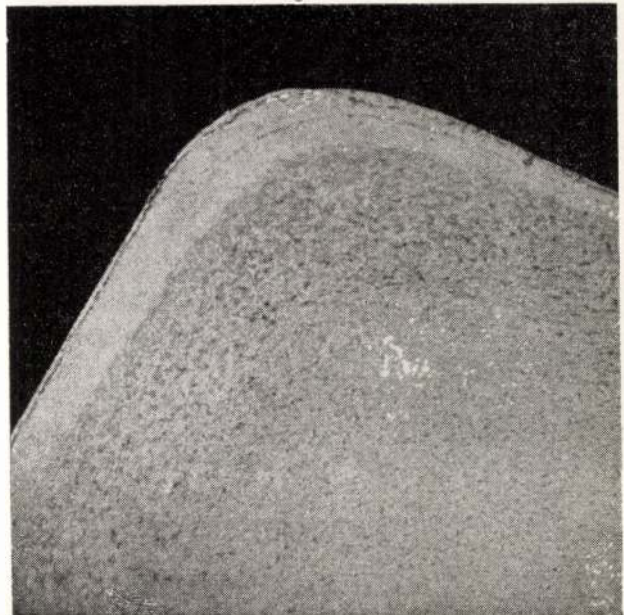
Ügyelni kell arra is, hogy a könnyűfémek lágy volta miatt a csiszoló- és polirozókorongokon a tárgyat mindig végig kell vezetni, mert ellenkező esetben a felületen újból olyan hibák keletkeznek (az anyag „felkapódik“), amelyek ismét csak az eloxálás után mutatkoznak.

A fent ismertetett körülmények gondos szem előtt tartása mellett a csiszolásra és polirozásra vonatkozólag a következő munkamenetet javasoljuk:

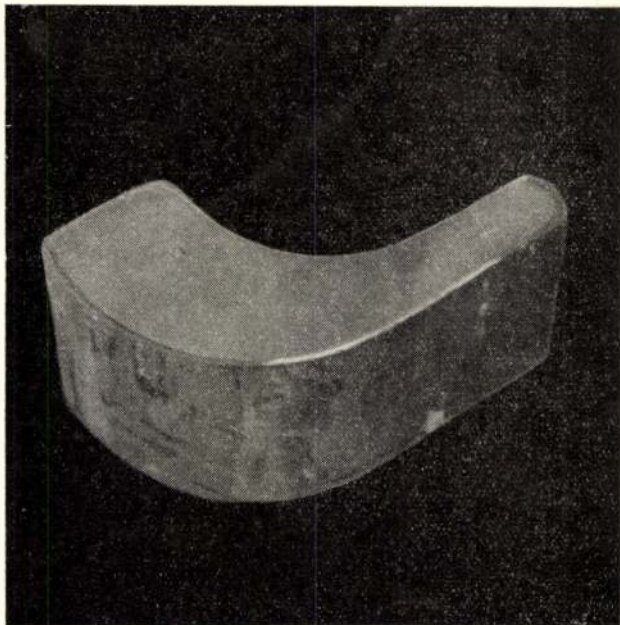


1. ábra. Durva szemcsés kéreg, melső repedéssel ($12\frac{1}{2} \times$)

A félgyártmányt gyártó üzem által szállított nemesített profilokat — különösen akkor, ha felületüket a sóban történő nemesítés következtében, sötétszürke réteg takarja — 20—40 másodpercig 15—20 százalékos nátronlúgba le kell pácolni. A nátronlúgos pácolást addig kell ismételni, míg a profilok teljes felülete egyenetlen, szép, bársonyos felületet nem mutat. A tárgyakat a pácolásnál nem célszerű egyszerre 60 másodpercnél tovább a fürdőben hagyni, mert ilyenkor a pác a felület egyes részeit mélyebben támadhatja meg, és ezzel foltosságot idéz elő. A helyes pácolási művelet tehát többször ismétlődő, rövid ideig tartó mártogatásból áll. A pácoláshoz használatos nátronlúg töménységét időnként ellenőrizni kell, mert az alumíniumban feldúsult pácfoladék foltos, egyenetlen pácolási felületet eredményez. A



2. ábra. Durva szemcsés külső kéreg ($6\frac{1}{2} \times$)

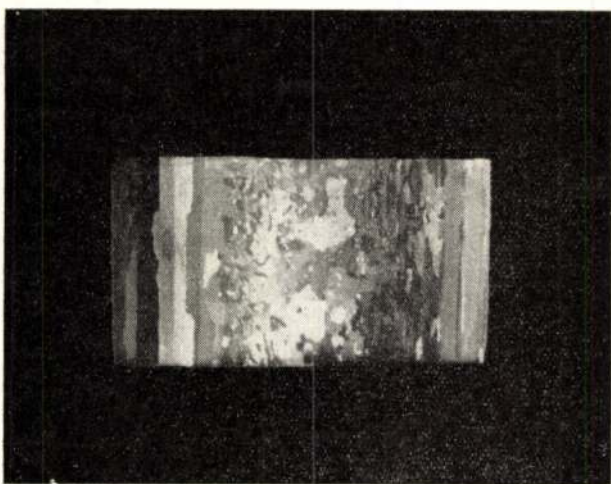


Hibásan eloxált profil]makrostruktúrája

pácfolyadék szabad nátronlúg tartalma 5 százaléknál kisebb nem lehet.

Pácolás után a tárgyakat hideg, majd forró vízben tökéletesen le kell mosni és utána az utolsó nátronlúg nyomok eltávolítására és a pácolás következtében kiváló alumínidek eltávolítására a darabot 5–15 percig hideg, 5–15 százalékos salétromsavba kell bemártani. A salétromsavas fürdő a felületen kiváló kemény kristályalkatrészeket a felületről leoldja és a felületre tapadt lúgnyomokat semlegesíti. A salétromsavas fürdőt ismételt folyóvízes hideg és meleg mosás követi.

Ha a darabok felületén sötétszürke, nemestéstől származó erős hártvány észlelhetők, célszerű pácolás előtt a darabokat 10–30 percig tömény salétromsavba áztatni, hogy ezzel a fe-



Durva szemelés külső hártva (1 ×)

lületi kéreg fellazuljon és a pácolás könnyebben legyen elvégezhető.

A tökéletesen pácolt darabok csiszolásra és polírozásra kerülnek. Mindkét műveletet csak olyan munkahelyen lehet tökéletesen elvégezni, amelyek tiszták (nehézfémekkel, vagy vassal nem szennyezettek). A csiszoló és polírozó szakmunkásoknak különös gondot kell fordítani arra, hogy munkaközben a darabot ne szorítsák túl nagy erővel a koronghoz, mert akkor a fém helyenként túlmelegszik. A könnyűfémek csiszolásánál lényegesen kisebb nyomások engedhetők meg, mint a réz, nikkell, vagy a króm csiszolásánál. A csiszolásnál és a polírozásnál túlhevített felület hibás voltát a műveletek befejezése után nem látni, az egyenetlen felület csak az eloxálás után mutatkozik.

A polírozó- és csiszológépek helyes sebessége a következő:

1. *Durva csiszolásnál*: 30–40 m/sec, ami egy 300 mm átmérőjű tárcsánál percenként 2000–2500 fordulatot jelent. Durva csiszolásnál a megfelelő csiszolóanyag: csiszolókorund 3–00 szemcsenagysággal (Nr. 60–120), vagy enyvezett csiszolóvásson: szemcsenagyság, Nr. 60–70.

Az elmondottak szerint kényes Al-Mg-Si profiloknál durva csiszolással a pácolt profilok felületéről 0,01–0,03 mm-t kell levenni. A durva csiszolóhoz kenőanyagot nem kell használni.

2. *Finom csiszolás*: Ugyanazon a gépen történik, mint a durva csiszolás. A csiszolóanyag finom smirgli, szemcsenagysága 5/0–8/0-ig (Nr. 180–280), kenőanyag parafin, vagy tiszta fagyú.

3. *Polírozás*: Külön polírozókorongokon történik. Ezeknek a sebessége 50–60 m/sec. Polírozó anyagként csak fehér polirmassza használható. A nehézfém polírozásánál elterjedt polírozó masszákat a könnyűfémek feldolgozásánál nem lehet használni.

Az esetben, ha különleges tükörfényt akarunk elérni, célszerű a tárgyakat polírozás után még egy korongon kevés bécsimész adagolásával szárazon utána fényesíteni. Utánpolírozás esetében a legmegfelelőbb sebesség 50–60 m/sec.

Kényes darabok eloxálása előtt a bécsimészes utánpolírozást célszerű elvégezni. Ebben az esetben az eloxálást csak organikus anyagokban történő zsirtalanításnak kell megelőznie.

Csiszolásnál és polírozásnál külön gondot kell fordítani arra is, hogy a koronghoz történő nyomás állandó legyen. Az eloxálás ugyanis a helytelen csiszolás és polírozás következtében előállott összes hibákat előhívja (még azokat is, amelyek szabad szemmel polírozás után nem láthatók).

A fenti üzemmenet betartása esetén még az egyébként kényes Al-Mg-Si-ötvözetekből készült tárgyak felülete is eloxálás részére kifogástalanul készíthető el. A megfelelően előkészített felületek helyesen megválasztott oxidációs feltételek esetén tiszta, klórmentes elektrolitban történő oxidációval kifogástalanul eloxálhatók.

ALUMINIUM

ALUMINIUM

A MAGYAR Bányászati és Kohászati Egyesület Alumínium Szakosztálya
és a Magyar Alumínium és Könnyűfémkutató Intézet folyóirata**Elektrolizáló készülék sóolvadékoknak és az elektród anyagának vizsgálatára, nagynyomású gázterekben**

LÁNYI BÉLA, JAKAB JÓZSEF

621.3'0.35:541'4 :620.197

Заклучение.

Электролизирующий прибор предназначенный для испытания растворов солей и материала электродов в газовой среде высокого давления.

Бейла Лани и Йожеф Якаб

Авторы описывают прибор Аллюминиевого Института. На чертеже № 1 виден прибор собранный в месте с его оборудованием. На чертеже № 2 видно устройство, держащее угольный анод с термопарой, а на чертеже № 3 видно устройство для взятия пробы. Последнее даёт возможность в любое время взять пробу электролитической жидкости, находящейся под высоким давлением. На фиг. 4 показана смотровая щель и устройство для загрузки дополнительных материалов в электролит, находящийся под электролизом.

Электролиз можно производить и в атмосфере благородного газа, когда газ перемешивается газовым циркуляционным касосом. Благодаря этому прибору делается возможным определить наличие окиси и двуокиси углерода количественно, выделяющихся в большом количестве при электролитическом испытании алюминия.

By B. Lányi and J. Jakab:

Electrolytic apparatus for examining of fused salts and the materials of electrode in high pressure gas atmosphere.

The authors described the apparatus of the Hungarian Aluminium and Light metal Research Institute.

The constructed apparatus can be seen with its accessories in Fig. 1.

In Fig. 2. the carbon anode holder with the thermoelement, and in Fig. 3. the sampler from electrolyte from closed vessels can be seen.

This makes possible to take a sample of electrolyte at any time from a vessel under high pressure.

Fig. 4. shows the making up of the sight-feed quartz window, and the dosing apparatus of the materials to be got is as an addition into electrolyte during the electrolysis.

Electrolysis are led out also in a noble gas atmosphere under high pressure, the furnace can be washed out by a gas circulation pump.

This apparatus makes possible the determination of CO₂ and CO arising at the electrolytic examination of alumina carbon ratio in oven quantitatively.

Bjeljajev, Drossbach, Norsk Elektrochemisk stb. szerzők munkái alapján ismeretesek olyan berendezések, melyek tűzfolyós elektrolitok magatartásának és a beléjük merülő elektródok anyagi megváltozásának a vizsgálatára alkalmasak.

Ezek a készülékek a szabad levegővel összeköttetésben működnek és ezért főként szénelektrodok vizsgálatainál a fejlődő gázok összetételének megállapítására csak korlátozott mértékben használhatók fel.

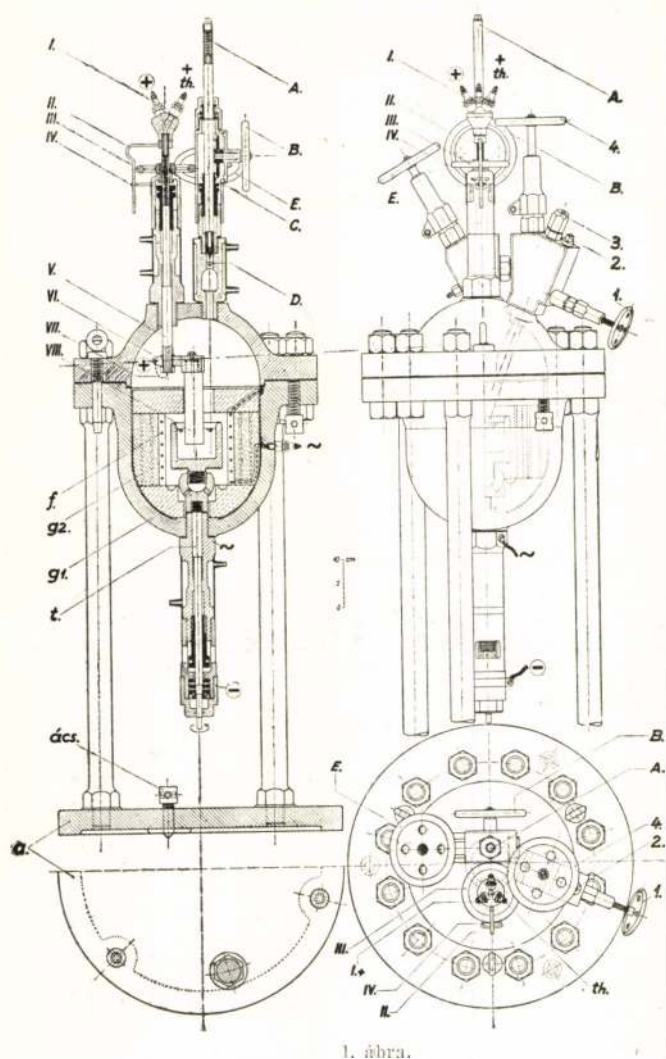
Célunk volt, hogy azokat a kísérleteket, melyeket előttiünk már régen folytattak, főként különlegesen a szénelektrodok viselkedése szempontjából, az alumínium elektrolízisével kapcsolatosan továbbmenőleg vizsgáljuk. Természetesen az alább vázolt készülékünk más elektrolitikus folyamatok nyomon kísérésére is alkalmas.

Tekintettel arra, hogy az alumínium elektrolitikus termelésénél a reakció gázfejlődéssel jár, a reakció mechanizmusának felderítéséhez szükséges, hogy nyomás alatt is kísérletezhessünk. Ilyen viszonyok között végzett megfigyelések jelentős mértékben hozzájárulnak az elektrokémiai reakció mechanikájának megismeréséhez. Különlegesen mondható ez arra az esetre, amikor az elektrokémiai reakciókat semleges — vagy éppen nemesgáz — atmoszférában hajtjuk végre. Ilyen viszonyok között a CO:CO₂ viszonyszám alakulását pontosan nyomon tudjuk kísélni, ami nem lehetséges akkor, ha a készülékünk a szabad levegő terétől nincs teljesen elzárva. E viszonyszám alakulására ugyancsak meg kell vizsgálnunk a reakciót nagyobb nyomásokon is.

Berendezésünk alkalmas arra, hogy elektrolitikus kísérleteinket — akár nemesgáz atmoszférában is — 100 kg/cm² nyomáson el tudjuk végezni, a gázokat egy körben forgató szivattyún keresztül meg is tudjuk elemezni, az olvadékból pedig, anélkül, hogy idegen gázokkal érintkezésbe kerülne a folyamat alatt — mintákat tudunk venni. Hasonlóképpen anélkül, hogy idegen gázokkal érintkezésbe kerülne anyagaink, az olvasztott sófürdőbe, tetszés szerinti időben adalékanyagokat tudunk bejuttatni.

Az említett műveletek végrehajtására készülékünket több fontos alkatrészrel szereltük

* Az idevágó irodalmi vonatkozásokat kísérleti beszámolóinkban fogjuk ismertetni.



1. ábra.

fel, melyeknek részletes kivitele a mellékelt ábrákról látható.

Az első ábra mutatja az öntött acéltokot, az anyacsavarokkal ráerősíthető fedéllel. Ez a tok szolgál arra, hogy benne a nagy nyomású gázokat tarthassuk.

Ez a tok három lábon, öntöttvasalapon áll, alsó részébe csavarva *t*-jelzésű jól tömített tengely nyúlik belé, mely *g1* grafit közbetéttel a grafitból készült, olvadék tartására szolgáló *g2* tégelyt tartja. A tengely forgatásával a tégelybe merülő és helybenálló anódszén az elektrolitikus fürdőt kavargatja is. A tengely egyúttal az elektrolízist végző áramnak a bevezetésére is szolgál. Alumínium elektrolitikus vizsgálatainál tehát ez lesz a katód kivezetése.

A *g2* grafitcsésze fűtésére *f*-jelzésű kerámi anyagba ágyazott *megapir* vagy *Kantál* *A*-huzalrendszer szolgál. Hőszigetelő anyagoknak az első rétegben pattogatott perlitből és tűzálló agyagból készített idomköveket, második rétegben pedig hazai készítésű kalciumszilikátból és azbesztből készült HAESZ-anyagot alkalmazunk.

Fűtésre váltakozó áramot használunk. Az egyik sarok belül a nyomásálló tokhoz van kötve, a másik sarokot pedig e tok falába csavart 100 atmoszféra tömítettségre gázzáróan becsavart autógyertya átvezetésén szigeteljük.

A hőfok beállítására 1/10 mm-es platinhuzal — melyet a fűtődrótokat tartó kerámi henger köré csavarunk — szolgál, mint ellenállás-hőmérő. Kivezetése két darab az előbbihez hasonló autógyertyatömítésen át történik. Kereszttelkeresés műszer jelzi és szabályozza a kemence hőmérsékletét.

Az olvadékokat tartó grafittegely pereenként 10–12 vagy ennél kevesebb fordulatszámmal is foroghat.

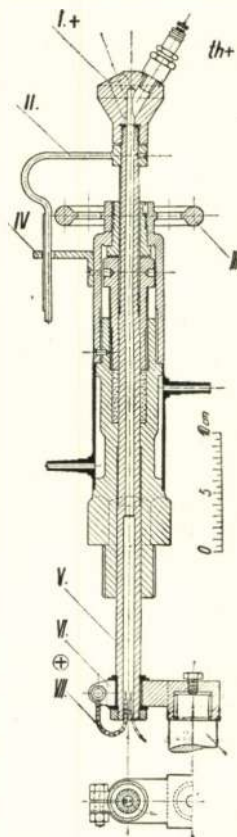
A gömbsüvegalakú tetőn helyeztük el:

1. a szénanód tartószerkezetét a termóelemmel (egyes részeit e szerkezetnek római számokkal jelöltük),

2. a mintavevőszerkezetet (alkotó részeit nagy betűkkel jelöltük meg),

3. a benézonyilást és a folyamat alatt az elektrolitba pótlásként bejuttatandó anyagoknak az adagoló szerkezetét (az alkotórészeket arabsszámok jelzik).

Ezek az alkotórészek a 2., 3., 4. ábrákon szerkezeti megoldásaik szerint is láthatók.



2. ábra.

Az anódszéntartók (2. ábra) szerkezete lehetővé teszi, hogy a grafittegelybe központosan vagy excentrikusan pontosan meghatározott mélységre nyújthassuk be a VIII szén-elektrodát.

A jó tömítés lehetővé teszi, hogy az elektrodát nagy nyomások alatt is le- és felfelé mozgathassuk a III kézikerékkel. Helyzetét a II, mm-re osztott mutatón tudjuk leolvasni. Az excentricitás beállítására a IV-jelű beosztás

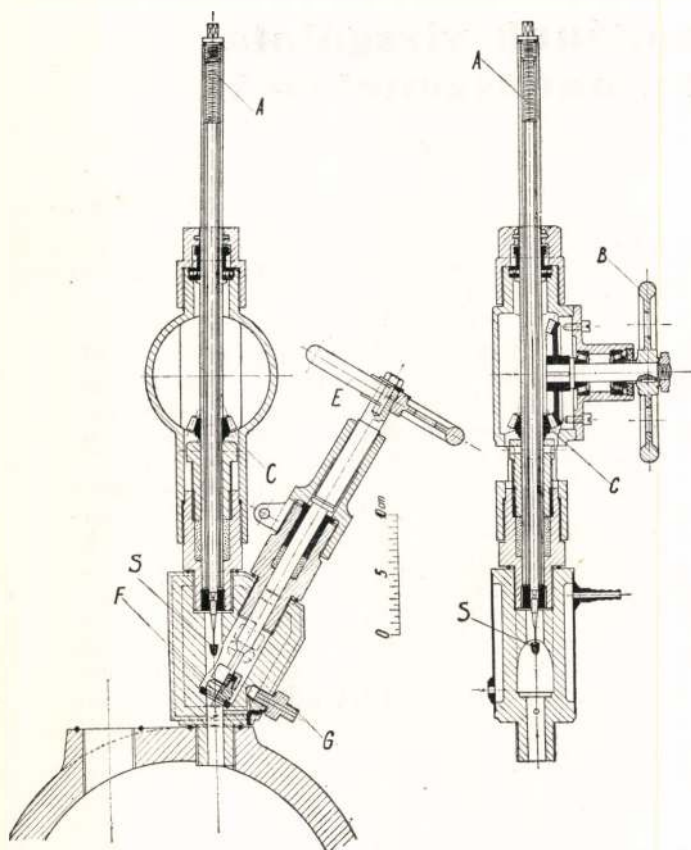
szolgál. *I*-nél — az ábrán ki nem rajzolt autógyertyán át — kapcsoljuk az egyenáramforrás + sarkát, a *VII* szigetelt kábelén át, a *VI* tartógyűrűhöz, melyet a *V* csőtengelytől csillám karmentyűvel szigetelünk.

A tömítészelenecét vízhűtés óvja a felmelegedéstől, melyhez a be- és kivezető tömlővégeket a 2-ik ábrán láthatjuk, de ezek külön római számokat nem kaptak.

A *V*-jeű mozgó szerkezetül szolgáló rúd-ban gyönggyel szigetelten vezetjük fel a *Pt/Pt-Rh* termóelem két szárát az autógyertya tömítésekén át, ahonnan kompenzációs vezetékkel megyünk a hőfokmérő műszerhez.

A termóelem mint segédelektrod is szolgál, ha az anód- és katódpotenciál változását önállóan is vizsgálni akarjuk.

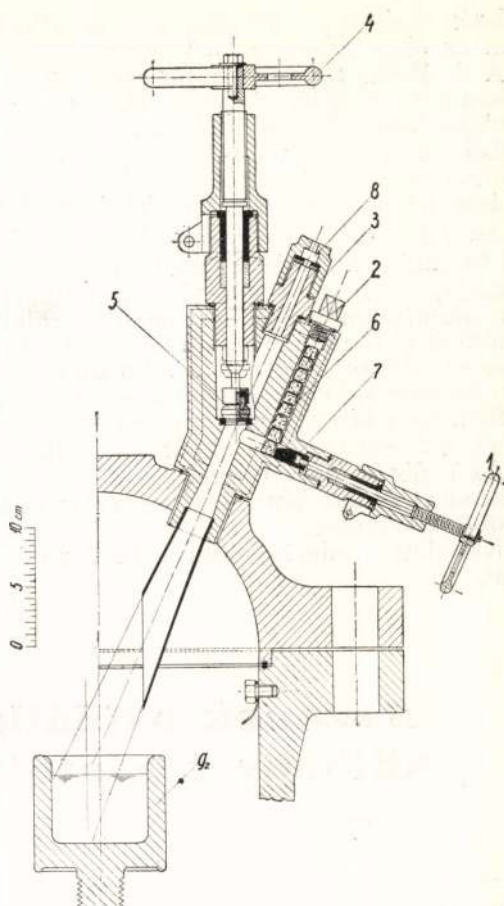
A nyomásálló edény fedelén nincsen több hely arra, hogy a termóelemet az anódtól függetlenül is mozgatni tudjuk. Az ilyen berendezésnek egyrészt az az előnye is lenne, hogy mint segédelektrodot hozhatnók tetszés szerinti helyzetbe, másrészt nem volnánk kénytelenek folytonosan a fürdőben tartani, tehát az elem pusztulása későbbben következne be.



3. ábra.

A 3. ábrán látható mintavevőszerkezet arra szolgál, hogy a nyomás alatt álló elektrolitból tetszés szerinti időben egy-egy elemzéshez szükséges mintát emeljünk ki. Tekintettel arra, hogy az excentrikusan benyúló anód a körbenforgó fürdőt állandóan keveri, a különböző mélységből kivehető minták a fürdő összetételének jó átlagát mutatják.

F szelep *E* kézikerékkel működtethető. A nyomás alatt álló edényt mindaddig zárva



4. ábra.

tarthatjuk vele, amíg az *S* mintavevősüveget a mintavevő *A*-rúd alsó végén lévő csipető-szerkezetbe be nem fogjuk vagy onnan ki nem vesszük, a jobboldali rajzon látható csatornán keresztül. Ennek a csatornának a nyílását bezárva — ez a szerkezeti rész az ábrán nem látható — *E*-kerékkel az *F*-szelepet kinyitva, a *B*-keréknek mintegy 30-szori körülfordulása után a kis süveg bemerül az olvadékba, ahonnan a *B*-keréknek az ellenkező irányba való forgatása után megint felhúzzuk az *S*-betűvel jelölt helyére. Most az *F*-szelepet bezárjuk és a gázt *G*-nél az elemző szerkezet felé kibocsátjuk, a csatornanyílást kinyitjuk, a kis süveget a bennelevő mintával együtt csipőfogó segítségével kiemeljük a mintavevősavar végéről.

Ezt a műveletet könnyedén tudjuk elvégezni, mert a süveg szárát két rúgó tartja. Ezután új süveget teszünk a mintavevősavar rúgói közé, a csatornanyílást bezárjuk, és ismét készen állunk az újabb minta vételére.

A mintavevőszerkezetet felmelegedés ellen vízhűtéssel védjük. Az egyik kiömlőnyílás tömlővégződését ki is rajzoltuk, a beömlőnyílást csak jelöltük.

A 4. ábra az adagoló szerkezetet és a vele egybeépített benézőnyílást mutatja. Működése a következő.

Az 5-jelű szelepet a 4 kézikerékkel zárhatjuk vagy nyithatjuk. Eközben a 8 kvarc ablakon át be tudunk tekinteni a *g2* grafitgolyóban lévő olvadékra. A betekintés olyan irányú hogy a mintavevősüveget is láthatjuk, amint az

anódszén mellett az olvadékból beemerül, vagy amint az olvadékból éppen kihúzzuk.

A 4. ábrán a nyomástálló acéledény oldalfalában egy csavart látunk, melyhez — mint „test”-hez kapcsoljuk a fűtőhuzalok egyik végét. Az első ábrán helyszűke miatt ezt a csavart nem rajzoltuk meg, helyette az elektrotechnikában szokásos jelölés szerint „fő delést” ábrázoltunk.

Az 1-jelzésű kézikereknek balra és jobbra való forgatása a 7 ferdén megmunkált tolattyút mozgatja, mely a 6-jelzésű cigarettapapírba vagy alumíniumfóliába csomagolt sóadagokat tetszésüinktől függő időben akkor löki be a ferde, kúposos pályán keresztül a folyékony elektrolitba, amikor akarjuk. Ezeket a kis csomagokat a 6-fúratba a kísérlet megindítása előtt helyezük el, a 2-csavart az aknát tömitjük.

Az 1. ábrát Máz Gergely, a többit Iványi Zsuzsanna az Al. Kut. Int. tervezőirodájának dolgozói készítették.

Kísérleti eredményeinkről be fogunk számolni.

Összefoglalás

Elektrolizáló készülék sóolvadékoknak és az elektród anyagának vizsgálatára nagy nyomású gázterekben. Lányi Béla, Jakab József.

Szerzők ismertetik az Alumíniumkutató Intézet készülékét. Az 1. ábrán az összeállított készülék szerelvényeivel együtt látható. A 2. ábrán a szénanódot tartó szerkezet a termóelemmel, a 3-ik ábrán pedig a mintavevőszerkezet látható. Ez utóbbi lehetővé teszi, hogy a nagy nyomás alatt álló térből tetszés szerinti időben elektrolitmintát vehessünk. 4-ik ábra a benézőnyílás szerkezetét és az elektrolitba az elektrolízis alatt pótlásként bejuttatandó anyagoknak az adagoló szerkezetét mutatja.

Az elektrolízist nagy nyomású nemes gáz atmoszférában is el lehet végezni, amikor gáz-cirkulációs szivattyú vízi körbe a gázokat. E szerkezet által lehetővé válik, hogy pl. alumínium elektrolitikus vizsgálatoknál felszabaduló szénoxid-széndioxid mennyiségeket kvantitatíve is meg tudjuk határozni.

A szén oxidálhatóságának vizsgálata, különös tekintettel az anódszenekre II.

DR. PAPP ELEMER, ROMWALTER ALFRED, ANTONESCU ADRIAN.

Folytatás

576.866-621.356.0879.

Заклучение.

Авторы занимались исследованием возможности окисления угольных образцов. Целью исследования являлось получение характеристик угольных составляющих катодных масс.

Авторы сообщают метод, при котором с применением окиси хрома в качестве окислителя возникающий CO_2 поглощается $\text{Ba}(\text{OH})_2$ и непосредственное измерение сопротивления даёт „кривую окисления”, характеризующую уголь.

Dr. Papp Elemér:

Authors deal with the oxidability of several carbon samples. They intended to characterise from this point of view the carbon components of soft electrode pastes.

A process is made known applying chromic acid for the oxidation and the CO_2 thus formed is absorbed by $\text{Ba}(\text{OH})_2$. Measuring the resistance of $\text{Ba}(\text{OH})_2$ an „oxidation curve” is obtained characterising the carbon.

Tanulmányunk első részében ismertettük azon munkákat, melyek e kérdéssel foglalkoztak és saját bevezető kísérleteinket.

Ezek alapján kezdtük új eljárásunkat kidolgozni. Az új vizsgálati módszer a szén oxidálhatóságának mérésére nem az oldószer fogyását, hanem a szénsavfejlesztés ütemét veszi alapul. Diagrammot készítve, melyben a fejlesztett CO_2 mennyiségeket az ordinátára mérjük fel, míg az abszcissa az időtengely, minden szénfajtára különleges, jellemző oxidációs görbét kapunk.

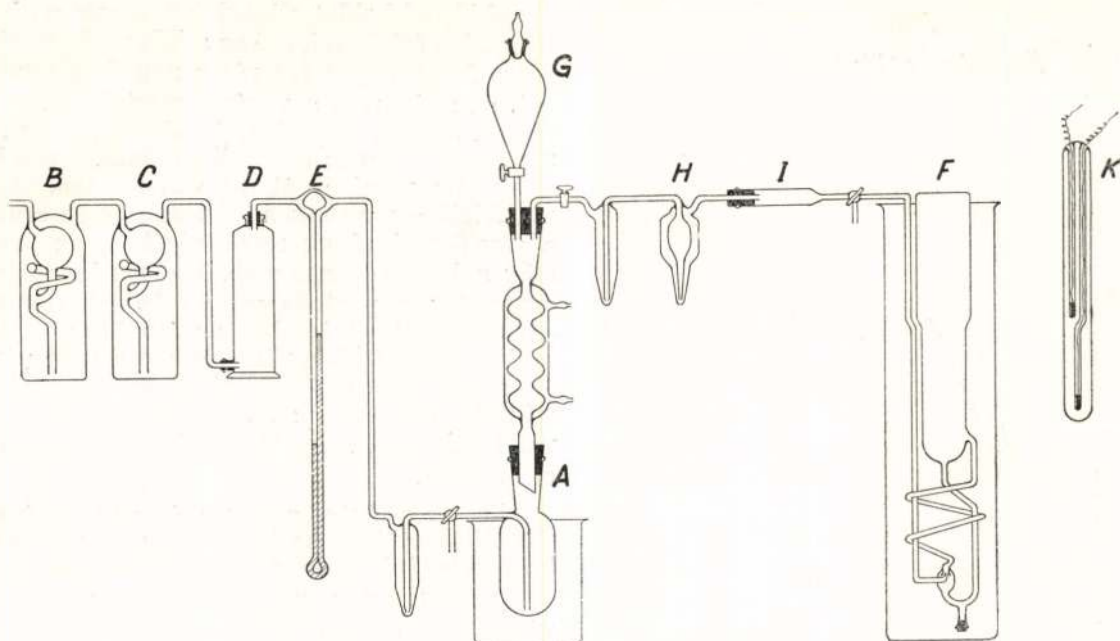
Ezek a görbék laposak a rosszul oxidálható szénfajtáknál, ahol a fejlesztett CO_2 mennyiség kicsi, és meredek a jól oxidálható szénknél.

A szén elégetésének, a fejlesztett szénsav mérésének jól meghatározott, megismételhető módon kell történnie.

E célból szerkesztettünk egy készüléket.

Ennek ténylegét a lehető legkisebbre szorítottuk, hogy az időegységben keletkezett szénsavat könnyen át tudjuk hajtani teljes egészében a készüléken, megfelelő nitrogén gázárammal. Ha nem így cselekednénk, akkor kisebb értékeket kapnánk a széndioxidra nézve, mert egy része a bontóedényben maradna a szénsavmennyiségmérés pillanatában. A szénsavmennyiség meghatározását 2%-os báriumhidroxid-oldat ellenállásváltozásának mérésével végeztük, melynek hőmérséklete pontosan 20°C volt.

A készülék, mint a mellékelt rajzból is látható (1. ábra), két káliúgos mosóedényből (B, C), egy nátronmeszes toronyból (D) áll, a nitrogénáram szénsavmentesítésére, egy manométerből, mely egyúttal az átáramló nitrogén gáz mennyiséget is méri (E), egy 100 cm^3 -es bontóedényből (A), melynek felső része visszacsépező golyós hűtővel van ellátva. Ennek felső része az oxidáció elvégzéséhez szükséges krómsavtároló edénnyel van ellátva (G), valamint a fejlődött szénsav és nitrogénáram elvezetésére alkalmas csővel. Ezután egy kénsavas mosóedény van elhelyezve a nedvesség, illetve az esetleges krómsavcsépek elnyelésére (H), majd egy szilikagéles üveges (I) a gázáram által okozott kénsavcsépek lekötésére. A szilikagéles csőhöz egy háromfuratú csap van kötve, majd ehhez egy különleges gázmosóedény, melyben a szénsavat nyeletjük el báriumhidroxid-oldattal (F). A báriumhidroxid-oldatban van elhelyezve két platina elektród (K), melyek az oldat ellenállásának változását mé-



1. ábra.

rik, egy Wheatstone-híd segítségével. A báriumhidroxidos elnyeletőedény egy termosztátban van elhelyezve, mely a báriumhidroxid-oldat hőmérsékletét pontosan 20°C -on tartja, hogy a hőmérsékletváltozás okozta ellenállásváltozást kiküszöböljük. Az oxidációt 100°C -os vízfürdőben végezzük. A nitrogénáram erőssége 6 l/óra .

Az oxidációhoz felhasznált krómkénsv mennyisége vizsgálatonként 10 cm^3 , összetétele $24\% \text{CrO}_3$ és $30\% \text{H}_2\text{SO}_4$.

Természetesen a vizsgált szénfajta szemecsenagyságától is függ az oxidáció mértéke. (1. 3. ábra). Itt a nyers antracit oxidálhatóságát vizsgáltuk, tekintettel a különböző szemecsenagyságokra. Azért választottuk az antracitot, mert ennél a porusok befolyása az eredményre az anyag tömörsége miatt nagyjából ki van küszöbölve, és így csak a szemcsefelület mérvadó az oxidálhatóságra. Tételezzünk fel egy $0,3\text{ mm}$ oldalú kockát, ennek felülete $0,3^2 \cdot 6 = 0,54\text{ mm}^2$. Ha ezt $0,06\text{ mm}$ oldalú kockákká aprítjuk, a keletkezett új felületek nagysága: $0,06^2 \cdot 6,5 = 2,7\text{ mm}^2$, $2,7 = 5$.

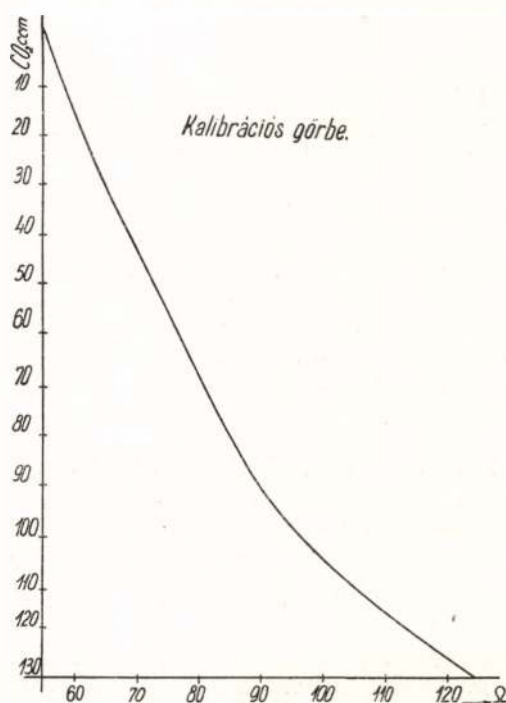
$$\frac{2,7}{0,54} = 5.$$

A felületek nagysága tehát megötszöröződött. Ezzel szemben a fejlesztett szénsv mennyisége a $0,06\text{ mm}$ -es szemecsenagyságnál $73,5\text{ cm}^3$, a $0,3\text{ mm}$ -es szemecseknél 17 cm^3 . Tehát $4,32$ -szer több szénsv fejlődött, amikor a felület ötszöröse nőtt. Tekintettel arra, hogy a szemecsek felülete nem kockaalakú, az 5 és $4,32$ közötti különbség érthető és megengedhető. A fenti számítás szerint tehát, mint az várható, az oxidálhatóság lineárisan változik a felület növekedésével. Ezért a továbbiakban azonos szemcse nagyságú szénminták oxidálhatóságát hasonlítottuk össze. Legcélszerűbbnek találtuk az adott összeállításnál a $0,3\text{ mm}$ -es szemcse nagyságú szénfajta. A bemérés minden esetben $0,5\text{ g}$ volt.

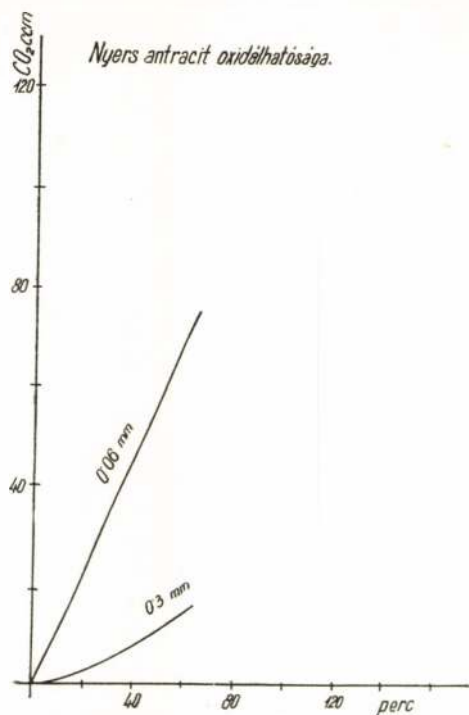
A fejlődött szénsvat az F. abszorpciós edényben elhelyezett 2% -os $\text{Ba}(\text{OH})_2$ nyeli el. Töményebb báriumhidroxid már bizonytalan egyneműség tekintetében, közel lévén a telítettséghez, higabb pedig kevés CO_2 -t tud elnyelni.

Az elnyelt szénsv $\text{Ba}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 = \text{BaCO}_3 + \text{H}_2\text{O}$ képlet értelmében oldhatatlan báriumkarbonát képzése mellett csökkenti a szabad $\text{Ba}(\text{OH})_2$ tartalmat. Ennek megfelelően csökken az F. abszorpciós edényben lévő oldat vezetőképessége, amelyet állandóan mérni tudunk.

Ily módon egyszerű kalibrációs görbét szerkeszthetünk a készülékhez, az abszcisszán mérve



2. ábra.



3. ábra.

az oldatellenállásokat, az ordináta-tengelyre pedig a szénsv mennyiségeket, normál térfogatra redukálva (2. ábra).

Ennek a görbének az alapján minden égetésnél könnyűszerrel meg tudjuk adni az ellenállás mért adatainak függvényében az adott mérési pillanatig elnyelt szénsv mennyiségeket.

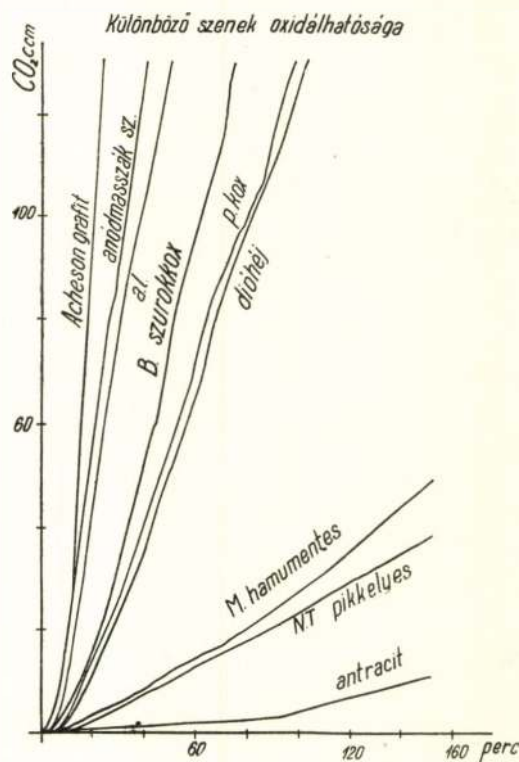
Az ellenállás mérése a Wheatstone-híd alapelvén történik. A mérőműszer a Műszaki Egyetem Elektrokémiai Intézetének tapasztalatai alapján készült, Jamesó Kálmán mérnök kivitelezésében.

Az ellenállás mérésének egyszerűsítésére a Wheatstone-híd mérődrótjának közepére helyeztük el a null műszerhez kapcsolt csúszót, és így az ismert ellenállást változtattuk, míg teljesen nem kompenzáltuk a null műszeren áthaladó áramot. Ekkor a báriumhidroxid-oldat ellenállása megegyezett az ismert ellenállás értékével. Null műszerül varázsszemes null műszert használtunk. E készülék 110 V-os váltóárammal működik és tartalmaz egy transzformátort, egy egyenirányítócsövet, egy pentodát és egy varázsszemet. A transzformátornak négy szekundér-tekerese van. Az egyik 4 V-os árammal táplálja a Wheatstone-hídot, a másik a pentoda és a varázsszem fűtőáramát szolgáltatja. Ez szintén 4 V-os feszültségű áram. A harmadik tekeres 280 V-os feszültségét egy dioda egyenirányítócsővel egyenirányítjuk. A tekeres egyik vége az anódpótló rész negatív pólusa, a pozitív pólus, a negyedik tekeres az egyenirányítócső fűtőáramát adó tekeres közepe. A Wheatstone-hídban keletkező áramot a pentoda rácására vezetjük. Az ezáltal előálló feszültségváltozást a cső anódáramának a cső áthatásától függő nagyságú változása követi. Ez az anódáram vezérli a varázsszem trioda részét. A pentoda tehát mint erősítőcső szerepel. Ha a bá-

riumhidroxid-oldat ellenállása azonos az ismert ellenállás értékével, akkor a Wheatstone-hídban nincs áram, a pentoda rácsa nem kap feszültséget, az anódáram a varázsszem trioda részének rácán akkora feszültséget idéz elő, hogy a varázsszem nyugalmi állapotának megfelelő anódáram menjen át a varázsszemen. Ennek megfelelően maximális a különbség az ernyő és a terelő elektródok feszültségében, az árnyékszög a lehető legnagyobb. Ha a hídban nincs egyensúly, a pentoda rácán fellépő előfeszültség az anódfeszültségben az áthatás arányában változást okoz. Ez a változás a varázsszem trioda része rácának előfeszültséget ad, a negatív feszültség csökkenti az anódáramot, minek következtében az árnyékszöge kisebb lesz, esetleg el is tűnik.

Ez az eljárás, a gyors és nagy pontosságú ellenállásmérés következtében, gyorsan és pontosan követni tudja a szénsvképződés ütemét.

A fenti készülékkel több oxidációs próbát végeztünk azonos minőségű, mennyiségű és szemcsenagyságú anyagon, az eljárás reprodukálhatóságának megállapítása végett. Az eljárás teljesen megbízhatónak bizonyult. Szórásokat alig lehetett észlelni, és azok is igen kicsik voltak.



4. ábra.

A 3. ábrán egy oxidációs görbesorozat láthatunk, azonos minőségű, de különböző szemcsenagyságú minták égetéséből. Jól látható a görbék erősen különböző iránytangense.

Ezután azonos szemcsenagyságú (0,3 mm) és azonos előkezelést, de különböző anyagi természetű szénmintákat vizsgáltunk.

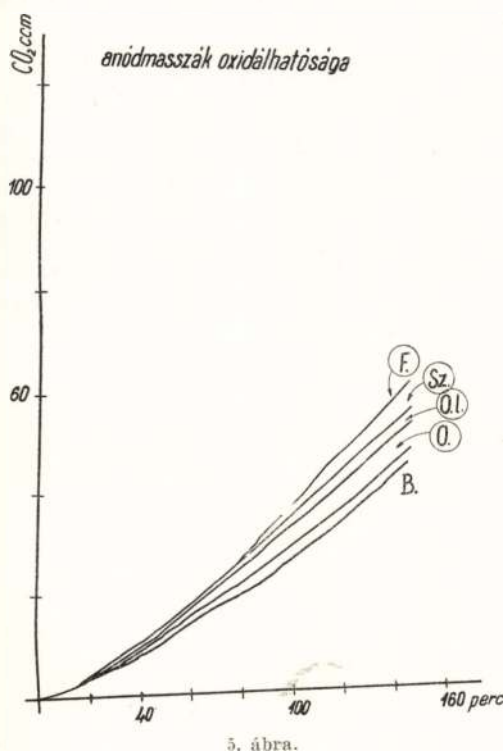
Az előkezelés szabályos „programm-égetés” volt: vascsőben, neutrális gázatmoszférában a hőmérsékletet 8 óra alatt 1000°-ra emeltük, és ezután fél órán át ezen a hőfokon tartottuk a mintát.

Utána lassú lehűtés következett közömbös gáztérben.

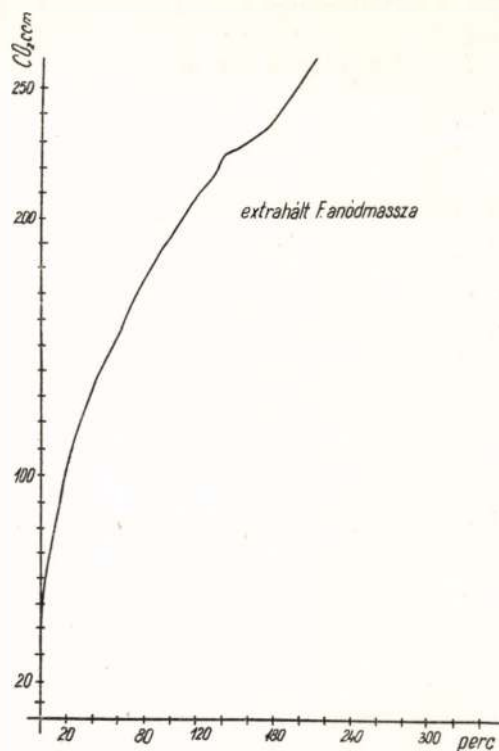
Vizsgáltuk a következő anyagot (l. 4. ábra):

Acheson-grafit,
antracit,
M. hamumentesített szén,
dióhéjszén,
petrolkoksz,
b. szurokkoksz,
sz. anódmassza,
f. anódmassza,
b. anódmassza,
o. l. anódmassza,
o. anódmassza.

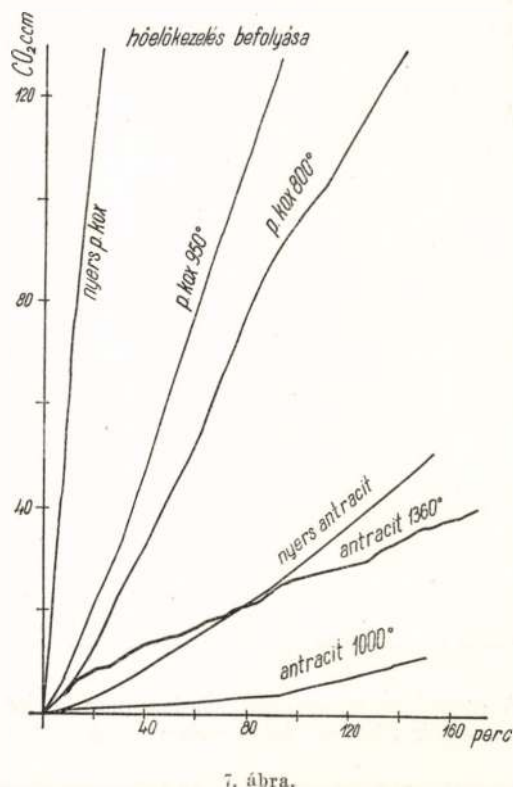
Mint a mellékelt 4. ábrán látható görbék is mutatják, a legjobban oxidálódik az Acheson-grafit, míg az antracit oxidálódik a legkevésbé. Nehezen oxidálódik még az M. jelű hamumentesített szén is. Ennél sokkal jobban oxidálódik a petrolkoksz és a dióhéj, melyeknek oxidálhatósága majdnem azonos. Könnyebben oxidálódik ezeknél a B. szurokkoksz. Ami az anódmasszákat illeti, ezeknek oxidálhatósága nagyon kö-



zel van egymáshoz, ha az oxidációt a fenti körülmények között végezzük. Nehezebben oxidálódnak az Acheson-grafitnál és könnyebben a B. szurokkoksznál. Továbbiakban megpróbáltuk az anódmasszák oxidálhatósági görbéit szét-húzni olyképpen, hogy az oxidálóanyag koncentrációját a felére csökkentve, tehát 12%-os



krómtrioxidos oldatot használva, a reakció sebességét csökkentettük és így az oxidáció időtartamát meghosszabbítottuk 50-ről 150 percre (5. ábra). Az így kapott görbék azt mutatják, hogy a legnehezebben oxidálódik a B. anódmassza, majd utána sorrendben következnek az O., Ol., Sz., F. jelű anódmasszák.



Egy kísérletsorozatunk arra irányult, hogy megtudjuk, vajjon alkalmas-e a módszer segítségével felvett oxidációs görbe szelektív kimutatásra, két különböző minőségű szén egyidejű jelenléte esetében.

E célból benzollal extrahálunk egy anódmasszát (F. jelű anódmassza), amely ilyen módon megszabadult ugyan benzolban oldható kötőanyagalkatrészeitől, azonban rajta maradt a szurok koromtartalma.

A felvett oxidációs görbét a 6. ábra mutatja.

Jól látható, hogy az egyik fajta szén (korom) elégeése után, összesen 231 cm³ szén-sav kifejlődésekor (ami 96 mg C-nek felel meg) a görbe észrevehető törést mutat. A többi szén elégeése már más iránytangensű oxidációs görbét eredményez.

Hozzávetőleges számítás azt mutatja, hogy a bemért 500 mg szénből az első töréspontig elégett 96 mg. Ha ez teljes egészében mint felületre rakódott korom volt jelen és a töréspontig másfajta szén egyáltalában nem égett, úgy azt mondhatnánk, hogy a szén 19%-a gyorsabban égő féleség, 81%-a pedig lassúbb égési sebességű szénminőség. Ez a feltevés ilyen formában nem helyes, mert nyilvánvalóan az első periódusban az ellenállóbb szénből is oxidálódott egy mennyiség (erre mutat a görbének a töréspontig terjedő része, melynek egyes pontjai szintén csökkenő iránytangensűek). A mennyiségi megoszlás csak úgy fogalmazható helyesen ez esetben, hogy a szénkeverék 19%-ának elégeése után következik be az égési sebesség törésszerű csökkenése, tehát ekkorra fogy el a könnyen oxidálható rész (korom).

Ezután még egy területen kipróbáltuk módszerünket. Mit mutatnak az oxidációs görbék azonos minőségű és szemnagyságú, de különböző hőfokon előkezelt szénmintáknál? Erre a választ a 7. ábra görbéi adják meg.

Azonos szemcsenagyságú petrolkokszot (0,3 mm) vizsgáltunk különböző hőfokon való

hevítés után. Ez eredmények azt mutatják, hogy a petrolkoksz oxidálhatósága egy bizonyos hőmérsékletig való hevítéssel csökken (pl. 800° C-ig), majd ismét emelkedik a hőmérséklet emelésével. Ugyanez a jelenség mutatkozott az antracit esetében is. Az 1360°-on hevített antracit könnyebben oxidálódik az 1000°-on hevített antracitnál és nehezebben a nyers antracitnál.

A fenti vizsgálatcsoportok megnyugtatóan igazolni látszanak az alábbi eredményeket:

- a) Az e célra szerkesztett készülék gyorsan és megbízhatóan tud felvenni jól megismételhető „oxidációs görbéket“.
- b) Szénminták oxidálhatósága felületükkel megközelíthetően lineárisan arányos.
- c) Különböző szénfajtákat oxidálva ezen módszerrel, nagy mértékben különböző értékeket kapunk. Legjobban oxidálódik az Adheson-grafit, az anódmasszák oxidációs görbéi egymáshoz közel futnak, a legrosszabbul oxidálódik az antracit.
- d) Azonos szénminták oxidálhatósága, a szén hőkezelésétől függően, változik. A vizsgált szénmintáknál (petrolkoksz, antracit) a hőkezelés következtében az oxidálhatóság egy ideig csökken, majd huzamos, magas fokokon történő hevítés után erősen emelkedik.

Ezen kísérletsorozatok és az eddig elért eredmények módot nyújtanak a továbbiakban különböző szénfajták oxidálhatóságának gyors megállapítására, különböző anódszenek és szénösszetevők oxidálhatósági kiértékelésére. Könnyen elképzelhető üzemi tapasztalatokkal, gáz- és salakképződési vizsgálatokkal egybevetve az oxidációs görbéket, hogy egy használható anódmassza keverési előírás elkészítése lesz lehetséges az eljárás segítségével.

Könyvűfém hidak szegecselési problémái

DR. BURAY ZOLTÁN

Проблемы клепки мостов из легких металлов.

Автор: Др. Бурай Золтан.

Riveting of Light Metal Bridges.

By Zoltan Buray.

A mérnöki szerkezeteknél felhasználható nagytérű szegecses megválasztásánál két tényező játszik döntő szerepet. Az egyik az építendő szerkezet alapanyaga, a másik a szegecselés végrehajtásának körülménye.

A szerkezetek alapanyagát meghatározó tényezők: a szilárdsági követelmények és a felállítás helye, míg a szegecselés végrehajtásánál meg kell különböztetni az üzemi és a helyszíni szegecselést. Miután a szerkesztőnek ezekkel a követelményekkel számolnia kell, a technológusnak meg kell találnia azokat a megoldásokat, amelyekkel a nagyméretű könnyűfém mérnöki szerkezetek összeállítására minden esetben a legoptimálisabban megoldható. Mint technológusra, a Magyar Alumínium- és Könnyűipari Kutató Intézetre hárultak ezek a feladatok akkor, amikor a hazai könnyűfém-hídszerkezetek tervezése és legyártása megindult.

Ahhoz, hogy az alumínium kis fajsúlyából eredő előnyöket a legjobban ki lehessen használni, szükséges hogy a legkedvezőbb szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező ötvözetek kerüljenek felhasználásra. Ezek az ötvözetek az Al-Cu-Mg bázisú — dural-típusú — az Al-Mg-Si bázisú — antikorodal-típusú — és az Al-Mg bázisú — hidronalium-típusú — ötvözetek. Ezek közül elsősorban, mint szilárdságilag a legalkalmasabbak, kétségtelenül a dural-típusúak jöhetnek számításba. Másrésztől azonban figyelembe kell venni az építendő szerkezet felállítási helyét és üzemi körülményeit.

A dural-anyagok köztudomás szerint a korrózióval szemben mindhárom ötvözet közül a legérzékenyebbek, így olyan helyeken, ahol korródáló atmoszféra van, nem célszerű szerkezeteket ebből az anyagból készíteni. Nem helyes tehát dural-anyag felhasználása nagy városokban, ipartelepi hidaknál, ipari daruknál és olyan szerkezeteknél, amelyek nem egy meghatározott helyre készülnek. Ilyen esetekben a korrózióra kevésbé érzékeny antikorodal-anyag alkalmazása a megfelelőbb. A hidronalium-anyag a hazai gyártási viszonyok mellett nem jöhet számításba.

A felhasználásra kerülő szegecses anyag természetesen függ a szerkezet anyagától, mivel a korrózióvesztés elkerülése érdekében célszerű lehetőleg az alapanyaggal egyező, vagy hasonló összetételű szegecsanyagot használni. Másrészt viszont a legjobb szilárdsági tulajdonságokkal rendelkező anyag kiválasztása a csomópontok egyszerűsítése és a szegecses számának csökkentése érdekében szintén fontos. A szegecses megválasztásánál mindezek felett döntő szempont a szerkezetet legyártó üzem felkészültsége mind szakemberek, mind pedig berendezések vonalán. Éppen a berende-

zések helyhez kötött volta determinálja a helyszíni szerelésnél alkalmazható kötésmódokat is.

A követelmények ismeretében e közlemény az első, e kontinensen felállított alumínium-híddal kapcsolatos, valamint egy szétszedhető hídszerkezettel kapcsolatos kísérletekről és problémákról számol be.

A közlekedési minisztérium által megrendelt szabadszállási Duna-főcsatorna-híd éppen a fenti megfontolások alapján dural-típusú anyagból készült. Mielőtt a híd tervezése megindulhatott, meg kellett állapítani a felhasználandó anyagokat és a tervezőnek meg kellett adni számításához azok szilárdsági értékeit. A szerkezet alapanyagául a R. M. Művek által gyártott FJU 2 jelzésű anyagot választottuk, amely jól megközelíti a hídszerkezetre külföldön is felhasznált anyagok összetételét. A kívánt anyagösszetételt és az elemzett összetételt az 1. sz. táblázat mutatja.

1. táblázat

Ötvöző	Kívánt összetétel	Elemzett összetétel
Cu	4%	3,92
Mg	0,6%	0,65
Mn	0,5%	0,55
Si	>0,3%	0,23
Fe	>0,3%	0,33

Ebből az anyagból készültek a hídszerkezetekhez szükséges 6 és 8 mm vastagságú lemezek és szögprofilok 80—80—8 és 60—60—6 mm méretben. Az anyag nemesített és természetesen öregített állapotban került felhasználásra. Az előírás szerinti, valamint a kísérleti próbadarabokon mért szilárdsági értékeket a II. sz. táblázat mutatja.

2. táblázat

FJU2 profil és lemezanyagok szilárdsági értékei

Anyagjellemző	Előírt min. érték	Mért érték
Szakítószilárdság σ_B	34 kg/mm ²	42,5 kg/mm ²
Folyáshatár $\sigma_{0,2}$	23 kg/mm ²	29,2 kg/mm ²
Nyúlás δ_{10}	10—12%	20%
Keménység $H_{62,5/2,5}$		121,0 kg/mm ²
Nyomószilárdság σ_n		89,3 kg/mm ²

A legyártott anyagok átvételénél a szilárdsági értékek erősen szóródtak ugyan, de mivel igen nagy biztonsággal történt a méretezés, a nagy különbségek ellenére is a megkövetelt minimális érték felett minden anyagot átvettek.

Az anyagokat fárasztó-vizsgálatnak is alávetjük. Az igénybevétel 1 kg/mm² húzás és egy maximális húzási érték között változott. Ez a legalacsonyabb pozitív érték egyrészt a fárasztógépbe való befogás miatt volt szükséges, más-

részt azonban a hídnál fellépő valóságos viszonyokat is jól megközelíti, mivel egy hídszerkezet önsúlya mindig egy bizonyos alapterhelést ad.

A vizsgálat — éppen a valóság minél hűbb megközelítése érdekében — megmunkálatlan felületű, tehát sajtolt minőségű anyagon történt, ezért a kapott értékek bizonyos mértékű szóródást mutattak. Mégis a leggyengébb próbák figyelembevételével meg lehetett állapítani, hogy az anyag kifáradási határa, kétmillió igénybevétel mellett, 16 kg/mm² felett van, 1–16 kg/mm² terhelési intervallumban, míg 10 millió igénybevételnél 12,5 kg/mm², 1–12,5 kg/mm² terhelési közben.

A méretezések alapjául szolgáló megengedhető igénybevételek az alábbiak voltak:

húzásra és hajlításra $\sigma = 1300 \text{ kg/cm}^2$

kihajlásra $\lambda \leq 70 \quad \sigma_k = 1300 - 11,5$

$\lambda > 70 \quad \sigma_k = 2.400.000/\lambda^2$

A dural-anyagok üzemi szegecselésére vonatkozó kísérletsorozatról szóló beszámoló e lap előbbi számaiban már megjelent.* Itt csak annak a megemlítése szükséges hogy a híd üzemi szegecseléséhez a legkönnyebben fejelhető és hőkezelésre legkevésbé kényes 2% Cu- és 0,6% Mg-tartalmú anyagot választottunk. Ennek okát abban kellett keresni, mert ez a híd első, kísérleti darab lévén, a gyártó üzem természetesen elég sem megfelelő gyakorlattal, sem berendezéssel nem rendelkezett a szegecselés végrehajtására.

A választott szegecsanyagot az R. M. Művek legyártotta. A szegecsanyag előírt és elemzett összetételét a 3. sz. táblázat, az előírt szilárdsági értékeket és a mért értékeket a 4. sz. táblázat mutatja.

3. táblázat

Ötvöző	Névleges összetétel	Elemzett összetétel
Cu	2%	1,93–2,05%
Mg	0,6%	0,61–0,7 %
Mn	—	—
Fe	>0,2%	0,17%
Si	>0,2%	0,16%

4. táblázat

Dural-szegecsanyag szilárdsági értékei

Anyagjellemző	Előírt érték	Mért érték
Folyási határ $\sigma_{0,2}$		14 kg/mm ²
Szakítószilárdság σ_B		29 kg/mm ²
Nyúlás δ_{10}		29%
Keményesség $H_{62,5/2,5}$		81,3 kg/mm ²
Nyomószilárdság δ_n		57,2 kg/mm ²
Nyírószilárdság $\tau_{rúd}$		18,5 kg/mm ²
Nyírószilárdság τ_{szeg}	19 kg/mm ²	19 kg/mm ²

A szilárdsági értékeket a rúdanyagon a kísérletileg megállapított legmegfelelőbb hő-

* Alumínium 2 (1950) 5., 6., 7. és 8. szám; dr. Buray: Kísérletek nagyatmérőlű könnyűfémszegecsesek előállítására.

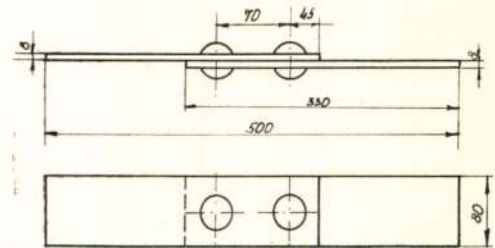
kezelés után 8 napra mértük. A hőkezelés 490°C-on 20 percig tartó homogenizálás, vízben hűtés és szobahőfokon való hevertetésből állott.

A tervezés számára előírt megengedhető szegecsigénybevétel:

nyírásra $\tau = 8 \text{ kg/mm}^2$

palástnyomásra $\sigma_t = 17 \text{ kg/mm}^2$

A vizsgálatnál $\tau_{rúd}$ a hőkezelt rúdanyag nyírószilárdsága a nyírókészülékben, míg τ_{szeg} a lefejtelt szegecs nyírószilárdsága szintén a nyírókészülékben mérten.

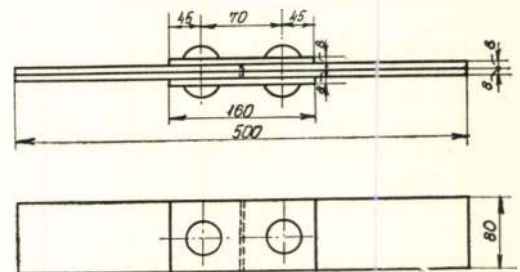


1. ábra. Egynyírású kötés

A félgömbfejú szegecses fejezésének hidraulikus présen mért erőszükséglete kb. 75 tonna, 100 tonnás szegecselőpatkóval fejelten 70–75 tonnának adódott.

A szegecskapcsolatok viselkedésének megvizsgálására egy- és kétnyírású kötések készültek. A kötések úgy méreteztük, hogy a tönkremenés a szegecsszárban következzen be. A vizsgálatra használt kötések rajzát az 1. és 2. ábra mutatja.

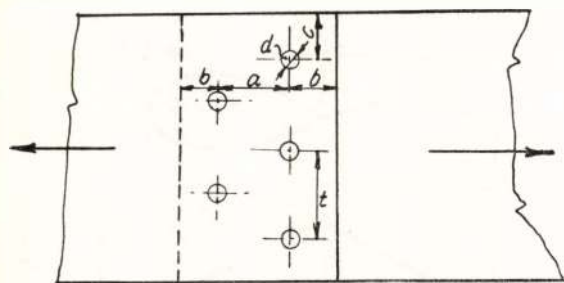
A kötések sztatikus és fárasztó-vizsgálatoknak vettük alá. A vizsgálatok eredményei szerint az egynyírású kötés $\tau = 21 \text{ kg/mm}^2$ -nál, a kétnyírású kötés $\tau = 19 \text{ kg/mm}^2$ -nél szakadt. Minden próba, a várakozásnak megfelelően, a szegecsszárban nyíródott. A rúdanyaghoz képest nagyobb nyírószilárdság onnan adódott, hogy a szegecslyuk és szegecsszár közt kezdet-



2. ábra. Kétnyírású kötés

ben csak pár tized milliméter tolerancia volt, a tekintélyes nyomóerő hatására azonban a szegecsszár feltömörödött és a lyukat nemcsak kitöltötte, hanem azt ki is tágította. Ez a feltömörödés az egynyírású kötéseknel lényegesen nagyobb volt, mint a kétnyírásúaknál. Általában 20 mm \varnothing mellett kb. 1 mm átmérő-növekedéssel lehet számolni. A nyírószilárdság meghatározásánál természetesen — mint a valóságban is — az eredeti szegecsátmérő került a számításba.

A fásasztó-kísérletek az alapanyag fásasztó-sához hasonlóan történtek azzal a különbséggel, hogy a sztatikus alapterhelés csak $0,8 \text{ kg/mm}^2$ volt. A kísérleteknél a kétnyírású kötések a szegecsszárban szakadtak, kétmilliónál magasabb ismétlési számnál $0,8\text{--}8 \text{ kg/mm}^2$ terhelési intervallumban. Az egynyírásúak kivétel nélkül az alapanyagban, a szegecslyukból kiindulóan repedtek el Ennek okát abban kell keresni, hogy az egynyírású kötések, mint az 1. ábrából is látható, csak két 8 mm-es lemezből állottak. Ez a 16 mm a tekintélyes felületi nyomás felvételére nem bizonyult elégségesnek, úgyhogy különösen a zárófej felőli oldalon a lemez maga is deformálódott, felgömbült. A deformáció természetesen az anyag nyúlásának rovására történt és olyan nagymértékű volt, hogy kifáradás ellen — amelynél az anyag szívósságának van a döntő szerepe — nem volt megfelelő ellenállás. Miután a deformáció legnagyobb mértékű a szegecslyukak körül volt, nyilvánvaló, hogy a fáradt törés onnan indult ki. E teóriát igazolja a sztatikus nyíróvizsgálat is, amelyet hasonlóan deformálódott kötéseken hajtottunk végre, de a szakadás mégis a szegecsszárban következett be, viszont a nagyobb átmérőnövekedés következtében a nyírószilárdság nagyobb-nak adódott, mint a kétnyírású kötéseknél az eredeti átmérőre számítva.



3. ábra. Szegecsosztások

Eppen ez a jelenség amely az épülő híd üzemi szegecselésénél is — bár kis mértékben — bekövetkezett, késztetett egy lényegesen kisebb fejezőerőt kívánó — tehát az alapanyagot sokkal kevésbé igénybevevő — fejezési technológia kidolgozására.

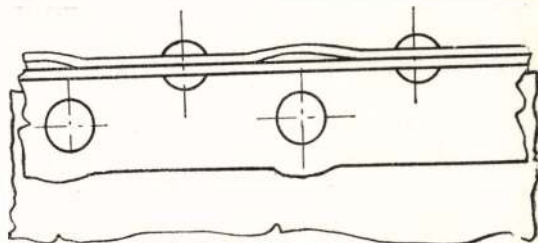
A nagy átmérőjű szegecskapcsolatoknál éppen a fellépő nagy fejezőerő miatt a szegecsosztást és a szegecsnek az anyag szélétől való távolságát aránylag nagyra kell venni. Ezeket a méreteket a 3. ábra jelölésével az 5. táblázat adja.

5. táblázat

A szegecskapcsolatokra vonatkozó szerkesztési szabályok

Szegecstávolságok	Minimális	Ajánlott	Maximális
	t á v o l s á g		
Erőirányban (a) . . .	2,5 d	3 d	4 d
Erőirányra merőlegesen (t)	2,5 d	3—4 d	6 d
Erőirányában lemezszéltől (b)	2 d	2,5 d	3 d
Erőirányra merőlegesen lemezszéltől (c)	2 d	2,5 d	3 d
Fűzőszegecsnél . . .		7 d	

Fontos továbbá, hogy a minimális anyagvastagság a szegecsszárhoz viszonyítva 2 d legyen. Ezeket az értékeket azonban egyrészt a rendelkezésre álló profil-, henger- és hőkezelőkemence-méreték miatt, másrészt a szegecsszár igénybevétele felé eléggé óvatos tervezés miatt nem lehetett betartani. Ez az óvatos tervezés teljesen indokolt volt, mert egészen új utakon, minden komolyabb külföldi adat nélkül, a vas technológiájához szokott üzemmél és üzemi berendezéssel kellett a hídépítést végrehajtani.

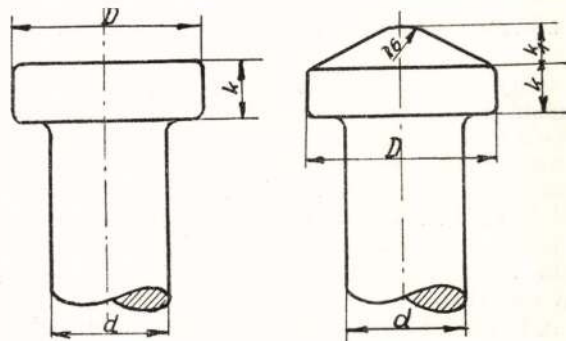


4. ábra.

Mindezek, valamint a végrehajtásnál a jóakarattól alkalmazott esetleges nagyobb fejezőnyomások, következtében az elsőnek legyártott keresztartó szögprofilján bizonyos elhúzóadások, a szegecsesek közti felpúposodások és a szegecs mellett az anyagszálon kidudorodások jelentkeztek (4. sz. ábra). Ezek nemcsak esztétikailag és korrózióveszély szempontjából voltak aggályosak, hanem szilárdsági és kifáradási szempontból is. Mindezek felett az elhúzóadások következtében az összeillesztett daraboknál a zárófej felőli oldalon a szegecslyukak is eltolódtak.

Jelen esetben egyetlen megoldásnak a fejezőerő radikális lecsökkentése vált szükségessé. Ennek kikísérletezésére két kísérletet végeztünk. Az egyiknél a félgömbfej-kiképzés helyett lapos a másiknál kúpos fejalak került vizsgálatra. (5. sz. ábra.)

A kísérleteknél a híd szegecselésére használt félgömbalakú támfejjel rendelkező szege-

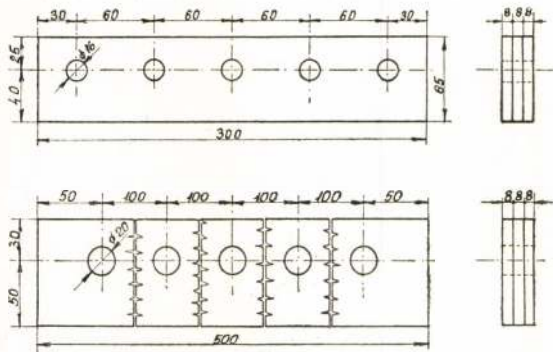


5. sz. ábra. Lapos- és kúposfejű szegecsesek.

cses kerültek felhasználásra és a szerkezetben előforduló kötéstvastagságoknak megfelelő lemezeket fogtak össze. A szegecses osztása és anyagszáltóli távolsága a szerkezetben előforduló legkényesebb esetekhez igazodott. (6. ábra.)

A kísérlet eredménye azt mutatta, hogy amíg a félgömbfejnél a lemez szélein gondosan megválasztott fejezőnyomás mellett is kisebb deformáció mutatkozott, addig lapos és kúpos fejnél mérhető deformáció nem lépett fel.

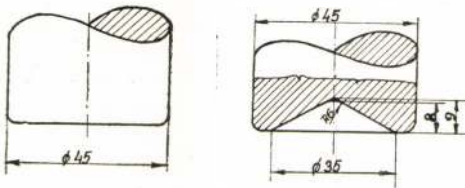
Már a laboratóriumi kísérleteknél megállapítható volt, hogy a szegecs szára tekintélyesen megduzzad, és amennyiben a szegecslyuk és szár között kicsi a túrés, akkor a szegecslyukat is feltágítja, tehát hidegen deformálja, ami szilárdsági szempontból nem kedvező. Ennél a fejezési kísérletnél a helyes lyukméret meghatározására méréseket végeztünk különböző lyuktolerancia mellett. Megállapítást nyert ennek során, hogy 20 mm átmérő mellett a leg-



6. sz. ábra. A lapos- és kúposfejű szegecs fejezéséhez használt kötés.

alkalmasabb lyukbőség 21 mm. Ennél a lyuk kitöltés még tökéletes, míg a lyuktágulás minimális.

Fejezés közben a hivatkozott cikkben jelzett módon mértük a fejezőerőt a szegecselőpatkón. Megállapítható volt, hogy addig, amíg a félgömbfejű szegecs fejezőerő-szüksége a már előzőekben is jelzett 70–75 tonna körül van, a laposfejű szegecsé 30–35 tonna a kúposé 35–40 tonna között mozog. A laposfej helyett,



7. sz. ábra. Lapos- és kúposfejű fejező szerszám.

bár nagyobb fejezőerőt igényel, a kúpos fej választása látszott célszerűnek, mert az erőszükségletben alig van különbség, míg a kúpos kiképzés némi vezetést ad a fejnek és így biztosabban centrikus és sokkal szabályosabb fejet lehet kapni. A lapos- és kúposfejű szegecs formáját az 5. sz. ábra, a hozzájuk alkalmazandó fejezőszerszám alakját pedig a 7. sz. ábra mutatja.

A 6. sz. táblázat a fejek szükséges méreteit adja.

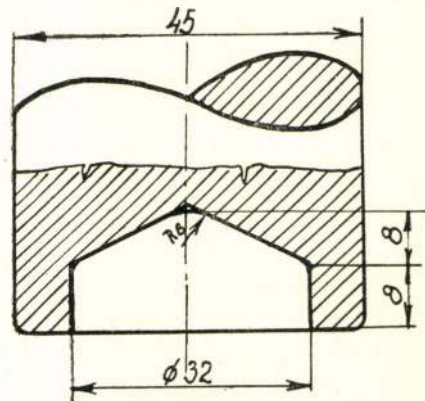
6. táblázat.

Lapos- és kúposfej méretei

Megnevezés	Laposfej	Kúposfej
Fejátmérő	$D = 1,6 d$	$D = 1,6 d$
Fejmagasság	$k = 0,5 d$	$k = 0,4 d$
Kúpmagasság	—	$k_1 = 0,4 d$
Fejkiképzéshez szükséges szárhossz	$l_k = 1,7 d$	$l_k = 1,8 d$

Kúposfej-kiképzésnél a fejezőn további módosítás bevezetése látszott célszerűnek, és pedig a 8. ábrán látható süllyesztett kiképzés. A süllyesztést úgy méretezték, hogy a deformációs munkában az oldalfalak ne vegyenek részt, egyedül csak a vezetést biztosítsák. Ezzel egy kifogástalan centrikus és esztétikailag is elfogadható fejalak született, a félgömbfejhez képest csaknem félakkora energiával. Az ilyen fejkiképzésű szegecs az elvégzett kötés-szakító- és fásasztó-kísérleteknél is teljesen egyenértékűnek bizonyultak a félgömbfejűekkel szemben. Kétnyírású kötésnél a sztatikus nyírószilárdság $\tau = 20 \text{ kg/mm}^2$ -nek adódottakkal. Fásasztásnál a kötés 0,8–8 kg/mm^2 változó nyíróigénybevétel mellett kétféleképpen több igénybevételt bírt ki.

Az üzemi szegecselés ezzel megoldódott. Probléma maradt azonban a felállítás helyére darabokban leszállításra kerülő hídrészek helyszíni összerősítése. Nyilvánvaló hogy az üzemben használt 100 tonnás szegecselőpatkót sem súlyánál, sem méreténél fogva a helyszínen alkalmazni nem lehet. A nagy átmérőjű és kellő szilárdságú könnyűfémszegecs hideg fejezése kisebb erővel nem oldható meg. Légszerszámmal ilyen nagy deformációs munkát pedig azért nem lehet kifejteni, mert a rendelkezésre álló szerszámméret és légnyomás mellett csak



8. sz. ábra. Módosított kúpos fejező.

igen sok ütésre lehetne a megkívánt energiát az anyaggal közölni. Hideg deformáció hatására a szegecs felkeményedik és már pár ütés után — anélkül, hogy lényegesebb mértékű alakítást elviselt volna — a fejrész elrepedt. Olyan anyagállapotot kellett keresni tehát, amely mellett ez a nagy alakítás, repedés nélkül, végrehajtható. A vasszegecs példájára érthetőnek látszott a melegen történő szegecselés megkísérlése.

Általában könnyűfémtövezeteket melegen nem szokás szegecselni a hőkezelhető ötvözetek kilágyulási veszélye miatt. Jelen esetben azonban olyan nagy anyagvastagságokról — 24–36, sőt több milliméter — volt szó, hogy az ahhoz tartozó alumínium, tömege folytán, annak jó hővezetőképessége miatt valószínűnek látszott, hogy még a lyukak környéke sem melegszik fel a kilágyulási hőfokig. A melegszegecseléshez természetesen nem hőkezelhető, tehát hidronalium-típusú ötvözetet kellett választani, mert a homogenizálási hőfokra felmelegített, hőkezelhető ötvözetek szegecslyukban való

gyors hűtése túlságosan bizonytalan és ennél fogva veszélyes technológiának bizonyult.

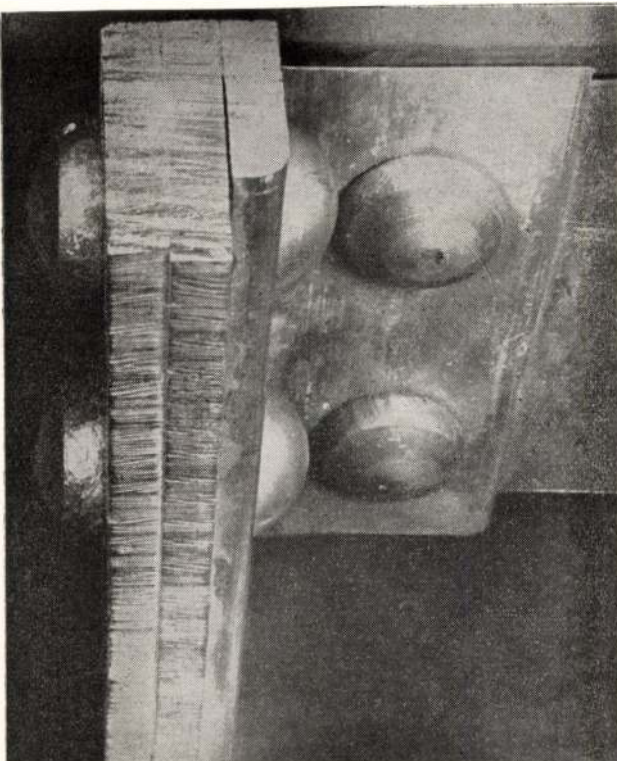
A kísérleteknél felhasznált szegecsanyag 5% Mg-ötvetű, 16–20 mm Ø-jű volt. Az első kísérleteket már a szegecs gyártásánál — tehát a támfej kialakításánál — végeztük, amikor az idézett cikkben leírt acélhengerben történt a támfej elkészítése. A 450–470° C közötti hőfokig melegített, 16 mm Ø-jű szegecs MS 55 típusú MÁVAG-légkalapáccsal 6 atm. üzemi nyomás mellett kifogástalanul voltak fejelték. Ugyanilyen jól voltak alakíthatók a támfejek a vashengerben a 20 mm Ø-jű szegecsnél 500° C hőmérsékleten. Egy szegecsfej kialakításának ideje 10–15 mp-nek adódott.

Az így nyert szegecsokat acél nyírókészüléken elnyírtan $\tau = 18,4 \text{ kg/mm}^2$ érték adódott a 16 milliméter átmérőjű és $\tau = 17,9 \text{ kg/mm}^2$ a 20 milliméter átmérőjű szegecsoknál.

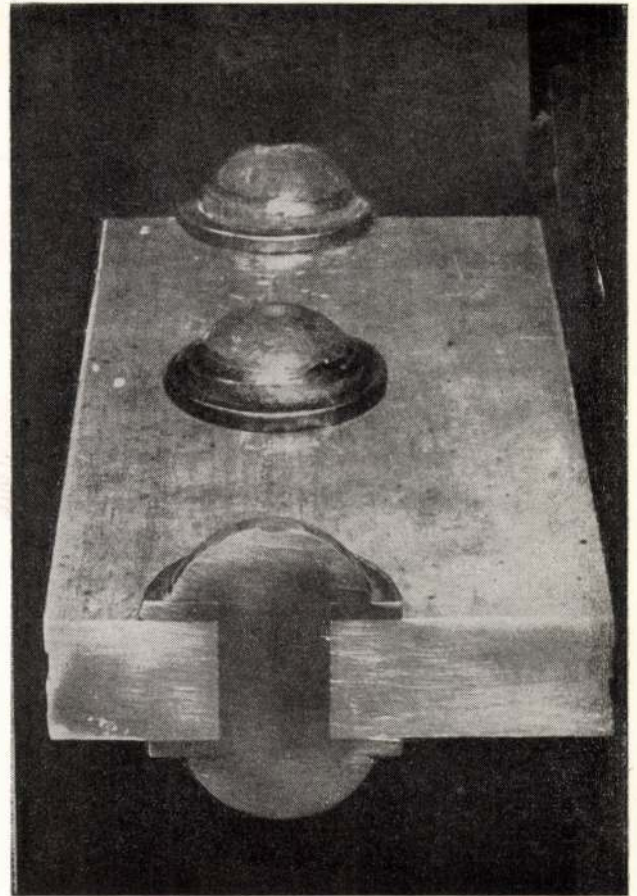
A kísérletek második részleteként a sztatikus szilárdsági vizsgálatra a 2. ábrán ábrázolt kétnyírási kötést akartuk a híd lemezanyagánál alkalmazni. Ennél a kísérletnél azonban a 16 mm Ø-jű szegecsok elfejelése járt csak sikerrel, a rendelkezésre álló berendezéssel kb. 515° C-ra előmelegített szegecsokkal. A 20 mm Ø-jű szegecsok elfejelni már nem volt lehetséges. Emelkedő hőmérsékletnél ugyanis az anyagon — mint várható volt — az elégés jelei kezdtek mutatkozni, a fenti hőfokon pedig, az alumínium jó hővezetőképessége következtében, a fej kialakítása nem járt sikerrel.

A 16 mm Ø-jű szegecskapcsolat elszakításakor a nyírószilárdság $\tau = 17,7 \text{ kg/mm}^2$ -nek adódott.

Tekintve a technológia bizonytalanságát — az igen kényes hőfoktartást —, mert a 16 mm átmérőnél is az eutektikus hőfok fölé kell menni,



9. sz. ábra. Vasszegeccsel összerősített alumínium kötés.

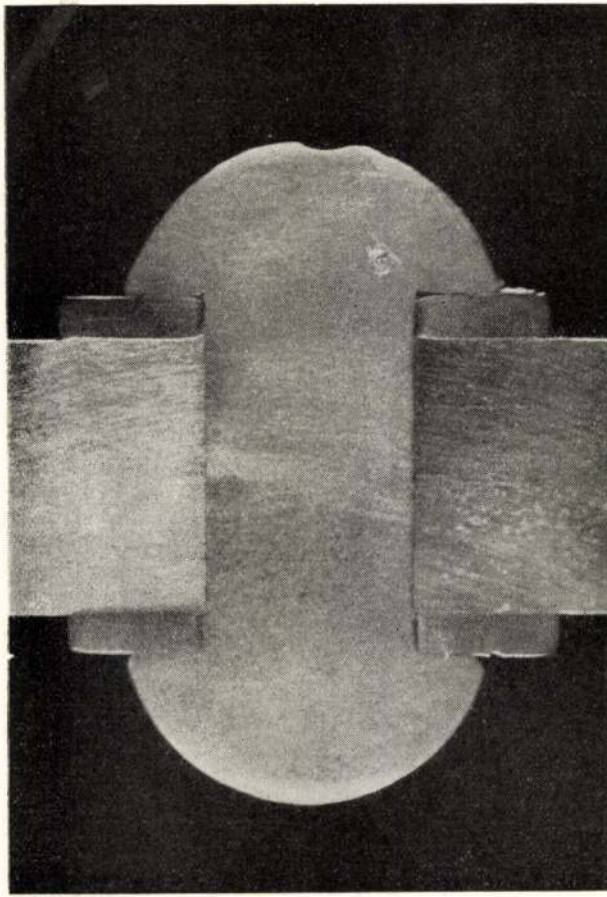


10. sz. ábra. 20 mm Ø vasszegecs alumíniumlemezekben.

ami feltétlenül kismértékű megolvadásokat jelent, hosszabb ideig való hőfokon tartásnál —, valamint a még így is szükséges igen gyors és pontos munkát, a Hy5 szegecsanyagok lég-szerszámmal történő melegszegecseléséről le kellett mondani.

Az előbbi kísérletnél kilágyulás még a lyuk környékén sem mutatkozott. Ezen felbátorodva, a kísérleteket vasszegecsokkal folytattuk. Az elképzelés szerint a normálisnál valamivel magasabb hőfokra felmelegített vasszegecsok megfelelő technológiával alkalmazhatók könnyűfémek összerősítésére. A korrózióveszély elkerülése végett a szegecsok alá mind a tám-, mind a zárófejdalon egy-egy tűzi horganyzott alátétkarikát helyeztünk, amely olyan nagy átmérőjű volt, hogy sem a fejező, sem az ellentéző a lemezt meg nem sérthette. Mind a 16, mind a 20 mm Ø-jű szegecsok szárait kovácstűzben 1100–1200° C-ra hevítettük, a szegecsot gyorsan a szegecslyukba helyeztük s MS 50 típusú MÁVAG-légkalapáccsal fejeltük. Mindkét esetben kifogástalan fejek adódtak. A szegecsok képét alumíniumlemezekben a 9. sz. ábra, egy 20 milliméter átmérőjű szegecs metszetét a 10. sz. ábra mutatja.

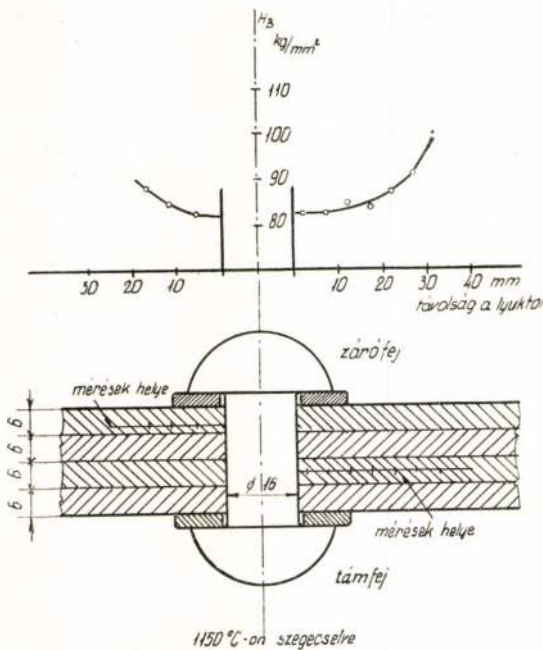
Mint a metszetből látjuk, a szegecsfejek a zsugorodás következtében tökéletesen zárnak, a fej-alátétkarika, alátét és lemez, valamint a lemezek közé nedveség nem szívároghat be és így, bár a szár lyukkitöltése természetesen nem olyan tökéletes, mint az alumíniumszege-



11. sz. ábra. 20 mm-es alumíniumszegecs metszete.

cseknel (11. sz. ábra), mégis korrózióveszéllyel nem kell számolni.

Az alkalmazandó alátétkarikák méreteit a 7. sz. táblázat adja meg.



12. sz. ábra. Vizes ronggyal hűtött 16 mm \varnothing vasszegecs dural-alapanyagban.

7. táblázat
Alátétkarikaméretetek

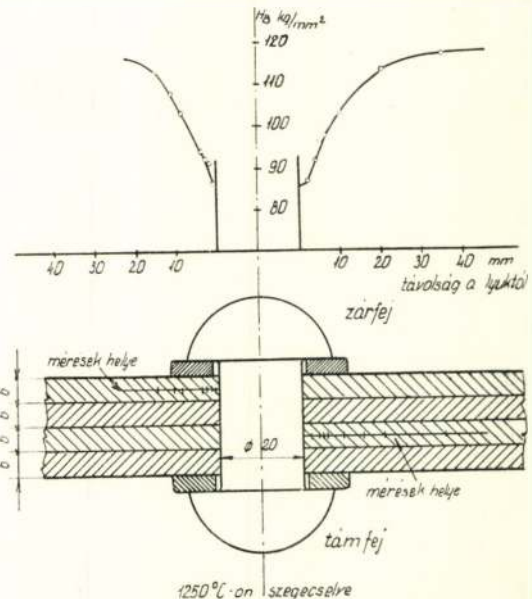
Névleges szegecsátmérő mm-ben	alátétkarika		
	külső \varnothing	lyuk \varnothing	vastagság
16	36—38	17	3
20	44—46	21	4

A kísérleteknél a kilágyulás csökkentésére kétféle hűtési módot alkalmaztunk. Az egyik szerint a fejet és a lemezt a szegecselés után vizes ruhával, a másik szerint pedig vízszugárral hűtöttük. A két eljárás közül az utóbbi vált be jobban. A 12. ábra egy 16 mm \varnothing -jú vizes ronggyal hűtött, a 13. ábra pedig egy 20 mm átmérőjű, vízszugárral hűtött, dural-alapanyagú kötés kilágyulási görbéjét mutatja.

Természetesen a hirtelen hűtés következtében a nem megfelelő szegecsben edzési repedések léphetnek fel, ezért alumínium szegecselésére csak a legkisebb korbontartalmú MOSZ A 34/13, esetleg A 35/23.13 jelzésű, maximálisan 0,1% C-tartalmú szegecsot szabad felhasználni.

Bár, amint a 12. sz. ábrából látható, a kilágyulás nem nagymértékű, mégis a kényes és nagy elővigyázatosságot és gyakorlatot igénylő eljárás miatt a híd helyszíni kötéseinek elkészítéséhez nem alkalmaztunk vasszegecsket, hanem ideiglenesen kadmiumozott illesztett acélsavarral és alátétekkel oldottuk meg a helyszíni kapcsolatokat. Ezek a kötések azonban nem tekinthetők véglegesnek, hanem amikor sikerül olyan megfelelő fejforma előállítás, amelyet duralból nagy átmérő mellett is lehet pneumatikus szerszámmal hidegen kialakítani, a csavarkötések kicserélést nyernek. Erre vonatkozó kísérletek még folyamatban vannak.

A dural-típusú hídszerkezetekről a kísérleteket kiterjesztettük az antikorodal-típusú szerkezetek összerősítésének problémáira is. Idetartoznak azok a szerkezetek, amelyek nem helyhez kötöttek, hanem időszakos jellegűek —



13. sz. ábra. Vízszugárral hűtött 20 mm \varnothing vasszegecs dural-alapanyagban.

pl. hídépítéseknel, javításoknál kiegészítő szerepet játszanak. Az ilyen létesítményeknél elsőrendű fontosságú a minimális súly a szállításkor. Másrészt nem lévén meghatározott felállítási helyük, bizonyos, a szállítás által meghatározott alpméreteknél biztosan összeerősíthetőnek kell lenniük. A bizonytalan atmoszférikus viszonyok korrózióállóságot követelnek, a szétszedhetőség pedig oldható kapcsolóelemeket igényel.

Az első követelmény e célra az antikordalt predesztinálja. A mérnöki szerkezetekre felhasználható antikorodal-típusú anyagok közül az R. M.-gyártmányú FCI megfelelő. Ennek az anyagnak a híd szerkezetekre előírt és a kísérletek folyamán mért kémiai összetételét a 8.

8. táblázat

Ötvöző	Kívánt összetétel	Elemezett összetétel
Mg	0,7—0,8%	0,82%
Si	1,—%	0,96%
Mn	0,6—0,8%	0,52%
Fe	0,3%	0,26%

számú táblázat, szilárdsági adatait a 9. sz. táblázat mutatja.

9. táblázat.

Híd szerkezetekre felhasználható antikorodal-anyag szilárdsági értékei

Anyagjellemző	Előírt min. érték	Mért érték
Szakítószilárdság σ_B	30 kg/mm ²	31,5 kg/mm ²
Folyáshatár	22 kg/mm ²	23,2 kg/mm ²
Nyúlás	8—12%	13,—%
Keményység	H _{62,5/2,5}	92 kg/mm ²

A fárasztási kísérleteket a dural-lemezéhez hasonlóan 8 mm vastag, hengerelt lemezekben is végrehajtottuk. A 0,9—13 kg/mm²-ig terjedő váltakozó húzóigénybevétel az anyag kétmilliónál többször bírta ki. Bár a kétmillió igénybevétel alumíniumanyagoknál kevésnek látszik, mégis egy közúti híd kb. 50 éves fennállása alatt sem éri el a maximális terhelést kétmilliószor.

Az antikorodal-szerkezeteknél a fentiek alapján meghatározott, a tervezés alapjául szolgáló megengedhető igénybevételek az alábbiak: húzásra és hajlításra $\sigma = 1150 \text{ kg/cm}^2$
kihajlásra $\lambda \leq 70$ $\sigma_k = 1150—9,5$
 $\lambda \geq 70$ $\sigma_k = 2,400.000 \lambda^2$

Az antikorodalnak az összeerősítése természetesen nem történhet a jól bevált és szilárdságilag is megfelelő dural-szegecsekkel. A szegecsekre vonatkozó kísérleteket éppen az anyag-hasonlóság keresése miatt két irányban folytattuk: egyrészt hidronalium-típusú, másrészt antikorodal-típusú szegecsanyagok felé.

A hidronalium-típusú anyagoknak, ha kellő szilárdságot is követelünk tőlük, legalább 5% Mg-tartalmúaknak kell lenniük. Ez az anyag azonban hidegen, még lágy állapotban is, aránylag kis nyúlással rendelkezik, így an-

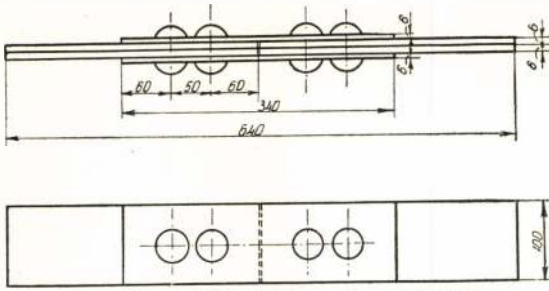
nak fejelése hidegen nem megoldható. Ezért a melegszegecselés felé kellett fordulni. A fejezést vashengerben hajtottuk végre 200, 300 és 400° C-ra való előmelegítés után. Megállapítható volt, hogy 20 mm \varnothing mellett 400° C-nál kb. 65 tonna, 300° C-nál kb. 75 tonna és 200° C-nál körülbelül 85 tonna erőre volt szükség a megfelelő tökéletes félgömbfej kialakításához. A végzett nyírószilárdsági vizsgálatok azt mutatták, hogy míg a rudanyag nyírószilárdsága $\tau = 16 \text{ kg/mm}^2$, addig a kész szegecsszáré $\tau = 17,3 \text{ kg/mm}^2$ volt. Ez a szilárdsági emelkedés a deformációs munka következménye volt, mely a melegen való alakítás ellenére is érezte hatását.

Tekintve, hogy ezek a fejezőerők a 2% Cu-tartalmú dural-szegecsnek hasonló átmérő melletti fejezéséhez szükséges erőkkel kb. megegyeznek, valószínűnek látszik, hogy lapos vagy kúpos fej alkalmazásával a fejezőerőszükséglet itt is a duraléhoz hasonló mértékben csökken le. Mindamelllett a szükséges erő még így is elég tekintélyes és a melegszegecselésnél várt nagyobb erőcsökkenés nem következett be. Ez annál is inkább kellemetlen, mert a duralanyagoknál már észlelt nagy fejezőerő következményei itt a melegszegecseléssel járó kényelmetlenségekkel — pontos hőkezelés, gyors, kényes munka stb. — még tetéződnek és kedvezőbb körviszonyok elérése nem lehetséges.

Éppen ezek a szempontok készítettek a kevésbé jó szilárdsági tulajdonságokat ígérő antikorodal-anyagok megvizsgálására. Köztudomású, hogy az Al-Mg-Si-típusú anyagok szilárdságukat 530° C-on való homogenizálás, vízűtés és az azt követő huzamosabb 160° C-on végrehajtott pihentetés következtében érik el. Természetesen a dural-szegecsnekhez hasonló szegecselési technológiát végre lehet velük hajtani, de a kész kapcsolatokat kemencében pihentetni nem lehet. Így a maximális szilárdsági értékek elérése ezeknél a szegecsnek nem lehetséges. Bár egy kismértékű felkeményedést a szobahőfokon való tartás is eredményez, ez távolról sem éri el a magasabb hőfokú kezelés értékét. Kisátmérőjű antikorodal-szegecsnekél éppen ezért kétféle technológia ismeretes. Az egyik a szabályos, fentebb leírt hőkezelés, mely után három napon belül kell a fejelést elvégezni, a másik egy 480° C-on végrehajtott homogenizálás és vízűtés, mely után a fejelés bármikor — tehát raktári állapotban — végrehajtható. Ez egy ú. n. félnemes állapot, ahol a végleges szilárdsági értékeket a fejelés okozta hideg deformáció adja meg. Természetesen a szegecs nyírószilárdsága ennél a legkisebb.

A kísérleteket mindkét hőkezelési móddal 20 mm \varnothing -jú rudakon hajtottuk végre. A szegecs tőmfejenek készítése vashengerben történt úgy, hogy 480° C-os hőkezelés után 1, 2, 3 és 8 nap múlva történt a fejelés. Minden fejelés előtt megmértük az anyag keménységét és a fejezést követő nyolcadik napon a kész szegecs nyírószilárdságát. A kapott értékeket a 10. sz. táblázat mutatja.

Amint a táblázatból látható, az anyag kifogástalanul volt még a nyolcadik napon is fejelhető és szilárdsági értékei az idővel valami keveset emelkedtek is. A nyolcadik napon



14. sz. ábra. Kétnyírású antikorodal kötés.

10. táblázat

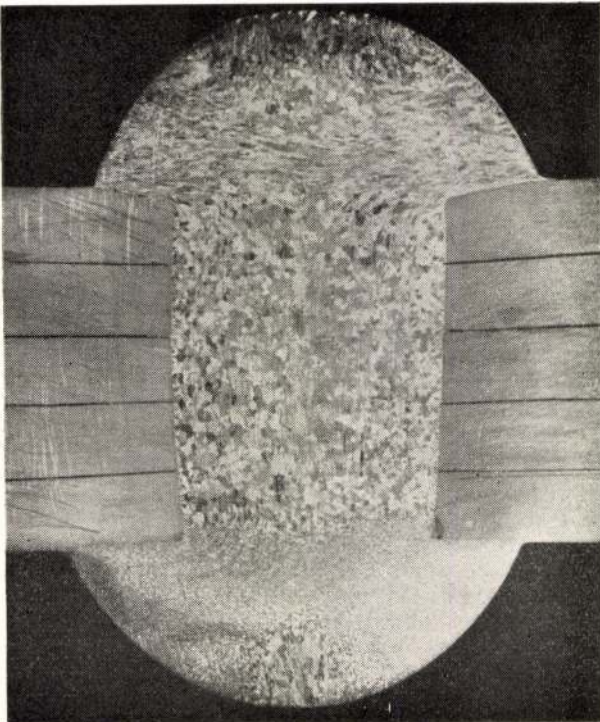
480° C-on hőkezelt antikorodal-szegecs fejelése

Fejezés ideje hőkezelt után	Fejező erő t	Fej-minőség	Keménység $H_{62,5,2,5}$		Nyíró-szilárdság	
			fejelés előtt	8 nap múlva	rúd-ban	fejelés után 8 napra
Hőkezelés napja	70	jó	47,5	50,8	12,3	12,5
1. nap	70	jó	43,4	53,6	—	12,9
2. nap	70	jó	49,2	55,8	—	13,3
3. nap	70	jó	49,2	56,8	—	13,0
8. nap	70	jó	52,0	—	14,3	—

fejelt szegecsekkel a 14. ábra szerinti kétnyírású kötések készültek, a sztatikus vizsgálatok megejtésére. A szokatlanul vastag kötések azért kellett választani, hogy a szükséges anyagvastagság az aránylag vékony lemezek mellett is kiadódjon.

A kísérletek szerint a kötések átlagértékben $\tau = 14,5 \text{ kg/mm}^2$ -nél a szegecsszárban nyíródtak le.

Az 530° C-on homogenizált és vízben hűtött szegecsanyagokkal a 480° C-osokhoz hasonló kísérleteket hajtottuk végre. Az eredményeket a 11. sz. táblázat mutatja.



15. sz. ábra. Tartórész kúpos fejkiképzési szegecsekkel.

11. táblázat

530° C-on hőkezelt antikorodal-szegecs fejelése

Fejezés ideje hőkezelt után	Fejező erő t	Fej-minőség	Keménység		Nyíró-szilárdság	
			fejelés előtt	8 nap múlva	rúd-ban	fejelés után 8 napra
Hőkezelés napja	70	jó	49,7	70,2	—	15,5
1. nap	85	repedt	66,2	76,8	—	16,5
2. nap	92	repedt	66,4	80,2	—	17,1
3. nap	100	repedt	66,5	80,2	—	18,—

A táblázatból látható, hogy a szegecs csak a hőkezelés után fejlelhetők, a következő nap repednek.

A szegecsekkel 530° C-os hőkezelés után közvetlenül készített — a 14. ábra szerinti — kötések a fejelés utáni nyolcadik napon el lettek szakítva és $\tau = 17,0 \text{ kg/mm}^2$ nyírószilárdsági értéket adtak.

Meg kell jegyezni, hogy a lyuktűrés ezeknél a kötéseknel is átmérőben mérve +1 mm volt, valamint hogy a száraz lyukkitöltése kifogástalan volt. A lemezek deformációja a dural-kötésekéhez hasonló volt.

Miután ez az utóbbi szegecselési technológia a duraléhoz hasonlít és annak végrehajtása semmivel sem bonyolultabb, a szegecs szilárdsági értékei pedig a Hy5-ét megközelítik, célszerűnek látszik antikorodal-típusú anyagok szegecseléséhez antikorodal 530° C-on hőkezelt szegecs felhasználása. A szegecselőerő és ezzel a lemezigénybevételek csökkentése érdekében a kúpos zárófejkiképzés szintén alkalmazható.

A hidszerkezetek tervezésénél alkalmazandó megengedhető antikorodalszegecs-igénybevételek a fentiek szerint a következők:

$$\begin{aligned} \text{nyírásra} &= 5,5 \text{ kg/mm}^2 \\ \text{palástnyomásra} &= 15,— \text{ kg/mm}^2 \end{aligned}$$

A nem helyhez kötött, nagyméretű mérnöki szerkezetek oldható kapcsolatainak megoldása nem egyszerű probléma. Egy dinamikus igénybevett szerkezetnél a kapcsolatoknak jól kell kötniök, a kötőelemek között nem szabad játéknak lennie, mert különben akkor, ha az alapanyag alumíniumötvözet, mozgás közben a lyuk könnyen feltágulhat. Tekintve azt, hogy a könnyűfémszavarak menete többszöri igénybevételnél eltorzulhat, célszerűnek látszik tűzi-horganyzású vascsavarok felhasználása. A lyuk esetleges feltágulásának elkerülésére pedig az alumíniumlemezbe besajtott tűzi-horganyzott acélperselyek alkalmazhatók. Erre és más megoldásokra vonatkozó szilárdsági és fázastörési kísérletek még folyamatban vannak.

Összefoglalva a kísérletsorozatokat eredményeit megállapítható, hogy

1. Dural-anyagok üzemi szegecselése 16, 20 és 24 mm szegecsátmérők mellett megoldott. Erre vonatkozólag a már idézett cikkben hat ötvözetet ismertettünk, amelyeket a rendelkezésre álló berendezések és a megkívánt szilárdsági igénybevételek szerint a tervező tetszés szerint alkalmazhat.

2. Antikorodal-anyagok üzemi szegecselése antikorodal-szegecsekkel 530° C-os hőkezelés után a 2% Cu-tartalmú duraléhoz hasonló

technológiával és erőszükséglettel hajtható végre.

3. hidronalium-típusú szegecsanyagokkal a helyszíni légszerszámmal történő szegecselés a pillanatnyilag rendelkezésre álló berendezéssel csak 16 mm átmérőig hajtható végre, a hőkezelés miatt azonban ez is kritikus.

4. Hidronalium-típusú szegecsanyagok nagyobb átmérő mellett szegecselőpatkóval kb. 300° C-ra előmelegítve fejelhetők a 2% Cu-tartalmú duralanyagokéhoz hasonló fejezőerő-szükséglettel.

5. A fejezési erő ötvözetnél, a kúposfejkiképzés alkalmazásával célszerűen kb. a felére lecsökkenthető. (Tartórész kúposfejkiképzésű szegecsekkel a 15. ábrán látható.)

6. Nagyméretű szerkezeteknél lehetséges a vasszegecsekkel történő szegecselés, vízszugárhűtéssel, gondos munkával és a megfelelő előírások betartásával, nagyobb méretű kilágyulási veszély nélkül.

7. Oldható kapcsolatok megoldása még kikísérletezés alatt áll.

Mandzsúria könnyűfémipara

Dr. GEDEON TIHAMER

A timföld és ezzel kapcsolatban az alumíniumipar alapját Mandzsúriában az ország déli felében található timfölddús, illetve bauxitos palaeófordulások képezik. A legdélibb előfordulás a Liaotung-félszigeten, Port-Arthur közelében van. Mandzsúriának két timföldgyára és vele kapcsolatban két alumíniumkohója van. Korea határán, a Jalu folyó sárgatengeri torkolatánál Antungban a háború alatt (1942–44.) épült a 18 000 t évi termelőképességű timföldgyár, melyben szódás-meszes eleggyel tárják fel a bauxitos palát, melyet azután híg szódaoldattal lúgoznak ki. A timföldgyárhoz évi 10 000 t termelésű alumíniumkohó is tartozik. Ennek erőszükségletét a Jalu folyón épített erőmű adja. A most folyó koreai háborúban ezért volt fontos ezeknek az erőműveknek védelme és az előretörő amerikai csapatoknak a visszaszorítása. Az alumíniumkohó mérete itt nagyobb, mint az a timföldgyár termelésével egyenértékben megfelelne. A szükséges többlet timföldet behozatalból fedezik.

A másik timföldgyár régebbi alapítású és azt Hszinking fővárostól délre, Mukden közelében, Fusun községben telepítették. A bauxitos palát javított Pedersen-eljárással dolgozzák fel timföldre. A gyár termelőképessége 20 000 tonna timföld évente. A gyárhoz évi 10 000 t-t termelő alumíniumkohó tartozik, melynek erőszükségletét a közelben lévő nagyterjedésű széntelepekre épített villamos erőmű adja. Ezt az alumíniumkohót a háború alatt 30 000 t termelésre bővítették ki. (Ez a kohó 1943-ban 8560 t alumíniumot termelt.)

A mandzsúriai bauxitos paláról részletesebb földtani adataink nincsenek, azonban az alkalmazott feltárási módok azt mutatják, hogy jelentősebb kovasavtartalmú diaspóros bauxittal állunk szemben, mely a földtani körülmények következtében palás szerkezetűvé vált. Régebbi adatok szerint a Jalu folyó völgyében alunitos bauxitelfordulásról is tudunk.

Itt említjük meg, hogy Észak-Koreában is van alumíniumkohó, Sinampo kikötővárosban és ugyanitt van Korea magnéziumkohója is.

Mandzsúriában három Mg-kohó működik, mely mind a Liaotung-félsziget hatalmas magnezitelfordulására, mint nyersanyagra települt. A félsziget nyugati partján, Jingkov kikötővárosban van a legnagyobb magnéziumkohó, melynek évi termelőképessége 10 000 t. A másik kohó az antungi alumíniumkohóval kapcsolatos és

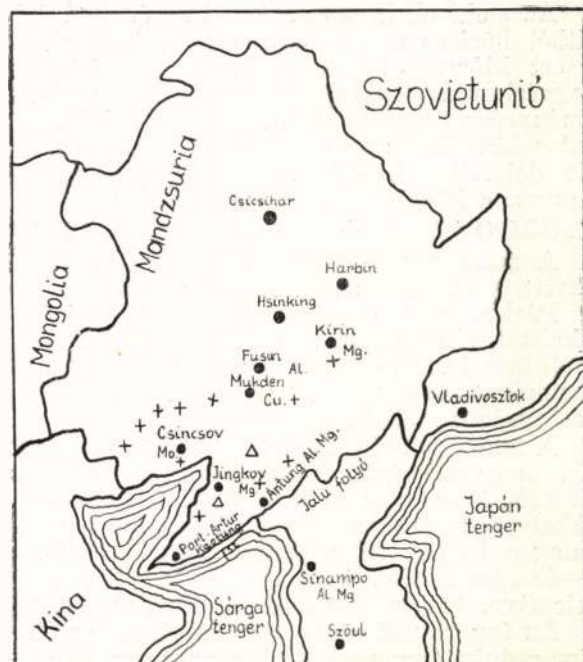
évi 4200 t-t termel. A harmadik magnéziumkohó építését a háború alatt kezdték meg a fővárostól keletre, Kirinben. Ez a kohó áramszükségletét az ottani vízierőműből nyeri.

A mandzsúriai magnezit meglehetősen tiszta, kevés mész- és kovasavtartalommal. Mennyiségét 500 millió vagonra becsülik. A háború alatt nagy mennyiségben szállították Japánba is.

Mint érdekességet említjük meg, hogy Mandzsúriának fémmolibdént előállító gyára is van Csincsovban. Ez a gyár a közelben előforduló ércet dolgozza fel, melyben 0,5% molibdén-tartalom van. A gyárat 1947-ben erősen megromgálták.

Mukdenben rézkohó van üzemben, mely a háború előtt havonta átlag 350 t rezet termelt. Az üzem a háború alatt alig sérült meg és a felszabadulás után rövidesen megkezdte üzemét.

A mellékelt vázlaton Mandzsúria kohóinak, bauxitos pala-, valamint magnezitelfordulásainak helyét láthatjuk.



+ bauxitos-pala előfordulás — Δ magnezit előfordulás
— timföldgyár és alumíniumkohó — Mg magnéziumkohó
— Cu rézkohó — Mo molibdénkohó

Magnézium előállítása dolomitból elektrolitikus és termikus úton

SULYOVSZKY ANDOR

Производство магния из доломита электролизом и термическим способом.

Die elektrolytische und thermische Herstellung des Magnesiums aus dem Dolomit.

Production of magnesium from dolomit in electrolytic and thermal way.

Mint ismeretes, magnéziumot kétféle úton lehet előállítani, elektrolitikus és termikus úton. Az első eljárásnál, az adott alapanyagból kiindulva, magnéziumkloridot állítunk elő, melyet elektrolízisnek vetünk alá. A termikus eljárásnál az alapanyagot megfelelő előkészítés után a redukálóanyaggal keverve, magas hőfokon redukáljuk.

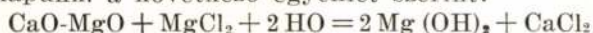
Magyarországon egyetlen megfelelő nyersanyag van, melyből magnéziumot állíthatunk elő, a dolomit $MgCO_3 \cdot CaCO_3$.

Az elektrolitikus eljárások különböznek egymástól a magnéziumklorid előállításának módjában, a termikusok pedig különböznek a felhasznált redukálóanyag és a gyártásnál használt apparátúra tekintetében. A különbözőség azonban egyes eljárások között nem olyan lényeges, hogy a leírt két eljárás alapján általános következtetéseket ne vonhatnánk le.

A mellékelt séma egy Bjeljajev: „Könnnyű-fémkohászat” című könyvében leírt elektrolitikus és egy szilikótermikus, belső hevítésű eljárás általános folyamatát ábrázolja.

Az anyagelőkészítés mindkét eljárásnál azonos. A dolomitot pofás törőn diónyi nagyságra törik, majd forgó, általában generátorgázzal fűtött dobkemencében mintegy 1200 fokon kalcinálják és az így nyert égetett dolomitot ($CaOMgO$) liszté őrlik.

Az elektrolitikus eljárásnál az égetett dolomitból bázisos magnéziumkloridot állítunk elő és ezt klórgázzal klórozzuk. Az előállításához magnéziumkloridoldatot használunk, melynek töménysége 320–340 gr/l. A technológiai folyamat a következő: az oldat egy részével az égetett dolomitot kezeljük, magnéziumhidroxidot kapunk a következő egyenlet szerint:



A magnéziumhidroxid 450° C mellett véghezvitt kalcinálás után MgO -á válik.

Párhuzamosan a fenti művelettel folyik a 6 kristályvizes magnéziumklorid $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ előállítása is. Az előzőleg tisztított magnéziumkloridoldat egy részét párologtatással 47%-os töménységűre sűrítjük.

A töményoldatot gőzzel fűtött kádba helyezük, melyben vízzel hűtött dob forog. A dob felületén kikristályosodik a $MgCl_2 \cdot 6H_2O$, melyet pikkelyes formában kés kapar le és szálítószalagra hullik. 70 súlyrész $MgCl_2 \cdot 6H_2O$ -t és 30–40 rész MgO -t összekeverve és 350 fokra melegítve, bázisos magnéziumkloridot kapunk.

Az így kapott bázisos magnéziumkloridhoz, mint redukálóanyagot, őrölt szén keverünk és brikettezzük. A brikettet klórgázzal klórozzuk. A klórozás után nyert magnéziumklorid tűzfolyékonyan elektrolízissel bontható.

A termikus eljárásnál az égetett és őrölt dolomitot a redukáló anyaggal a mi esetünkben $Fe-Si$ -mal keverjük össze. Brikettezzük, majd a redukálókemencébe helyezve, vákuumban mintegy 1200 fokra hevítjük. A redukcióval keletkezett magnéziumgőzök a kemence egy hűvösebb helyén szilárd alakban lecsapódnak. Az így keletkezett magnéziumkristályokat a kemencéből eltávolítjuk és megömlesztve, fém-magnéziumot nyerünk.

Összevetve a két eljárást, megállapíthatjuk, hogy a folyamat égetéséig és őrléséig mindkét eljárás azonos úton halad, azonban míg a termikus eljárásnál az égetett dolomitot a redukálószerezrel keverve, a következő munkafázisban redukáljuk, addig az elektrolitikus eljárásnál először magnéziumoxidot, majd bázisos magnéziumkloridot és végül magnéziumkloridot kapva, kerülhet sor a tulajdonképpeni fém-magnézium gyártásra, az elektrolízisre. Megállapíthatjuk tehát hogy elektrolízises eljárásnál a technológiai folyamat lényegesen bonyolultabb. A technológiai folyamat bonyolultsága, miután természetszerűleg minden egyes munkafázishoz megfelelő berendezés (apparátúra) kell, lényegesen növeli egy ilyen eljárás alapján működő gyár beruházási költségeit is. Hogy nemcsak a leírt eljárás ilyen bonyolult és szükséges hozzá nagyértékű berendezés, arra példa a B. I. O. S. Final Report No. 1338. közleményben a VI. táblázatban ábrázolt magnéziumgyártás sémája is. Bár annak egyszerűbbnek kellene lennie, miután nem dolomitból, hanem magnetitből indul ki, ahol kalcinálás után közvetlenül magnéziumoxidot kapunk.

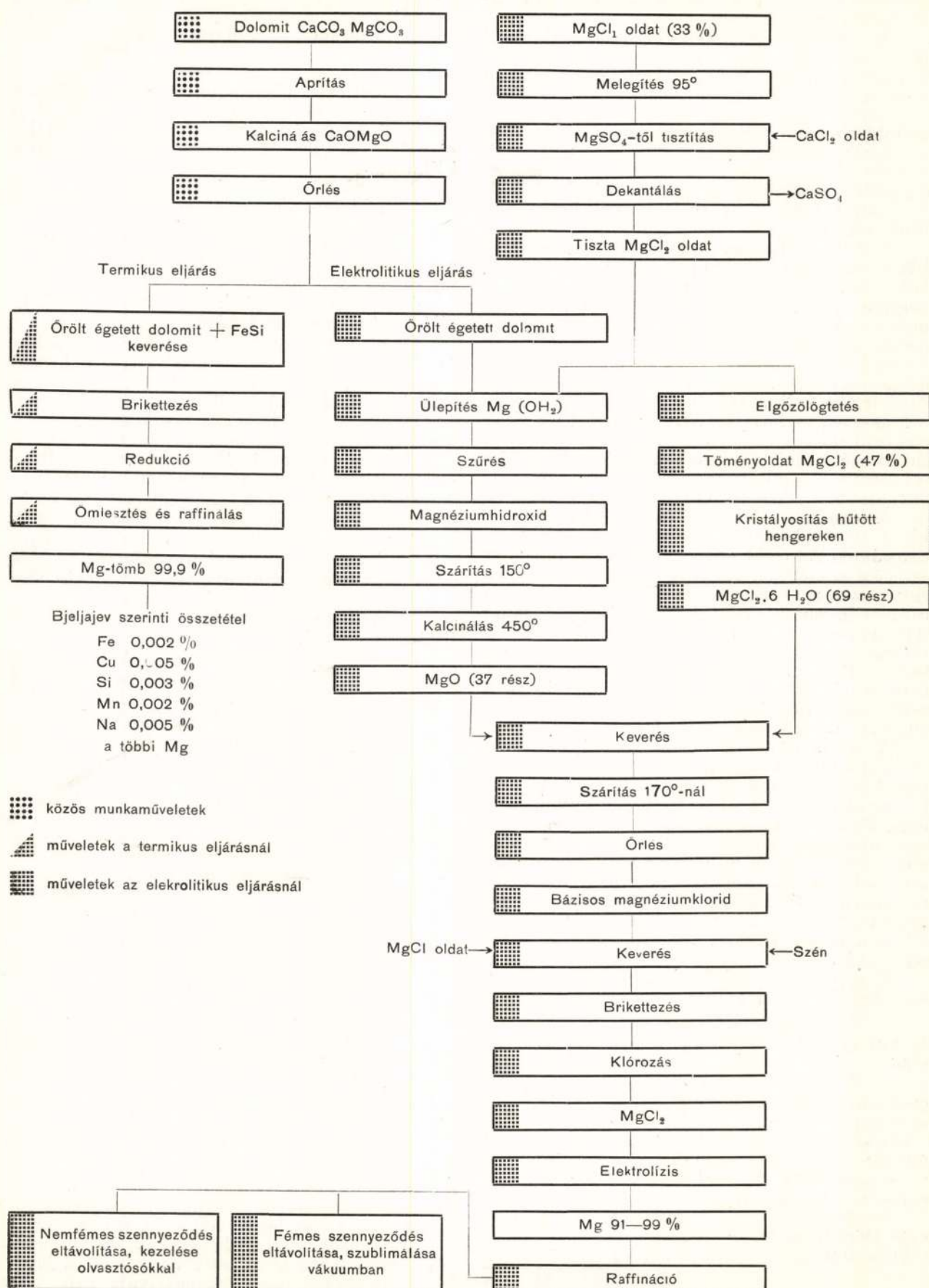
Az elektrolízisnél használt egyes apparátúrák meglehetősen komplikáltak és költségesek. A klórozás pl. egy több mint 4 m-es átmérőjű, mintegy 10 m magas villamosfűtésű kemencében történik. A kemence teljesítménye 400 kg/óra, tehát egy napi három tonna teljesítményű gyárhoz 1,5 ilyen kemence kell, tartalék nélkül.

Az Mg elektrolízisénel használt kádak is lényegesen bonyolultabb szerkezetűek (Bjeljajev 359. old.), mint az alumíniumgyártásban szokásosak. Az anódokon kívüli klórgáz szükségessé teszi hogy a kád légmentesen legyen zárva és gondoskodni kell a gáz elszívásáról is, mire egyrészt azért van szükség, hogy a klórgáz mérgező hatásától a környezetet megvédjük, másrészt klórozásnál felhasznált gázoknak a lehetőség szerint töménynek kell lennie. A kádban az elektródok nem egymás fölé vannak elhelyezve, mint az alumíniumkádnál, hanem párhuzamosan felülről vannak felfüggesztve és egymástól diafragmával elválasztva. A kád élettartama is lényegesen rövidebb, általában egy év, az alumíniumnál elért hároméves átlaggal szemben.

A villamosenergia felhasználása a két eljárásnál kb. azonos. Az összenegiaszükséglet azonban az elektrolízises eljárásnál valamivel

TERMIKUS ÉS ELEKTROLITIKUS MAGNÉZIUM GYÁRTÁSSÉMÁJA

Anyagelőkészítés mindkét eljárásnál ugyanaz



magasabb, mert a MgO előállításánál szükséges kalcináláshoz, valamint a MgCl₂ oldat kristályosításához még egy bizonyos mennyiségű hőenergiára szükség van.

Az energiafogyasztás összehasonlításánál figyelembe veendő az, hogy míg az elektrolízishez szükséges 18 kWó/kg áramfogyasztást nem nagyon áll módunkban csökkenteni, sőt és amennyiben az elektrolízisbe kerülő magnéziumklorid nem teljesen vízmentes, lényegesen növekedhet is, addig a termikus eljárásnál csak a redukcióhoz feltétlenül szükséges villamosenergiát használunk, a gyártás egyéb fázisában, mint például az ömlesztésnél, használhatunk gáz- vagy olajfűtési kemencét.

A redukcióhoz az Amáti-féle eljárásnál 16 kWó szükséges (Jakóby: Magyar magnéziumkohászat 1942.), I. G.-féle eljárásnál a villamosberendezések méretezésénél 13 kW órával számolunk. A B. I. O. S. 1338. sz. közlönye szerint pedig 10 kWó/kg szükséges a redukcióhoz. Tehát bármely értéket vesszük, alacsonyabb az elektrolízishez szükséges villamosenergiánál. Figyelembe kell vennünk az energiafogyasztásnál még azt is, hogy ha 99,9%-os fémeket akarunk elektrolitikusan előállított tömbökből nyerni, a raffinációt csakis vákuumban való szublimálással (szállasztással) végezhetjük, mely művelethez újabb 1 kWó/kg villamosáram szükséges.

A termikus eljárásnál az égetett dolomiton kívül nagyobb mennyiségben csak FeSi-t fogyasztunk. Az elektrolitikusnál súlyos tételként szerepel a klórgáz, annak ellenére, hogy ennek egy részét az elektrolízisnél visszanyerjük és újra felhasználhatjuk. A klór fogyasztásánál figyelembe veendő még az hogy a klór előállításánál szükséges konyhasó behozatali cikk és hogy a klórgáz előállítására egy külön üzemet kellene létesíteni. Nemkülönböztetve a petrólkosz, grafitelektróda, kálium- és nátriumkloridmennyiség is jelentős.

A következő összeállítás a két eljárásra szükséges főbb anyagok mennyiségét, az energiaszükségletet és ezek árát adja meg. Az árakat az „Egységes Árlista” alapján adtam meg. Nem tértem ki amortizációs költségekre, mert ezek általában irreálisak, de természetesen feltételezhető, hogy miután az elektrolízises eljárásnál nagyobb apparatúra szükséges, tehát az amortizációs költségek is magasabbak lesznek. Úgyszintén minden valószínűség szerint áll ez a munkabérekre, valamint javítási költségekre is.

Egy tonna magnéziumhoz szükséges nyersanyagok és energia:

Elektrolízises eljárásnál:

égetett dolomit	57 tonna	1045.— Ft
klór	0,8 tonna	992.— Ft
petrólkosz	0,45 tonna	360.— Ft
grafitelektróda	0,02 tonna	400.— Ft
nátrium és kálium-klorid	0,2 tonna	192.— Ft
folypát	0,15 tonna	80.— Ft
villamosenergia	21.000 kWó	2520.— Ft
generátorgáz (MgOH ₂ kalcináláshoz)	2500 m ³	225.— Ft
szén (MgCl ₂ oldat klórosításhoz)	180 kg	18.— Ft
	Összesen:	5832.— Ft

Termikus eljárásnál:

égetett dolomit	5,7 tonna	1045.— Ft
FeSi	120 kg	520.— Ft
folypát	15 kg	9.— Ft
villamosenergia	21.000 kWó	2520.— Ft
	Összesen:	4097.— Ft

A fentieket összefoglalva, a két eljárást összevetve a következőket állapíthatjuk meg:

1. Technológiai folyamat: a termikus eljárásnál lényegesen egyszerűbb, mint az elektrolitikusnál.

2. Beruházás: a termikus eljárásnál a technológiai folyamat egyszerűsége révén a berendezés is egyszerűbb, tehát olcsóbb.

3. Anyagszükséglet: az elektrolitikus eljárás a nyersanyagon kívül még egész sereg drága mellékanyagot használ.

4. Energiafogyasztás: kb. azonos, csekély eltéréssel a termikus javára.

Ez az összehasonlítás nem akar a termikus és elektrolitikus előállítás általános összehasonlítása lenni, mert feltételezhető az, hogy olyan helyeken, ahol olcsóbb villamosenergia áll rendelkezésre és kiindulási nyersanyagul biszofit MgCl₂ + 6 H₂O, vagy karnolit MgCl₂ + KCl + H₂O, vagy tengervíz áll rendelkezésre, ott az elektrolitikus eljárás gazdaságosabb lehet.

Problematikus, hogy a két eljárás közül melyiket alkalmazzuk, az a magnezitnél válik a dolog különösen, ahol a magnezit szennyezett. A tiszta magnezitnél ugyanis az égetés után kapott magneziumoxidot közvetlenül klórozásnak vetjük alá, míg ha a magnezit szennyezett, először hidrometallurgikus eljárással tisztítanunk kell.

Dolomitnál azonban, ahol a klórozásig a leírt hosszú, bonyodalmás fázisokon keresztül jutunk el, feltétlenül a termikus eljárás az előnyösebb. Ebből kifolyólag Magyarországon, ahol csak dolomit jöhet, mint nyersanyag, számításba és az elektromos energia drága, csakis termikus eljárás jöhet figyelembe.

Az elektrolízisnél ugyanis alacsonyabb tisztaságú fémeket nyerünk. A raffinálásnál a különböző olvasztósókkal való kezeléssel, a fémből csak a nemfémes szennyeződések és a mechanikus záródmányokat tudjuk eltávolítani, amennyiben a fémes szennyeződésektől is meg akarjuk a magnéziumot tisztítani, vákuum alatt lévő retortában, a szennyező fémek magasabb párolgási hőfokát kihasználva, a magnéziumot szublimáljuk (Bjeljajev 372). A termikus eljárásnál erre a folyamatra nincs szükség, mert hiszen itten ez tulajdonképpen a fő munkafázis, s így a nyert magnéziumfém nagyon csekély fémes szennyeződést tartalmaz. Bjeljajev szerint egy termikus magnézium összetétele például:

Fe 0,0002%, Cu 0,005%, Si 0,003%, Mn 0,002%, Na 0,005% és a többi magnézium.

A termikus eljárás jövőjéről Bjeljajev így ír: a fémmagnézium előállítása termikus úton az utóbbi években (különösen 1941—45. évi háborúval kapcsolatban) tekintélyes méretekben fejlődött, a technológiai folyamat egyszerűsége, a processzusok ártalmatlansága és a berendezés kompaktsága következtében, s ezért a jövőbeni fejlődésnek nagy perspektívája van.

Ötvözetek képződése alumíniumelektrolízisnél

Ismertetés dr. A. J. Bjelajev professzor „Fizikai és kémiai folyamatok az alumíniumelektrolízisnél” című könyvéből

Összeállította: KOLOSY ERNŐ

669.713.7—82

Эрно Колоши:

Краткое изложение.

Автор описал после предварительного изложения поведение у SiO_2 , TiO_2 , Mn_2O_3 , MO_3 , B_2O_3 при электролизе алюминий и описал тоже поведение этих окисей присутствие Al_2O_3 .

Он подперет теорические изложения везде с экспериментальными результатами с помощью таблиц и диаграмм.

Он кончат наконец с резюме.

The author after a preliminary analysis describes the reaction by the electrothermic reduction of Aluminium on SiO_2 , TiO_2 , Mn_2O_3 , MoO_3 , B_2O_3 ; the furthermore gives full description of the behaviour of these oxides in the presence of Al_2O_3 .

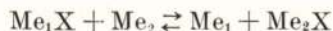
All theoretical arguments are supported by the results of tests, by tables and diagramms.

The author ends the article by reviewing the foregoing.

A kriolit-tímföld olvadékba beadott oxidok viselkedése aszerint osztható két csoportra, hogy azok fémei nemesebbek, vagy kevésbé nemesek, mint az alumínium. Ez utóbbiak főleg fluoridok alakjában vannak jelen az elektrolitben és nem alakulnak át a katódon fémmé. Az alumíniumnál nemesebb fémek oxidjai az elektrolitben való oldhatóságuktól függően elektrolitikus vagy elektrotermikus úton állíthatók elő és alumíniummal ötvözetet alkotnak. Az elektrolitban jól oldható oxidok (Mn_2O_3 , WO_3) redukálása mindkét formában végbemehet, de a nehezen oldódó oxidok (Fe_2O_3 , NiO , CuO , Cr_2O_3 , Co_3O_4) redukálása gyakorlatilag csak alumino-termikus úton mehet végbe.

Az elektrolízisnél a fémek leválásának valószínűsége a normálpotenciálon kívül függ a koncentrációs viszonyoktól is.

A só- és fémfázis közt a következő egyensúly áll fenn:



Ha nem képződik komplex vegyület, akkor az egyensúly a tömeghatás törvényének engedelmeskedik. Így a koncentrációkat az egyensúlyi állandó határozza meg:

$$K = \frac{x \cdot (1-y)}{(1-x) \cdot y}$$

itt $x = \text{Me}_1$ koncentrációja a fémfázisban (atomtört formájában kifejezve)

$(1-x) =$ az előbbi Me_2 -re vonatkoztatva,

$y = \text{Me}_1\text{X}$ koncentrációja a sófázisban (moltört formájában kifejezve)

$(1-y) =$ ugyanaz Me_2X -re.

Az egyensúlyi állandó függvénye a két só szabad energiáinak, illetve a bomlási potenciálok különbségeinek:

$$E = \frac{RT}{nF} \ln K = \frac{lT}{nF} \ln \frac{x(1-y)}{(1-x) \cdot y}$$

A logaritmikus összefüggés miatt igen kis bomlási feszültségkülönbség esetén is már igen nagy koncentráció-különbség áll elő. Pl. 1000^o-nál egyértékű fémeknél két só egyenlő molekuláris koncentrációja esetén 0,1 bomlási feszültségkülönbség 1:8-hoz arányt hoz létre a leválasztott fémekben a nemesebb fém javára; 0,2 bcmlási feszültségkülönbség pedig 1:500-hoz arányt.

Ezt a szabályt némileg befolyásolja az a tény, hogy a sók az elektrolitben asszociálódnak.

Gyakorlatban pl. az elektrolitben jelenlévő 5,5–7% MgF_2 esetén (bomlási feszültség 0,15-el nagyobb az Al_2O_3 -énál) a katódalumínium Mg-tartalma 0,045–0,076%. Ugyanígy például az elektrolitben lévő néhány százalék CaF_2 esetén a katódalumínium Ca-tartalma nem haladja meg a 0,02%-ot.

Természetesen ezen adatokat erősen befolyásolják a koncentrációs viszonyok.

Az áramerősség növelésével a nagyobb katódpolarizáció következtében a katólit alumíniumokban való erősebb elszegényedése a kevésbé nemes kationok kiválására vezethet. Így válik ki a katódon Na is.

A kriolitban jól oldódó metalloid oxidok (SiO_2 , TiO_2 , B_2O_3) valószínűleg komplex anionokká alakulnak (TiO_3^{2-} , BO_2^-) és így leválásuk valószínűleg alumino-termikus úton történik.

A fémoxidok redukciója alumíniumelektrolízisnél.

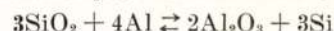
Alumíniumnak az elektrolitben való jelenléte folytán fennáll a következő egyensúly:



Különös jelentősége van ennek az elektrolitben a jól oldódó és az alumíniumnál elektropozitívabb elemek oxidjainál: SiO_2 , TiO_2 , Mn_2O_3 , B_2O_3 , WO_3 -nál.

SiO_2 redukciója.

SiO_2 redukcióját alumíniummal a:



egyensúly alapján Masovjetz és Artobolevszkaja vizsgálták kriolit jelenlétében 1000–1100^o-ig. Az egyensúly állandója:

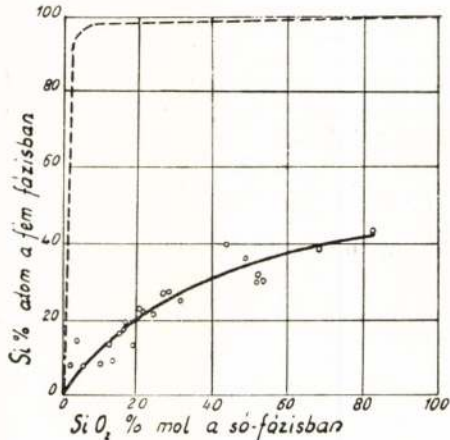
$$K = \frac{(\text{SiO}_2)^3 (\text{Al})^4}{(\text{Al}_2\text{O}_3)^2 (\text{Si})^3}$$

Itt az egész koncentráció atom- illetve moltörtben van kifejezve. Az oxidok koncentrációja az oxidok összegéhez van viszonyítva. 1000^o-on Nernst közelítő egyenlete alapján a reakcióhőből kiszámítva az egyensúlyi állandó 10⁻³².

Masovjetz és Artobolevszkaja az egyensúlyi állandót a koncentrációk kísérletileg meghatározott értékeivel kiszámították (alumíniumot grafit-tégelyben 30–30 percen keresztül tartották kriolittal érintkezésben, mely különböző mennyiségű SiO_2 -t tartalmazott).

Ennek eredményeképpen megállapították, hogy az egyensúlyi állandó értéke a fém szilícium-tartalmával növekszik. Az egyensúlyi állandó értéke eltérő a Nerst képlete alapján kiszámítottól.

A 21. ábra mutatja a szerzőtől kísérletileg megállapított adatokat (a fém szilícium-tartalma az SiO_2 ($\text{SiO}_2 + \text{Al}_2\text{O}_3$) függvényében.



A szilícium fémbe való oldhatóságának függése a só-fázis SiO_2 tartalmától.

Masovetz és Artobolevszkaja.

21. ábra.

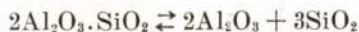
Szaggatott vonallal jelölte a Nerst képlete szerinti diagrammot.

Így nyilvánvaló, hogy az említett rendszer nem követi a tömeghatás ideális törvényét. Ez arra mutat, hogy a rendszerben vegyületképződés van. Az Al-Si-rendszerben vegyületek nem szerepelnek, így csak a sófázisban lehet szó vegyületek képződéséről.

Masovetz és Artobolevszkaja úgy találták, hogy a következő reakcióról van szó:



Az illanékony SiF_4 -al így a Si fele eltávozik a rendszerből. A keletkező alumíniumszilikát részben termikusan disszociál:



és az így felszabaduló SiO_2 -t az alumínium redukálja. A Si felének eltávozását figyelembevéve meghatározták az egyensúlyi állandóját ez utóbbi egyensúlynak és ezt $\text{SiO}_2 = 30\%$ -ig konstansnak találták. 30% -on felüli SiO_2 tartalomnál az eltérést — a kutatók véleménye szerint — az okozza, hogy a keletkező ötvözetek hőmérséklete közel áll a likvidusz hőmérsékletéhez.

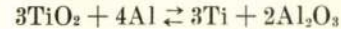
Ki kell hangsúlyoznunk, hogy a katódfele Si-tartalma nem az SiO_2 elektrolitbeni koncentrációjának függvénye, hanem az $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ viszonyának.

Az alumíniumszilikát disszociációjának konstansa kísérletileg meghatározva 4.8×10^{-14} (az $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 1.5 \text{SiO}_2$ -re vonatkoztatva). Ez a nagyság a disszociáció elhanyagolható fokára mutat. Kis SiO_2 koncentrációk esetén gyakorlatilag teljesen redukálódik a SiO_2 , a SiF_4 -vesztés jelentéktelen. Jelentősebb koncentrációk esetén a redukció részleges.

Az utóbbi időben Antipin által végrehajtott kísérletek arra mutatnak, hogy a SiO_2 egy része SiC -dá változik.

A titánoxid redukciója.

Nerst alapján a



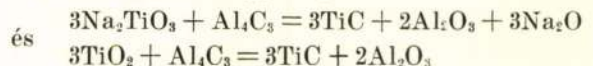
egyensúlynak a konstansa 1000° -on 10^{-23} . — Itt azonban szintén az a helyzet, hogy a folyamat nem alkalmazkodik a tömeghatás törvényéhez, mert a kriolítban Na_2TiO_3 képződik. A fémfázisban pedig Ti-Al vegyületképződés van.

Artobolevszkaja kísérletei azt mutatják, hogy 1–2% esetén a Ti-nak csak 25–40%-a megy át az alumíniumba (grafit-tégelyben 1020° -on két óra hosszat tartott érintkezésben alumíniumot kriolittal, melyben különböző TiO_2 koncentrációkat állított elő). Magasabb $\text{TiO}_2\%$ esetén pedig a redukció 70–80%-os. Az átmenet hirtelen és kb. 2,8% TiO_2 -nél figyelhető meg.

Al_2O_3 jelenléte csökkenti TiO_2 redukációjának mértékét az alacsony Ti-koncentrációs területen. Ezt szemlélteti a 22. ábra.

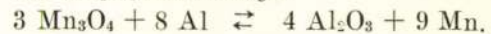
Artobolevszkaja kimutatta, hogy a Ti jelentős része alumíniumban TiC alakjában található. A nem teljes redukció a kriolittal való kölcsönhatás következménye, melynek eredménye a Na_2TiO_3 és TiO_3 komplex anion képződése.

A TiC képződése véleményük szerint a következőképpen megy végbe:

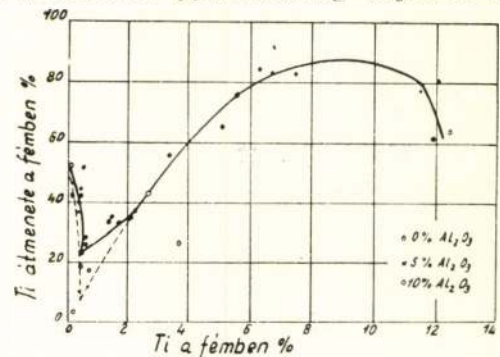


Mangánoxid — oxidul redukciója.

Mn_3O_4 , WO_3 , B_2O_3 alumínium általi redukcióját a szerző kísérletezte ki. — A kísérletet az előző fejezetekben leírtakhoz hasonlóan végezte 1030° -on. Mn_3O_4 redukciója:



A Nerst alapján 1000° -ra meghatározott egyensúlyi állandó ennél a folyamatnál 10^{-97} , azaz a redukció gyakorlatilag teljes. A szerző



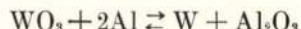
Ti fémbe való átmenetének függése az olvadék Ti tartalmától.

22. ábra.

kísérletei alapján a folyamat a tömeghatás törvényének bizonyos fokig engedelmeskedik. A kiszámított egyensúlyi állandók nem mutatnak nagy eltérést, de abszolút értékben állnak a Nerst alapján számítottaktól. Ennek oka itt is valószínűleg vegyületképződés, esetleg mindkét fázisban. A szerző kísérletei szerint a Mn_3O_4 redukciója átlag 60%.

Wolframoxid redukciója.

A



egyensúly konstansa Nernst alapján 10^{-38} , azaz WO_3 teljes redukcióját mutatja.

A szerző kísérletei alapján meghatározták

$$K = \frac{(\text{WO}_3) \cdot (\text{Al})^2}{(\text{Al}_2\text{O}_3) \cdot (\text{W})}$$

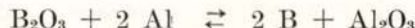
képletből az egyensúlyi állandót. Ennek eredményeként megállapítható, hogy az 1030^o-os kísérleti hőmérsékleten az egyensúly nincs alávetve a tömeghatás törvényének. A K-abszolút értékében is távol esik az elméleti értékektől és nem is állandó, a W-koncentrációval együtt nő. A redukció mértéke pedig a WO_3 koncentrációjával csökken.

Az Al-W biner egyensúlyi diagramm ismeretlen, a sófázisban azonban inkább feltételezhető WF_3 és Na_2WO_4 képződése.

Annak oka, hogy a WO_3 redukcióra nézve nem érvényes a tömeghatás törvénye, valószínűleg az, hogy magas vegyértékű (hatértékű) és ionrádiusza kicsiny (0,68 Å) és így hajlamos polarizációra és anionkomplexek kialakítására.

Bóroxid redukciója.

A



egyensúly Nernst szerinti állandója 1000^o-on 10^{-21} . Ez erős redukcióra mutat.

Ugyancsak 1030^o-on végzett kísérletek alapján:

$$K = \frac{(\text{B}_2\text{O}_3) (\text{Al})^2}{(\text{Al}_2\text{O}_3) (\text{B})^2}$$

szerint kiszámították az egyensúlyi állandót. Ez ismét erősen eltért az elméletitől és csökkent a B_2O_3 koncentráció növekedésével.

A tömeghatás törvényétől való eltérésnek oka a bór hármasszoros értékű kationjának erős polarizációja, mely tény kis rádiuszával (0,35 Å) magyarázható.

Al_2O_3 mellett úgy a B_2O_3 , mint a WO_3 redukciója háttérbe szorul és max. 30%-át éri el az elméletileg várhatónak. Így a kriolitban B_2O_3 és WO_3 marad, ami vegyületek képződésével magyarázható.

A timföld hatása az oxidok redukciójára.

Mivel az oxidok redukciója mindig timföld jelenlétében történik, ezért végeztek kísérleteket oly módon, hogy 5% Al_2O_3 tartalom kriolitolva-

dékba 5–5% oxidot adagoltak és 10 g alumíniummal érintkezésbe tartották 30 percig. Ezeknek a kísérleteknek az eredménye az volt, hogy megállapították az Al_2O_3 jelenléte általában elősegíti az oxidok redukcióját. Nagy mértékben növeli az Al_2O_3 jelenléte a NiO és Cr_2O_3 redukcióját, ezek az oxidok csak kis mértékben oldódnak a kriolitban és az oldhatóságuk mértékét még csökkenteni a jelenlévő Al_2O_3 , így érintkezésük alumínium-reguluszokkal még teljesebb. Jelentősebb oldatossággal rendelkező oxidok redukciójára pedig kisebb hatással van Al_2O_3 jelenléte (WO_3 , TiO_2 , B_2O_3). Még kisebb hatással van az SiO_2 redukciójára, ami valószínűleg szilikátképződés miatt is van.

5. Gyakorlati következtetések.

Felolvasztott kriolitban jól oldódnak a könnyűfémek oxidjai, valamint olyan elemek, melyek reagálnak az oldószerrel.

A kriolit-oxid egyensúlyi diagrammja eutektikus, hipo-eutektikus összetételeknél előfordulnak szilárd oldatok. Az oxidok disszociálva vannak.

A kriolit + oxid olvadékokban egyensúly állapítható meg:

a) az oxidok és belőlük származó anionok és kationok közt,

b) az olvadékban kialakuló NaMeO_2 és MeAlO_2 típusú vegyületek disszociációjánál keletkező megfelelő ionok közt,

c) az oxidok és kriolit közti reakciók hatására képződő oxidok és fluoridok közt.

Ezek alapján a gyakorlatban főleg NaF keletkezik.

Az oxidoknak az elektrolízis hőmérsékletén kriolit jelenlétében alumínium általi redukciójának egyensúlyi állandója távol van a Nernst egyenlet alapján kiszámíthatótól, ez a sófázisban való vegyületképzésre vall.

IRODALOM.

64. A. J. Bjeljaev, N. J. Razumov és M. Sz. Szidorenkó, Trudi Minevetmetzolota, 1945. No. 11.
65. V. P. Masovjecz és E. Sz. Artobolevszkaja, Trudi MINSZ-taluminiumja, 1934. 9. 5.
66. V. Maucher u. A. Leber Zt. f. anorg. Chemie, 1925, 150. 26.
10. V. P. Masovjecz „Elektrometallurgia“, 1938. ONTI es. I.
18. P. Drossbach, Zt. f. Elektroch. 1936. 42. 45.
67. A. J. Zseleznyov és B. N. Makszimenko „Legkie metalli“, 1935. No. 4. 24.
8. A. J. Bjeljaev, Trudi Minevetmetzolota, 1945. No. 11.
69. Referati naucsno — iszzledovatelszkirabot NIISU-aljuminija ONTI, 1935, 106.

„Amikor a munkásújtó, az élmunkás, az észszerűsítő új termelési módokon törli a fejét, anyagot takarít meg, jobban kihasználja a gépet, azzal nemcsak saját életszínvonalát növeli, nemcsak jobban keres, de egyben meggyorsítja, megszilárdítja a szocializmus építését is.”

(Rákosi Mátyás)

Moszkvai levél

(Szekér Gyula tagtársunk aki állami ösztöndíjjal aspirantúrán van a Szovjetunióban, részletes levélben számolt be tapasztalatairól az Alumíniumkutató Intézet dolgozóinak. Leveléből közöljük az alábbi részleteit.)

„A leglényegesebbel — munkámmal kezdem. A megérkezésünk utáni napon eldől, hogy Moszkvában maradok, sőt az is hogy a moszkvai színesfém-intézetbe kerülök a nálunk igen ismert Bjeljajev professzor tanszékére. Mondanom sem kell, hogy ez kimondhatatlanul megörvendeztetett, mert Bjeljajev a könnyűfémek kohászata területén a Szovjetunióban is elismert tekintély. A kezdeti elhelyezési, adminisztrációs ügyek után néhány hét múlva kezd kialakulni — és most már kb. pontosan látom ennek az évnek a munkafeladatát.

Az egyéni tervemet, amely szerint dolgozni fogok, három évre állították össze, mint a szovjet aspiránsokét. Én úgy határoztam — az eddigi tapasztalatok alapján —, hogy a filozófiavizsgát fogom először letenni. Ez igen komoly feladat lesz. Kb. 10.000 oldal terjedelmű kötelező olvasmánya van. Előadás van belőle. A terv szerint júniusban szeretnék vizsgát tenni. Ennek persze előfeltétele, hogy ne csak olvasni, de beszélni is megtanuljak oroszul. Ez komoly feladat, mivel a marxizmus-leninizmus filozófiájának nyelvezete nem a legkönnyebb.

Az aspirantúra két részből áll. Az első időben le kell tenni a jelölti vizsgákat a második részben ki kell dolgozni a tudományos vezető irányításával a disszertációs témát.

Az első részben vizsgát kell tenni a filozófián kívül kómiából, könnyűfémek kohászatából, idegen nyelvből.

A disszertációs témát is megkaptam már, igen tartalmas és érdekes kérdés a kriolit-timföld-olvadék elektrolízisével kapcsolatban.

Jelenleg intenzíven dolgozom a Lenin-könyvtárban és az intézetben. A munka nyelvtanulás és vele egybekötve készülés a vizsgákra.

Igen keményen kell dolgoznunk, hogy eredményeket érjünk el. Rengeteg hiányosságot kell bepótolni mind szakmai, mind ideológiai téren. Ugyanekkor nálunk a nyelvi nehézség is jelentős. Kb. 400—500 oldal szakmai és ideológiai szöveget olvastam el oroszul, az olvasás mind könnyebb lesz.

Ami Bjeljajevet illeti, igen rokonszenves ember. A legmesszebbmenően segít mindenben. Fiatal — a mi intézetünk neveltje, amely három napja volt húszesztendő —, tehát 40 év körüli.

Persze nem csupán munkából áll az életünk. Moszkva gyönyörű, fejlődésben lévő, hétmillió város. Néhány nagyszerű kulturális eseményben volt már részünk. Újra megnéztük az Alexandrov-, Pjatyickij-együtteseket, új filmeket, színdarabokat. Múzeumok és kiállítások óriási tömege van itt.

Résztevője voltam a november 7-i felvonulásnak. Felejthetetlen élmény volt együtt vonulni a hatalmas tömeggel a politbiúró előtt. Az ilyen ünnepi alkalmakhoz hozzájárulnak a mindennapi élet olyan apróságai, amelyek felejthetetlenek lesznek egész életemben. Megismerem közről a kizsákmányolástól mentes szabad emberek örömteli életét. Itt közről látom, hogy mit jelent az a mondása Sztálin elvtársnak, hogy a Szovjetunió minden polgára egy fejjel magasabban áll, mint a kapitalista országok polgárai. Itt, velem szemben dolgozik a Lenin-könyvtárban egy fiatal aspiráns lány, akinek mind a két keze és egyik lába hiányzik. A szájába vett tollal ír, az ajkával lapoz. Mindig vidám, mosolyog. Hihetetlen erő, öntudat van a szovjet emberekben. Megacélozta őket a szocializmus építése és a Honvédő Háború. Nincs család, ahol ne volna halott.

Sokat sétáltunk a Vörös-téren a Kreml falai alatt. Ilyenkor az embert valami mély, ünnepi érzés fogja el. A mauzóleumban nyugszik a munkásosztály zseniális vezére, Lenin és a Kremlben ott lakik a drága Sztálin, a ma Leninje.

Mindez megacélozza az erőnket, hogy itt élünk, hogy szakmai, politikai, emberi fejlődésünk számára korlátlan lehetőségek nyíltak.

Persze ismételtelen olyan munkaerőfeszítéseket teszünk, amelyek otthon ismeretlenek voltak.“

ALUMÍNIUM

ALUMINIUM

A MAGYAR Bányászati és Kohászati Egyesület Alumínium Szakosztálya
és a Fémipari Kutató Intézet Folyóirata

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

27—29. szám

A bauxit előkészítés nevezéktana

DR. LANYI BÉLA

A kőzet összetételére, bányászatára vonatkozó összefoglaló munkaként *Vitális István* dokumentációját említjük, mint egyik első ilyen irányú magyarnyelvű közleményt.¹

A bányászott kőzet fizikai viselkedésére vonatkozó első összefoglaló munkának *Finkey József* két alapvető cikke számítható: a bauxitok szárításáról² és mágneses szeparációjáról³, valamint *Györki József*⁴ tanulmánya „A bauxitok-bauxitásványok dehidratizációjáról. Timföldgyártásunkkal kapcsolatosan kibővültek az előkészítő munkálatok, ezeknek nevezéktanát gyűjtötte össze az Intézet a jelen közleményben.

A bányából a kőzet „*bányanedves*“ állapotban kerül ki, vagy a hányóra, vagy továbbszállításra. A bányanedvesség az időjárás körülményei szerint lassan változik, a „*bányanedves*“ bauxitból keletkezik a „*szikkadt*“ bauxit. Ha a szikkadt bauxit tárolás, vagy szállítás közben megázik, nedvességtartalma túlhaladhatja a „*bányanedves*“ bauxitét is. Száraz időben, vagy a laboratóriumnak 20—25° C hőmérsékletén, 40—80 relatív nedvesség-százalékot mutató levegőjében a bauxit hosszabb-rövidebb idő múlva „*légszáraz*“ lesz.

A „*légszáraz*“ bauxit hajszálcsöveiben — pórusaiban — tartalmazza az ú. n. „*tapadó nedvesség*“-et, melyet 110°-os szárítószekrényben, a szemnagyságtól függő idő alatt ad le magából.

A „*bányanedvesség*“ + „*szikkadó nedvesség*“ + „*tapadó nedvesség*“ összegét „*összes nedvesség*“-nek nevezzük. Természetesen ha pl. csak „*tapadó nedvesség*“ van a bauxitban, akkor ez egyúttal az „*összes nedvesség*“-ként is szerepel.

A bauxit vegyi összetételét — ha más megjegyzéssel nem kísérjük analízisünk eredményét — mindig a 110°-on állandó súlyig „*szárított*“ bauxitra kell érteni.

„*Szárított*“ bauxit a laboratóriumi levegőből gyorsan szív magába nedvességet, ezért a szárított bauxit analitikai mérlegelése becsiszolt fedelű mérőedényben történhetik. Az üvegek nyitáskor és a mérőedénybe való adagoláskor a „*szárított*“ bauxit nedvességet vesz magába, ezért a mérlegelés előtt való kezelése határozottan súlyokat eredményez.

A „*légszáraz*“ bauxit adagolásakor a levegőn súlyát nem változtatja, nyitott edényben is mérlegelhető. Ha tehát elemzésre „*légszáraz*“ bauxitot használunk fel, külön próbából 110°-on állandó súlyig szárítva a „*tapadó nedvesség*“-ét is meghatározzuk.

A bauxit „*nedvesség*“-ét 110°-on állandó súlyig szárítva — a súlycsökkenésből és a bemérésből, százalékban szoktuk kifejezni:

$$\text{„Nedvesség“ \%} = 100 \frac{\text{súlycsökkenés gramm}}{\text{bemérés gramm}} \% \quad 1)$$

A bauxitot 1100—1200 foknyi hőmérséklet-határok között állandó súlyig izzítva, kapjuk mint súlycsökkenést, az „*izzítási veszteség*“-ét. Ha nedves bauxitot izzítunk, akkor a súlycsökkenésből a „*bruttó izzítási veszteség*“-et számíthatjuk ki, százalékban szoktuk kifejezni.

¹ Dr. Vitális István: Alumíniumvasércünk. Bány. Koh. Lapok. 1931. december.

² Finkey József: A bauxitok szárítása. Bány. Koh. Lapok. 1931. november.

³ Finkey József: Redukált bauxitok mágneses szeparációja. Bány. Koh. Lapok. 1939. augusztus.

⁴ Györki József: Bauxitok és bauxitásványok dehidratizációja. Földtani Közöny. 1931. LXI. kötet.

„Bttö izz. veszt.“ % = $100 \frac{\text{súlycsökkenés gramm}}{\text{bemérés gramm}}$ 2)

Ha „száraz“ bauxitot izzítottunk, akkor a súlycsökkenésből és bemérésből a „nettó izzítási veszteség“-et kapjuk. Minthogy a száraz bauxittal való analitikai mérlegelés az erőteljes nedvszívás miatt bizonytalan művelet, azért ha pl. „légszáraz“ bauxitból indultunk ki, akkor a „nettó izzítási veszteség“ %-át a következőképpen kell számítanunk:

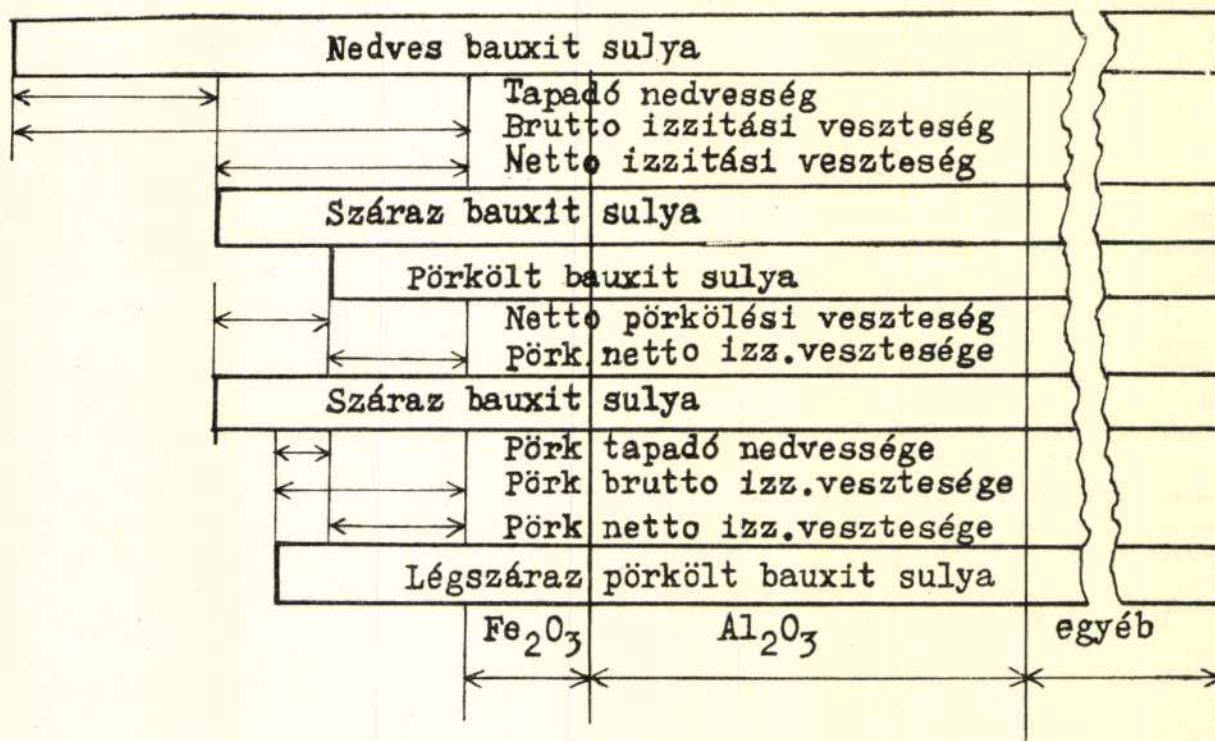
„nettó izz. veszt.“ % =
= bruttó izz. veszt. % $\frac{100}{100 - \text{tapadó nedvesség}}$ 3)

A „bruttó izz. veszt.“-et tehát mindig közvetlenül mérjük, a „nettó izz. veszt.“-et — ha csak nem dolgoztunk különleges elővigyázatos-

Ha laboratóriumi készülékben pörkölünk, akkor „bruttó pörkölési veszteség“ alatt értjük a „légszáraz“ bauxitnak azt a súlyvesztését %-ban kifejezve, mely adott ideig, meghatározott hőmérsékleten meghatározott jellegű légkörben áll elő.

Legegyszerűbb a helyzet, ha a pörkölésre oxidáló légkört használunk. Redukáló légkörben dolgozva a „bruttó pörkölési veszteség“-be a részleges redukció miatt eltávozó oxigén is beleértendő.

Üzemben pörkölve „üzemi pörkölési veszteség“-nek hívjuk a pörkölő kemencére az éppen jelen lévő nedvesség kíséretében feladott, de a „száraz bauxit“-ra számított súlyvesztését %-ban kifejezve, mely a „pörkölő kemencén“ megtett útjában a „száraz“ bauxitból hiányzik.



sággal „száritott“ bauxitból — mindig számítanunk kell.

A „bruttó izzítási veszteség“-ben a nedvesség kívül számottevően szerepel az ércben vegyileg kötött hidrogénből és oxigénből távozó víz, a karbonátok bomlásaként távozó CO₂, az elégés vagy bomlás következtében hiányzó szerves anyag, és az izzítás hőfokán megbomló szulfát, stb.

Az „izzítási veszteség“ meghatározása közösviszonyok között oxidáló légkörben történjék. Különleges bánásmódot kövessünk pl. mágneseles fajtázáshoz előkészített, redukálóan pörkölt bauxitoknál.

A timföldgyár raktárában lévő bauxitot 110°-nál magasabb hőmérsékleten, oxidáló, semleges, vagy redukáló légkörben „pörköljük“.

Az „üzemi pörkölési veszteség“ meghatározása, tekintettel arra, hogy az áthaladás folytonos és sem a bemenő „nyers bauxit“, sem a „pörk“ súlya könnyedén meg nem mérhető, próbáknak vegyi elemzése alapján határozandó meg. Az elvégzendő mérések csoportosítását egy másik cikk keretében ismertetjük.

A „száritás“ és „pörkölés“ közötti súlyváltozásokat, valamint a „pörk“-nek a tárolóban való nedvszívása miatt beálló súlyváltozásokat az 1. ábrán feltüntetett nomogramm mutatja, — ha a pörkölés nem redukáló atmoszférában történt.

Redukáló légkörben való pörkölés után, — ha a „pörk“ nem oxidálódott fel, a helyzet bonyolultabb, mint azt az 1. ábra feltünteti. Azonban az FeO-nak, vagy éppen fémes vas-nak a

vegyi meghatározása után ennek a műveletnek is tudjuk a hatását számítás útján érzékeltetni.

Oxidáló pörkölés vizsgálatánál is előnyös az $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Fe}_2\text{O}_3$ viszonyszám állandóságára támaszkodni. Redukáló pörkölés eredményét pedig leírhatjuk az $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Fe}_2\text{O}_3$, $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{FeO}$ és $\text{Al}_2\text{O}_3:\text{Fe}$ hányadosokból nyert összefüggések alapján.

Az 1. sz. ábra nomogrammján láthatjuk, hogy a „pörkölt bauxit“-ot vagy levegő nedvességétől elzártan, vagy szabadon hűthetjük le. Szabad levegőn lehűtve a pörk nedvességet szív magába.

A levegőtől elzártan lehűtött „pörk“-nek nincsen „tapadó nedvesség“-e, tehát 110° -os szárítószelekre nyben a súlya nem változik. 1100° – 1200° -ig kiizzítva kapjuk az ilyen „pörk netto izzártási veszteség“-ét.

Ha a „pörk“ a levegőből nedvességet szívott, akkor 110° -on „kiszárítva“ kapjuk a „pörk bruttó izzártási veszteség“-ét, és a két adatból számítjuk a „pörk nettó izzártási veszteség“-ét.

Összes számításainkat vonatkoztatjuk a „száraz bauxit“-ra, mint azt az 1. ábráról jól kivehetjük.

A „pörkölt bauxit“-ot „apritják“ és „megörlik“, vagy mindkét műveletet egyetlen „örló malom“-ban végzik el.

Az örlemény a „bauxit liszt“, melyet a „sűrű lóg“-ba „bekevernek.“

A „sűrű lóg“ fontosabb alkotórészei:

A „kausztkikus nátron“. Összegét jelenti Na_2O -ban kifejezve az oldatban lévő NaOH mennyiségének és az alumínát alakjában lekötött Na_2O mennyiségének. A „nátriumaluminát“ vegyi képletét ma NaAlO_2 -nek vesszük, a régebbi Na_3AlO_3 képlettel szemben.

A „kausztkikus nátron“ értékét általánosságban Na_2O g/literben,

a vegyi elemzés közben az $1 \times n$ savval való titrálás miatt Na_2O Val/liter-ben,

a „bekeverés“ szempontjai szerint pedig Na_2O g/mol/liter-ben számítjuk.

Második fontos alkotórész a „szóda“, vagy a „szóda alakban kötött nátron“, melyet Na_2CO_3 g/liter-ben, vagy az Na_2CO_3 -al egyenértéknyi Na_2O g/liter-ben mérünk. Tekintettel arra, hogy a jelenlegi autokláv hőmérsékleteknél a szóda a bauxitban lévő Al_2O_3 -at nem támadja eléggé, a „szóda nátron“-t nem számítjuk a „feltárási lóg“ aktív alkotórészéhez.

A vegyi elemzések alapján, számítás útján nyerjük a „szabad nátron“ mennyiségét, ha a „kausztkikus nátron“-ból levonjuk az „aluminát“-hoz kötött nátront. Kifejezése, mint előbb Na_2O -alakban g/liter, vagy g/mol/liter-ben történik.

Számítás útján nyerjük a „kötött nátron“ mennyiségét, ha meghatározzuk a lúgban lévő alumínattartalmat és kiszámítjuk, hogy az Al_2O_3 -ra a NaAlO_2 képletnek megfelelően mennyi Na_2O jut.

Összefoglalásként álljon a következő gondolatmenet. Ha a sűrűlúgban a főbb alkotórészek:

1. Na_2O 269 g/liter
2. Na_2CO_3 71 g/liter
3. Al_2O_3 94 g/liter

akkor ezeket a számokat 62-vel, 106-tal és 102-vel (az Na_2O , az Na_2CO_3 és az Al_2O_3 molekulásúlyai) osztva, kapunk

4,34	g/mol-nyi Na_2O /liter
0,67	„ Na_2CO_3 /liter
0,92	„ Al_2O_3 /liter értékeket

Tekintettel arra, hogy 1 g/mol-nyi Al_2O_3 , mint nátriumaluminát megköti 1 g/mol-nyi Na_2O -t, a

4,34—

0,92

„szabad nátron“ = 3,42 g/mol Na_2O /liter,

„kötött nátron“ = 0,92 g/mol Na_2O /liter

Üzemi lóg titrálásánál együtt kapjuk a „kausztkikus“- és „szóda nátront“-t. E két összetevő nevét „titrálható nátron“-nak, üzemi nyelven a szokásnak megfelelően „összes nátron“-nak hívják, jóllehet nincs benne pl. az a Na_2O mennyiség, amely többek között a szulfáthoz tartozik. Megkíséreltük erre a fogalomra a „lúgos nátron“ kifejezést használni, mely rövidebb, mint a „titrálható nátron“ kifejezés.

A „lúgos nátron“ mennyisége az előbbi számítás alapján:

4,34 Na_2O g/mol/liter, mint „kausztkikus nátron“

0,67 Na_2O g/mol/liter, mint „szóda nátron“

5,01 Na_2O g/mol/liter, mint „lúgos nátron“

vagy más, nem egészen helyes néven:

mint „összes nátron“.

Meg kell jegyezzük, hogy ez a nevezéktanunk csak a sűrű és a kikeverés alatt álló, valamint a besűrítésre kerülő lúgokra nézve elégti ki az üzemi elemzés pontosságát.

Dús trinátrium foszfát és vanadát tartalmú lúgok elemzésénél a „titrálható nátron“-ként kapjuk az ezekben foglalt nátronnak egy részét is, melyet a „kausztkikus nátron“ kiszámításánál ugyanúgy kell elbírálni, mint azt a „szóda“ nátronra nézve már ismertettük.

Az ismertett gondolatmenetből kiderül, hogy teljesen felesleges az $1 \times n$ oldattal való titrálások eredményét gramm/liter értékekre átszámítani, mert semmivel sem könnyebb elképzelni literenként 269 g Na_2O -t, mint a titráló burettáról közvetlenül le is olvasható 4,34 g/mol-nyi Na_2O -t literenként.

Különlegesen jól látszik ennek az elgondolásnak a helyessége a bauxit előkészítés további folyamataiban amikor pl. a sűrűlúgunk „molarány“-át, „molviszony szám“-át más néven „modulus“-át kell kiszámítanunk.

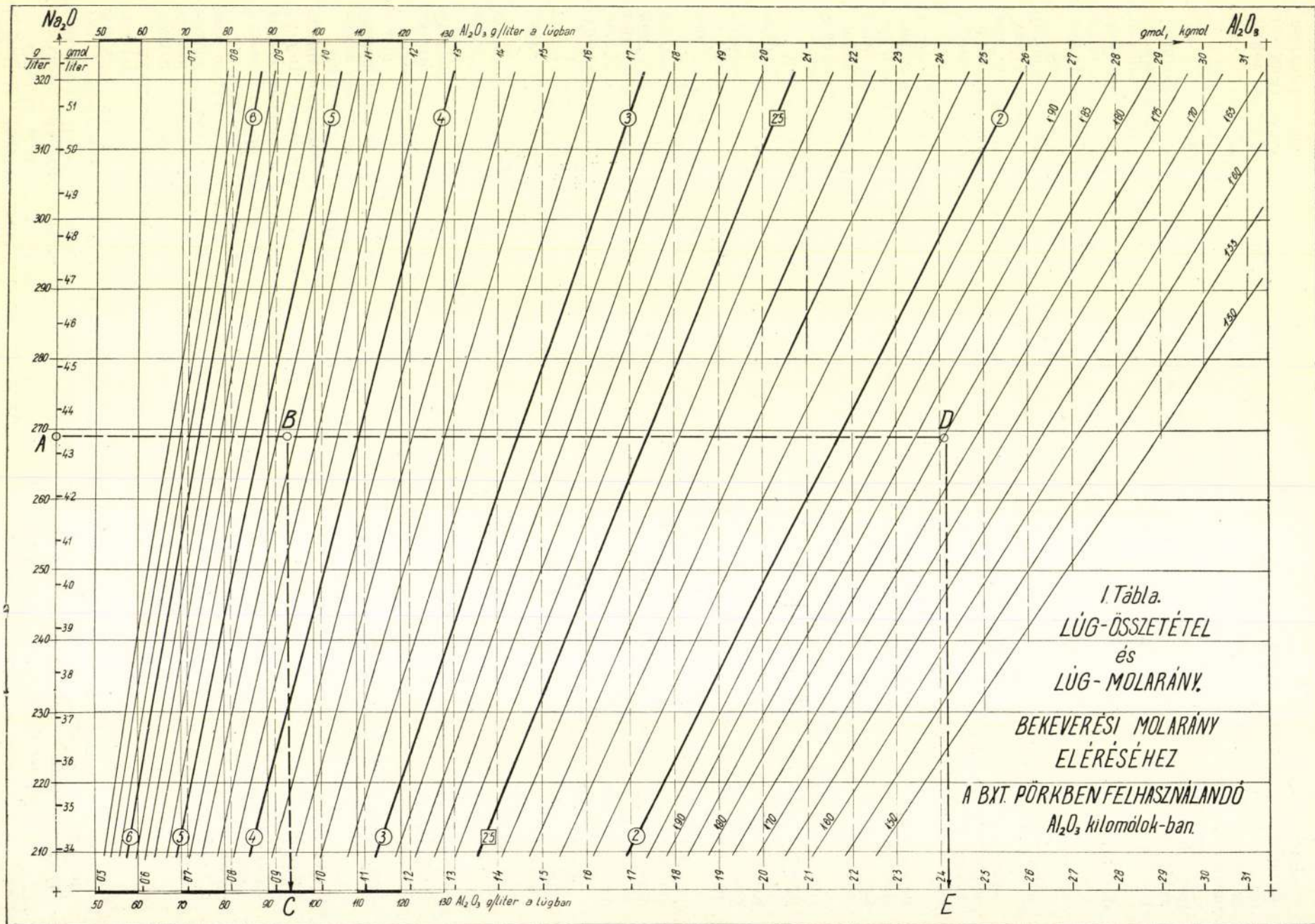
„Molarány“-nak nevezzük akár a lúgos oldatban, akár a „bekevert zagy“-ban lévő „kausztkikus nátron“ g/mol/liter, (kgmol/m³) mennyiségének és az Al_2O_3 g/mol/liter (kgmol/m³) mennyiségének a hányadosát.

Ezek szerint fenti összetételű „sűrű lóg“-unknál

$$M = \text{„molarány“} = \frac{\text{„kausztkikus nátron“ g/mol/liter}}{\text{Al}_2\text{O}_3 \text{ g/mol/liter}} = \frac{4,34}{0,92} = 4,71 \quad 4)$$

A „bekeverés“-hez tudnunk kell, hogy 1 m³-nyi előbbi összetételű „sűrű lóg“-ba, hány kg-nyi ismert összetételű „bauxit pörköt“ kell adagolni, hogy a „bekeverési molarány a zagy“-ban az általunk kiválasztott számérték legyen.

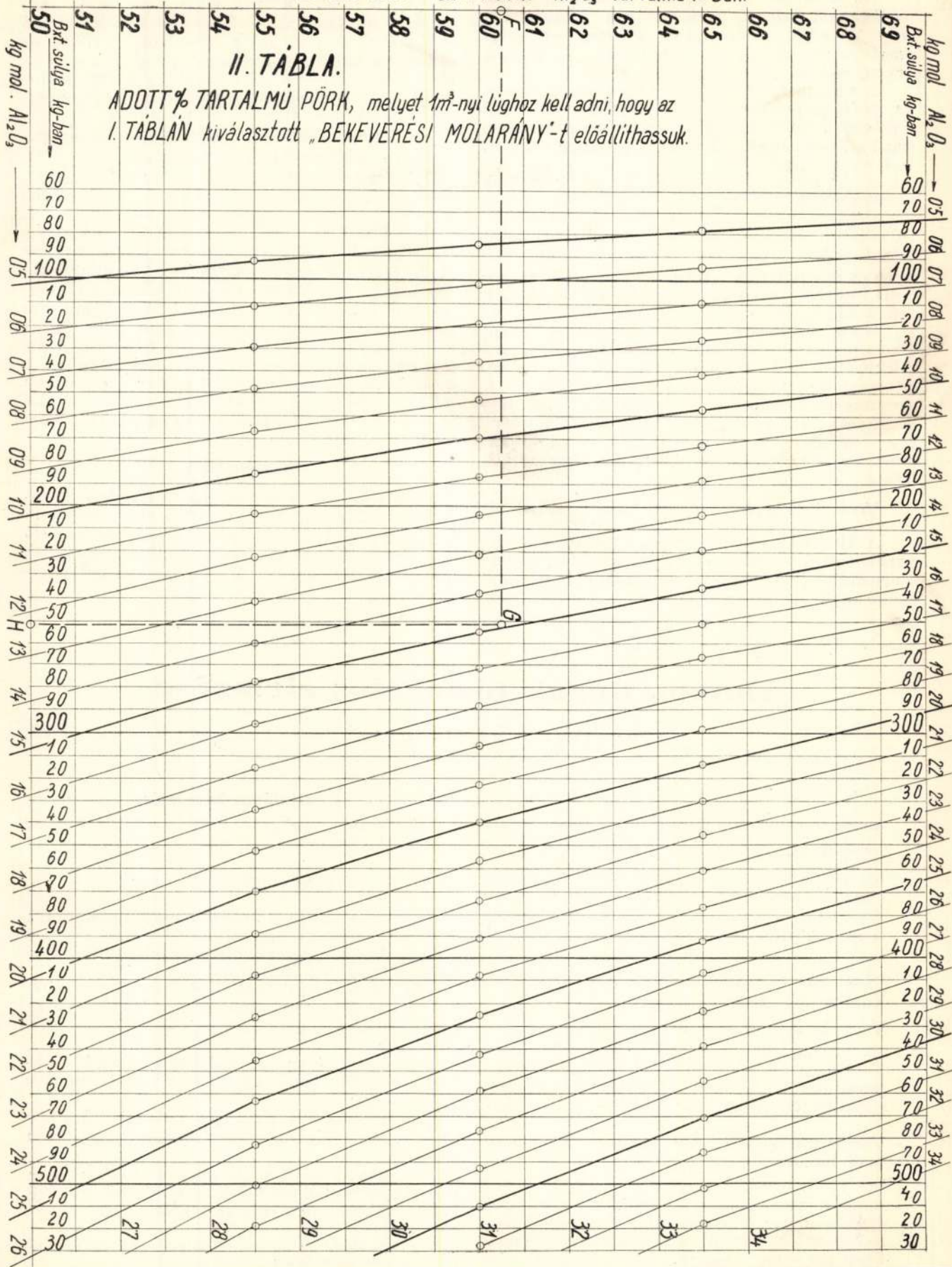
Ilyen számításra több példát közöltünk az Alumínium 1950. novemberi számában. Most két nomogramm táblát mellékelünk e számítások megtakarítása céljából. A nomogramm a



BEKEVERT BXT - BXT. PÖRK Al_2O_3 tartalma %-ban.

II. TÁBLA.

ADOTT % TARTALMÚ PÖRK, melyet $1m^3$ -nyi lúghoz kell adni, hogy az I. TÁBLÁN kiválasztott „BEKEVERESI MOLARÁNY”-t előállíthassuk.



25 cm-es logarléccel használva az üzemi pontosság elérésére alkalmas méretű.

Az I. táblán a baloldali ordinátán kettős léptékben található az üzemi lúg „*kausztikus Na₂O*” tartalma és pedig *g/liter*, valamint *gmol/liter* értékekben. (Ugyancsak e számok érvényesek kg/m^3 és kgmol/m^3 -nél is.)

A vízszintes abszcisszán teljes hosszúságban az Al_2O_3 *gmol/liter* léptékét látjuk, a baloldali részben pedig 50-től 130-ig számozva különlegesen az üzemi lúgban lévő Al_2O_3 *g/liter* értékeit is feltüntettük.

A ferde vonalak mentén a „*molarány*”-ok olvashatók le.

Példaképpen a már ismertetett „*sűrű lúg*”-ra nézve a vastagon pontozott vonalak — mint koordináták — a *B* pontban metszik egymást, a 4.6 és 4.8 molarányt jelentő ferde vonalak között. Interpolálással kapjuk a *B* pontra nézve a „*sűrű lúg molarány*”-át 4.71-nek.

Ha azt keressük, hogy ennek a sűrű lúgnak 1 m^3 -ébe hány kgmol -nyi Al_2O_3 -at kell — a pörkben lévőből — hozzámérni, hogy pl. a „*bekeverési molarány*” 1.80 legyen, akkor az *E* pontnak megfelelő 2.41-ből levonva a *C* pontnak megfelelő 0.92-t, kapjuk, hogy a szóbanforgó lúg 1 m^3 -éhez annyi pörköt kell adagolnunk, amelyben 1.49 kgmol -nyi Al_2O_3 van, mert ekkor lesz a

$$M_{bk} = \text{„bekeverési molarány”} = \frac{4.34}{2.41} = 1.80 \quad 5)$$

A II. tábla lehetővé teszi, hogy ha a bekeverésre váró bauxitot. — bauxit pörköt — meg-elemeztük, és pl. 60.5%-nyi Al_2O_3 -at találtunk benne, gyorsan kikeressük azt a kg -nyi pörk

mennyiségét, amelyben az 1.49 kgmol -nyi Al_2O_3 foglaltatik.

A II. táblán a függőleges koordináta mutatja a tárolóból a bekeverőbe kerülő bauxit pörknek a „*valódi Al₂O₃ tartalmát*”. (Tehát az automata mérlegen lévő anyag vegyi összetételéről van most szó, nem pedig pl. a 110°-on tapadó nedvességétől megszabadított pörk elemzési adatait kell figyelembe vennünk).

Példánk esetében *F* ponttal jelöltük meg a pörknek 60.5%-os Al_2O_3 tartalmát.

A ferde vonalak azokat a kgmol -nyi Al_2O_3 mennyiségeket mutatják (az ábra alsó és felső részén a vonalak végéhez írva), melyeket az I. táblán találtunk meg, mint bekeverendő súlyt. Ha pl. az I. tábla szerint 1.80-as „*bekeverési molarány*”-t akarunk elérni az 1.49 kgmol -nyi Al_2O_3 -al, akkor a ferde vonalak között a *G* pontot kell kijelölnünk, mely az 1.49-es kgmol -nyi Al_2O_3 -nak megfelel. Innen *H* pont felé vetítve leolvashatjuk, hogy 251 kg -nyi 60.5%-os Al_2O_3 tartalmú pörköt kell bekevernünk abba az 1 m^3 -nyi sűrű lúgba, mely 269 g/liter „*kausztikus nátron*”-t és 94 g/liter Al_2O_3 -at tartalmaz, — ha a „*bekeverési molarány*”-t 1.80-on akarjuk tartani.

Összefoglalás.

Ismertetésre került a bauxit előkészítés nevezéktana. Így az 1. ábrán lévő nomogrammon láthatók a szárítás és pörkölés közben előálló változások. Két nomogram pedig az üzemi és laboratóriumi bekeverés viszonyára ad felvilágosítást.

Aluminátlúgok térfogatos elemzése

Dr. ZOMBORY LÁSZLÓ és NAGY PÁL

Анализ алюминатного щелока титрованием.

Авторы: Др. Ласло Зомбори и Пал Надь:

Авторы сообщают сокращенный метод титрования с применением которого дается возможность по одной пробе определить содержание алюминатных щелков, Al_2O_3 и всех Na_2O (щелочных).

Über ein massanalytisches Verfahren zur Analyse der Aluminatlaugen.

Von L. Zombory und P. Nagy.

Es wurde ein abgekürztes massanalytisches Verfahren ausgearbeitet, welches zur Bestimmung des Al_2O_3 — und Na_2O Gehaltes der Aluminatlaugen — aus einer Probe — geeignet ist.

Volumetric method for analysis of aluminate liquors.

By L. Zombory and P. Nagy.

A shortened volumetric method has been developed for determining the alumina and sodiumoxide content of aluminate liquors from the same sample.

I. Általános bevezetés.

A timföldgyári aluminátlúg elemzésénél az alábbi alkatrészeket kell meghatározni:¹

1. Fontosabb alkatrészek:

a) Kötött nátron.* Jelenti a nátriumaluminát alakban lekötött nátriumoxid mennyiségét. Kiszámítható a meghatározott alumíniumoxid mennyiségéből a NaAlO_2 képlet segítségével;

b) kausztikus nátron. Nátriumoxidban kifejezett összege az oldatban lévő nátronlúg és az aluminát alakban lekötött nátriumoxid mennyiségeinek;

c) szódanátron. A nátriumkarbonát alakban lekötött ezzel egyenértékű nátriumoxid mennyisége;

d) titrálható vagy lúgos nátron. Jelenti a b) és c) alatt felsorolt kausztikus és szódanátron összegét;

e) szabad nátron. Megkapjuk, ha a kausztikus nátronból levonjuk az aluminát alakban kötött nátriumoxid mennyiségét;

* A továbbiakban nátron és nátriumoxid (Na_2O) jelzések azonos jelentésűek.

f) alumíniumoxid tartalom.

A d és f alkatrészeknek g/mol/l értékre való átszámítása és az így kapott adatok összevetése által számíthatjuk ki a timföldgyártásban olyan fontos „molarány“-t.¹

2. Járulékos (szennyező) alkatrészek.

Minden timföldgyári üzemi lúgban, a kiindulási bauxit összetételtől, az üzemmenettől, főleg pedig a feltárási rendszerben körfolyamatot végző nátronlúg felhasználási időtartamától függően kisebb-nagyobb mennyiségben megtalálhatók az alábbi, anionokban kifejezett szennyezők nátriumsó alakjában: $P O_4^{3-}$, VO_4^{3-} , CrO_4^{2-} , SO_4^{2-} , Cl^- , SiO_3^{2-} ; ezeken kívül a szerves szennyezők. Az említett vegyületek a foszfátok kivételével nem adnak olyan nátron mennyiséget, amely a feltárási rendszerben aktívan részt venne, ezenkívül a mennyiségük is, főleg új üzemeknél viszonylag igen csekély és a lúgban való felszaporodásuk is olyan lassú, hogy meghatározások nem minden üzemi próbából, hanem hosszabb időtartamra érvényes átlagpróbából történik.

A közelmúltban 3 dolgozat jelent meg az Alumínium Kutató Intézet részéről, melyek az alumínátlúgok elemzésével foglalkoznak. László Antal értekezése² az egészen új alapelveken felépülő *turbidimetrikus* alumínátlúg elemzést ismerteti. A már fent felsorolt nevezéktannal,¹ továbbá a színes indikátoros alumínátlúg-elemzésekkel³ foglalkozik Lányi B. két dolgozata, amelyekben két módosított térfogatós eljárást is leír.

Csak az alumíniumoxid tartalom meghatározására vonatkozó térfogatós eljárásokat tekintve, a következő nagyobb csoportokat különböztethetjük meg.

1. Az *alumíniumhidroxid leválasztásán* alapuló eljárások.⁴ Ezen meghatározásoknak az a lényege, hogy az alumíniumhidroxidnak lúgos alumínátoldatból savval való kicsapása, majd újra feloldása különböző pH értékeknél következik be. A meghatározások vagy savval vagy túlsavazás után lúggal való titrálással történnek. A titrálásoknál lefolyó változásokat a pH értékek és az indikátorok összefüggését szemléltetően tünteti fel dr. Lányi B. már említett dolgozatában³ között ábra. (Acidi és alkálimetriá.)

2. Olyan módszerek, amelyek az *alumíniumnak* a rendszerből *oldhatatlan alakban való kikapcsolásán* alapulnak. Utóbbi esetekben a felszabaduló egyenértékű vegyületek meghatározása adja a keresett alumíniumoxid értéket, vagy a kikapcsolt alumínát alkali semlegesítése miatt bekövetkező kisebb savfogyasztás. Ilyen módszerek:

a) alumínium kiválasztása, kénsavas oldatból ammóniumsulfáttal és alkohollal⁵ (acidi-alkálimetriá.)

b) alumínium kicsapása gyengén savas oldatból alkáli-oxaláttal⁶ (acidimetria és jodometria);

c) alumínium leválasztása káliumferrocianiddal⁷ (alkálimetriá.);

d) fluoridos módszerek,⁸ amelyek a savas alumíniumoldatból az alumíniumot semleges alkáli-fluorid oldattal csapják ki. Egy legújabb megjelent eljárás az eddig gyakorlatban legin-

kább használt túlsavazás és lúgos visszatitrálás szemben direkt savas titrálását ír elő (acidimetria).

3. Foszfátos módszerek;⁹ amelyek a különböző csapadékos térfogatós eljárásokhoz tartoznak.

4. Oxinos módszerek¹⁰ (bromometria és acidimetria).

5. Arzenátos¹¹ eljárás (jodometria).

6. Belucci és Luchesi által ismertett báriumkloridos¹² eljárás, amely szulfáttartalmú oldatokra van kidolgozva.

A felsorolt térfogatós eljárások elsősorban az alumínátlúgok alumíniumoxid tartalmának meghatározására szolgálnak. Kritikai szempontból közös hátrányuk:

a) az alumíniumoxid meghatározására mindig két párhuzamos elemzést kell végezni, amelyeknek összevetéséből számítják ki az alumíniumoxid tartalmát;

b) az alumínium amfotér tulajdonságai, másrészt az alumíniumhidroxid keletkezésekor és oldódásakor fellépő hidrolizises jelenségek a meghatározások pontosságát általában zavarják, amit bizonyít a kutatóknak az a sok értekezésben közzétett igyekezete, hogy megfelelő indikátorokat találjanak a fenti átmeneti pontok minél határozottabb rögzítésére;

c) általános jellegű hibákat okozhatnak a színes indikátorokkal dolgozó módszereknél, hogy a kivált csapadékok az indikátorokat adszorbeálják és így ugyancsak megzavarják az átmenetek élességét. (Természetesen ez alól kivételek az adszorbeációs csapadékos titrálási módszerek.)

A timföldgyári üzemekben leggyakrabban használt fluoridos módszer⁸ az alumínátlúgokban a fent említett 3 főalkatrészt 3 külön próbával határozza meg és pedig:

1. az összes (helyesen *lúgos*) nátront bromtimol indikátor jelenlétében való túlsavazás, forralás, majd lehűtés után lúggal való visszatitrálással;

2. az alumíniumoxidot a túlsavazott oldat káliumfluoriddal való elegyítése és felforralása után fenolftalein jelenlétében lúggal való visszatitrálással, illetve a 2. és 1. meghatározások összevetéséből;

3. a kausztikus- és szódanátront (ez utóbbit az 1. és 3. meghatározás összevetéséből) báriumkloriddal való forralás után a lehűtött oldatnak fenolftalein jelenlétében savval való titrálásával.

Az eredmények a pontos előírások gondos betartása mellett — a tapasztalataink szerint is — üzemi szempontból megfelelőek. Tekintve azonban, hogy mint említettük, 3 külön bemért oldatot használ, közben négyeszeri forralás és kétszeri lehűtés van, ezenkívül káliumfluorid elég nagy mennyiségben szükséges (kb. 2,5 g egy elemzéshez), indokoltnak láttuk egyszerűbb, megtakarítást biztosító térfogatós eljárás kidolgozását.

Hangsúlyozzuk, hogy az ugyancsak Intézetünk által kidolgozott turbidimetrikus eljárás² gyors, pontos és igen jó üzemi eredményeket ad. Miután azonban készülék kell hozzá, ennek esetleges hiányában gondoskodni óhajtott Intézetünk megfelelő térfogatós eljárás kidolgozásáról is. Ezenkívül az egyes hibaforrások kritikai kiértékelése is hiányzott az irodalmi és tapasztalati adatokból.

A módszer lényege a már említett dolgozatban¹ benne van, a részletezésre az alábbiakban térünk ki.

II. Kísérleti adatok

A módszeres meghatározásainkat lényegileg két részletben végeztük:

A) Az *elővizsgálataink* folyamán sorozatos kísérleteket végeztünk általunk készített tiszta ú. n. *törzs-aluminátlúggal*, amelynek összetétele kb. megfelelt egy timföldgyári sűrű lúgnak. Ez a törzsoldatunk azonban csak NaOH-t, Na₂CO₃-t és Al₂O₃-at tartalmazott. — Ezzel az oldattal végeztük el az alább ismertetett módszeres kísérletsorozatunkat.

B) A mesterséges törzslúggal végzett elemzésekéből levont eredmények alapján kialakult térfogatós módszerrel kísérletsorozatokat végeztünk *timföldgyári üzemi lúgokkal* és az ezekből kapott eredményeket kiértékelve állapítottuk meg térfogatós módszerünk végleges részleteit.

A) ELŐVIZSGÁLATOK.

A térfogatós meghatározások előtt a használt mérőedényeinket újra kalibráltuk.

A *mérőlombikok* térfogatát 20° C-os vízzel való méréssel határoztuk meg, figyelembevételül a 20° C-os víz sűrűségét és a légiüres térre való korrekciót.

A *pipettákat* először újra kalibráltuk, rajtuk feltüntetett hőfokos desztillált vízzel való ellenőrző méréssel. Ezután megállapítottuk, az általunk használt pipettáknál — a különböző aluminátlúgokra vonatkozólag — a pipettákból kicsurgó lúg súlyát és az utóbbit osztva a lúg fajsúlyával, megkaptuk a használt pipettából kicsurgó különböző lúg *térfogatát*. Ez utóbbi adatot *viszkozitási tényezőnek* neveztük el és, mint később még ismertetjük, ezt az egyes elemzések kiszámításánál figyelembe vettük. Az üzemi lúgok elemzésénél ezen viszkozitási tényezőt oly módon is ellenőriztük, hogy a pipettákból a lúgokat kikalibrált 0,1 ml-re besztott mérőcsőbe eresztettük bele és ily módon is megállapítottuk a pipettákból kicsurgó lúgok *térfogatát*.

Megjegyezzük még, hogy a mesterséges törzslúgjainkat a mérőlombikokban *tiszta parafinolaj* alatt tartottuk a karbonátosodás elkerülése céljából. A viszkozitást meghatározó méréseket is mérőüvegbe előre bemért parafinolajréteg alá való csepegtetés segítségével végeztük. A gyors karbonátosodást bizonyítja, hogy ugyanazon 10 ml-es, kétjeles hiteles pipettával dolgozva, a törzsaluminátlúgnál az egyes mérések a mérőüvegbe való becsurgatás és lemerés alatti időt (kb. 3—4 perc) figyelembe véve, a következő — szóda által okozott — különbséget adták:

Olaj alatt mérve 13,44 és 13,45 g
Olaj nélkül mérve 13,50 és 13,51 g.

A fajsúly- és térfogatmérési adatok mind 20° C-ra vonatkoznak.

1. Törzsnátronlúg készítése.

A törzsoldat készítéséhez lemértünk 370 g NaOH puris, in rot-t, amelyet 500 ml mérőlombikban oldottunk. (A lombik térfogata az ismertetett kalibrálásnál 499,75 ml-nek adódott,

így a további méréseknél kerekén 500 ml-t számoltunk.) A feltöltött törzslúg súlya 758,79 g, amelyből a fajsúly 1,518.

Ezen törzslúgunk összetételét Warder¹³ szerint hidegen titráltuk, a nátriumhidroxidot normálsavval, a szódatartalmat n/10 savval. Az eredmények a következők:

I.	II.
bemérve 1,4300 g törzslúg	1,4558
fogyasztás	
17,20 ml normálsav	17,50 ml normálsav
1,25 ml n/10 sav	1,30 ml n/10 sav

Fentiekb-1 az összetétel 500 ml törzslúgra a következőképpen adódik:

	I.	ké.	ké.
nátriumhidroxid	362,34 g	362,00 g	362,14 g
szóda	7,48 g	7,65 g	7,56 g
		összesen	369,73 g

Átszámolva fenti középértéket nátrium-oxidra: 500 ml-ben van

280,61 g Na₂O (mint NaOH)
4,43 g Na₂O (mint Na₂CO₃)

összesen: 785,04 g Na₂O

A fenti összetételből g/l-re átszámított mennyiség megfelel 570,08 g Na₂O/l értéknek.

2. Tiszta törzsaluminátlúg készítése.

500 ml-es normál lombikba bemértünk 379,51 g (250 ml) törzsnátronlúgot. Feloldottunk benne 25 g 99,99%-os alumíniumforgácsot oly módon, hogy üvegesővel meghosszabított 25 ml-es, gumidugóba dugott pipettával zártuk el az oldás alatt a normál lombikunkat, amely pipettába üvegyapapot és üvegyöngyöt tettünk, részint azért, hogy az oldatunk fel ne habozzék, másrészt, hogy a fejlődő hidrogén által magával ragadott lúgeszpeket fel fogjuk. Az alumínium teljes feloldása után az üvegesövet és az üvegyöngyös pipettát a mérőlombikba bemosztuk, a lombikot lehűtöttük és 20°-on 500 ml-re feltöltöttük. A teljes oldat súlya 680,62 g, amelyből *fajsúly* = 1,362.

Az előbbi számítások szerint az alumínát törzslúgunk tartalmaz:

181,14 g NaOH = 140,35 g Na₂O
(kauszikus nátron)
25,00 g Al = 47,25 g Al₂O₃
3,78 g Na₂CO₃ = 2,21 g Na₂O
(szódanátron)

Fenti eredményeket g/l-re átszámítva:
362,28 NaOH = 280,70 Na₂O¹ (kauszikus nátron)
7,56 Na₂CO₃ = 4,42 Na₂O (szódanátron)
összesen 285,12 g/l Na₂O (lúgos nátron)
50,0 g Al = 94,50 g/l Al₂O₃

3. Törzsaluminátlúg elemzése.

A törzsaluminátlúgból kétjelű hitelesített pipettával 10 ml*

* A hitelesített 1 és 10 ml-es pipettáinkból kicsurgó lúg/fajsúly-adat vagyis az előbb említett viszkozitási faktor a törzsaluminátlúgoknál a következő adatokat mutatja:

10×1 ml aluminátlúg súlya 13,0388 g. Fs = 1,362,1 ml-es pipetából kicsurog 0,957 ml alumínát törzslúg.
1×10 ml aluminátlúg súlya 13,5000 g, tehát a 10 ml-es pipetából kicsurog a 9,912 ml alumínát törzslúg.

oldatot kivéve, 100 ml-es mérőlombikba para-finolaj alá eresztettük, feltöltöttük és ebből a hígított alumínát törzslúgból 10 ml-t elemeztünk. Összehasonlítás céljából több ilyen hígított oldatot is elemeztünk.

a) *Összes Na₂O meghatározása elektroanalitikus módszerrel.*

A tiszta törzsalumínátlúgunk összes Na₂O-tartalmának meghatározására az Intézetünkben dr. Papp E. által kidolgozott nátronelemző eljárást¹⁴ használtuk a következő módon: a bemért 10 ml hígított alumínátlúg-oldatot metilvörös jelenlétében kénsavval túlsavaztuk, majd ammoniákkal az alumíniumhidroxidot kétszer lecsaptuk. A csapadékot forró ammónitrátos vízzel a kloridreakció eltűnésén lényegesen túl, sokáig mostuk. A szüredéket bepároltuk, az ammónsókat elűztük, a maradékot egész gyengén kiizzítottuk, forró vízben oldottuk, és a közleményben előírt módon, 110 V egyenárammal elektrolizáltuk. A katódtérből leboacsátott folyadékra fogyott 18,72 ml n/10. HCl, amely megfelel 0,2900 g Na₂O. Ez utóbbi érték jól egyezik a bemérésből számított 285,1 g/l értékkel.

b) *Alumíniumoxid meghatározása súly szerinti elemzéssel.*

13,0388 g törzsalumínátlúg-oldatot 100 ml-es mérőlombikban feltöltöttünk és e hígított lúg 10 ml-ből előzetes sósavas savanyítás után metilvörös-indikátor jelenlétében lecsaptuk ammóniumhidroxiddal az alumíniumhidroxidot. A csapadékot szűrés után oldottuk, újból lecsaptuk, kimostuk, majd kiizzítva mértük. A kapott alumíniumoxid-értékek

0,0905
0,0896
0,0906

középérték $0,2707 : 3 = 0,0902 \text{ g Al}_2\text{O}_3$

Az egész 680,62 g törzslúgra számolva, fenti középérték a viszkozitási tényező figyelembevételével megfelel 47,10 g alumíniumoxid/500 ml. G/l értékre átszámolva:

bemérésből számított érték 94,50 g/l Al₂O₃
súly szerint elemezve 94,20 g/l Al₂O₃

Az alumíniumforgács beméréséből minden elővigyázat ellenére származható különbségek figyelembevételével a két eredmény azonosnak vehető.

c) *Törzsalumínátlúg titrálása báriumkloridos módszerrel.*

A térfogatos meghatározások menete részletezve a következő volt: a pipettával kivett oldatot széles nyakú, 300 ml-es Erlenmayer-lombikban desztillált vízzel 100 ml-re felhígítottuk, majd a lombikot letakarva, az oldatot felforraltuk. Forrás után körkörös mozgattással 10 ml hidegen telített báriumkloridoldatot adtunk hozzá.* Ezután az oldatot még éppen fel-

*A hozzáadandó báriumklorid mennyiségét illetőleg számításunk a következő volt: a legtöbb nátriumoxidot tartalmazó sűrűlúg nátriumoxid tartalma, cca 0,32 g/ml. A Na₂O-BaCl₂ · 2 H₂O egyenlőalkáli alapján fenti mennyiségnek 1,26 g báriumklorid kr. felel meg. Mivel a báriumklorid oldatunk cca 26%-os, ez utóbbi mennyiség kb. 5 cm³ oldatban van feloldva. Feleslegekben ennek kétszeres mennyiségét vettük.

forraljuk, majd a levegő széndioxidjától védve, vízcsep alatt gyorsan lehűtjük és 3 csepp fenolftaleint adva hozzá, n. sósavval *cseppenként* elszíntelenedésig titráljuk. A fogyott normál-sav ml-inek száma a kausztikus nátron mértéke.

Fogyott A ml n. sav.

Ezután folytatólagosan addig adunk az oldatunkhoz n. HCl-at, amíg a csapadék feloldódott és az oldat tiszta lett. A savasság megállapítására 1—2 csepp metilnarancsal megfestettük az oldatot, majd a széndioxid elűzése céljából 2—3 percig forraltuk.

Fogyott B ml n. sav.

A forró oldatot lehűtöttük, további 4 csepp metilnarancsot adtunk hozzá és normál nátronlúggal visszatitráltuk a metilnarancs átmeneti színéig. Ez az átmeneti szín az egész meghatározásnak a legkényesebb pontja, amelyet ajándatos beállított színoldattal összehasonlítani. Az átmeneti pontig fogyott normál-lúg-mennyiség a fölös sav értéke.

Fogyott C ml n. lúg.

Az oldatot normál-lúggal tovább titráljuk, a színe sárga lesz, majd kiválik az alumíniumhidroxid csapadék. Folytonos erős keverés közben titrálunk. A lúgesepek hatására jelentkezik a fenolftalein vöröses színe, amely eleinte eltűnik, majd az átmeneti pontnál a sárga szín *élénk-vöröses sárga* lesz.

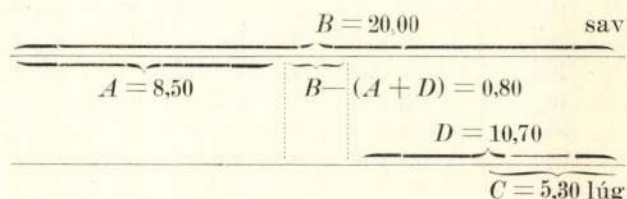
Fogyott D ml n. lúg.

A metilnarancs átmenete és a fenolftalein átmenete között fogyott lúg ml-inek száma az alumíniumoxid-tartalomnak a mértéke, figyelembe véve a dr. Lányi Béla dolgozatában említett és az alábbiakban még részletesen ismertetendő F átszámítási tényezőt.

Törzsalumínátlúgunk 10/100 hígítási oldatának 10 ml-ét titrálva pl. alábbi értékek adódtak:

színtelenedésig fogyott 8,50 ml n.HCl (A)
oldódásig fogyott 20,00 ml n.HCl (B)
metilnarancs átm. fogyott 5,30 ml n.NaOH (C)
fenolftalein átm. fogyott 10,70 ml n.NaOH (D)

A titrálás menetét sématicusan ábrázolva, a következő képet kapjuk:



A fenti ábrából világosan következik az elhasznált mérőfolyadék-mennyiségek kiszámítása, illetőleg megállapítása:

kausztikus nátron fogyaszt A ml n. savat,
Al₂O₃ fogyaszt D - C ml n. lúgot,
szóda fogyaszt B - (A + D) ml n. savat.

Az elhasznált mérőfolyadékok átszámítását törzsalumínátlúgunk esetében a következő egyenértékszámokkal végeztük:

1 ml n. sav = 40,00 mg NaOH = 31,00 mg Na₂O
1 ml n. lúg = 17,20 mg Al₂O₃ (lásd alább F tényező!)
1 ml n. sav = 53,00 mg Na₂CO₃ = 31,00 Na₂O

Tehát az ismertetett titrálás adatai a következő számszerű értékeket adják:

kausztkus nátron	= 0,2635 g Na ₂ O
Al ₂ O ₃	= 0,0929 g Al ₂ O ₃
szódanátron	= 0,0248 g Na ₂ O

A megfelelő viszkozitási tényezővel (9,912) átszámított g/l értékek a következők:

kausztkus nátron	265,8 g Na ₂ O
szódanátron	25,0 g Na ₂ O
lúgos nátron	290,8 g Na ₂ O
Al ₂ O ₃	93,7 g

d) *Lúgos Na₂O térfogatos meghatározása törzsaluminátlúgban.*

Törzsaluminátlúgoknak az ismertetett titrálási módszerünk alapján végzett elemzése a lúgos nátriumoxid-tartalomra a következő eredményeket mutatja. (Viszkozitási tényező minden esetben figyelembe van véve.)

1. táblázat

a) *Bemérve 1 ml törzsaluminátlúg*

Kísérlet	Kausztkus Na ₂ O	Szóda Na ₂ O	Lúgos Na ₂ O
1.	0,2769 g/ml	0,0113 g/ml	0,2882 g/ml
2.	0,2737 g/ml	0,0113 g/ml	0,2850 g/ml
3.	0,2688 g/ml	0,0162 g/ml	0,2850 g/ml
4.	0,2526 g/ml	0,0292 g/ml	0,2818 g/ml
5.	0,2559 g/ml	0,0292 g/ml	0,2851 g/ml
Közép- érték: g/l	265,6	19,4	285,0

b) *10 ml törzsaluminátlúg 100 ml hígítva és ez oldatból á 10 ml elemelve:*

1. sorozat

1a.	0,2783 g/ml	0,0125 g/ml	0,2908 g/ml
2a.	0,2565 g/ml	0,0344 g/ml	0,2909 g/ml
3a.	0,2658 g/ml	0,0250 g/ml	0,2908 g/ml
4a.	0,2720 g/ml	0,0187 g/ml	0,2907 g/ml
5a.	0,2752 g/ml	0,0156 g/ml	0,2908 g/ml
K.-ért. g/l	269,6	21,2	290,8

2. sorozat

1b.	0,2658 g/ml	0,0219 g/ml	0,2877 g/ml
2b.	0,2627 g/ml	0,0250 g/ml	0,2877 g/ml
3b.	0,2627 g/ml	0,0250 g/ml	0,2877 g/ml
4b.	0,2532 g/ml	0,0344 g/ml	0,2876 g/ml
5b.	0,2596 g/ml	0,0238 g/ml	0,2894 g/ml
6b.	0,2721 g/ml	0,0156 g/ml	0,2877 g/ml
K.-ért. g/l	262,7	25,3	288,0

3. sorozat

1c.	0,2752 g/ml	0,0140 g/ml	0,2892 g/ml
2c.	0,2658 g/ml	0,0250 g/ml	0,2908 g/ml
3c.	0,2642 g/ml	0,0266 g/ml	0,2908 g/ml
K.-ért. g/l	268,4	21,9	290,3

A fenti értékekből a lúgos nátriumoxidra adódó mérlegelt középérték:

288,3 g/l.

Amint a mellékelt I. táblázatból látható, a lúgos Na₂O az összes kísérleteknél egymástól

vagy a mérlegelt középértéktől alig eltérő, illetve pontosan *megismételhető* adatokat szolgáltat.

Összevetve a már korábban ismertetett bemérési, valamint elektrolitikus úton kapott értékekkel, a következő eredményt kapjuk:

lúgos Na ₂ O bemérésből	285,12 g/l
lúgos Na ₂ O elektroanal.	290,00 g/l
lúgos Na ₂ O titrálva	288,30 g/l

Amint az eredményekből látható, a lúgos nátron különböző meghatározásokkal kapott adatai jól egyeznek.

A lúgos nátron egyező eredményein belül azonban a kausztkus és a szódanátron-tartalmakra vonatkozó adatok eltérőek, amely eltérés különösen viszonylag a szódanátronnál nagy. Ismételjük azonban, hogy a lúgos nátron-érték *állandó* lévén, a szódanátron eltérése természetesen kiegyenlítődik a kausztkus nátron eredményének változásában. Az utóbbi tény közelebbi vizsgálatának céljából az alábbi kísérletsorozatokot végeztük:

Pontosan ismert nátriumkarbonát- és nátriumhidroxid-tartalmú oldatot készítettünk, amelynek az összetevőit Cl. Winkler¹⁵ szerint megtitráltuk. Ezenkívül az oldat CO₂, illetőleg az utóbbiból *kiszámítható* szóda tartalmát az Intézetünk által szerkesztett és ismertetett¹⁶ szervesanyag-meghatározóval is ellenőriztük. A szódaelemzések menete a következő volt:

a) a szervesanyag-meghatározó készüléket nitrogén (vagy a szénsavtartalmától megtisztított levegő) árammal átöblítettük. A bontóedénybe bemért aluminátlúgot 1/1 arányú kénsavval bontottuk meg. A CO₂-öt, kiforralva, nitrogéngázzal áthajtottuk baritlúgba, amely egy zárt üvegesóban jénaí üvegből készült szűrő felett van elhelyezve. A kivált báriumkarbonátot a szűrő segítségével felfogtuk, forró vízzel kimostuk, majd lemért mennyiségű n/10 HCl-ban feloldottuk. Kimosott edénybe leszívtuk az oldatot kiforraltuk, lehűtöttük és n/10 nátronlúggal visszatitráltuk. A kapott eredmények alapján ezen szódaoldatunk összetétele:

20,40 g Na₂CO₃/l
1,80 g NaOH/l

Az oldatunkat azért lúgosítottuk túl, hogy a hidrokarbonát keletkezését elkerüljük, amely a nem lúgosított szódaoldatban a tapasztalataink szerint is bekövetkezett.

A titrálendő oldatunk készítéséhez 100 ml-es mérőlombikba bemértünk:

a) 13,4560 g (10 ml) törzsaluminátlúg-oldatot, amely tartalmazott
2,7800 g Na₂O-t a kausztkus NaOH-tartalommal,

0,0128 g Na₂O-t a szódatartalommal;

b) hozzáadtunk a lúgoldathoz a fent ismertetett szódaoldatból 50 ml-t, amellyel bevittük az oldatba:

0,0698 g Na₂O-t a NaOH-tartalommal,
0,6140 g Na₂O-t a szódatartalommal.

Az oldatot parafinolaj alatt 100 ml-re feltöltöttük. Ezen oldatból tehát 10 ml-t tartalmazó bemérési adatokból számítva:

0,2850 g Na₂O-t kausztkus NaOH-ból,
0,0627 g Na₂O-t szódaól,

összesen 0,3477 g Na₂O-t lúgos nátronalakban.

c) ellenőrzésképpen az oldalt 10 ml-ében meghatároztuk a karbonáttartalmat a már említett szervesanyag meghatározó készülékében.¹⁶ Fogyott 20,40 ml n/10 sav, amely átszámítva megfelel 0,1081 g nátriumkarbonátnak, azaz 0,0632 g nátriumoxidnak, szemben a bemérésből számított 0,0627 g-mal, tehát az értékek jól egyeznek.

d) Ugyancsak 10 ml oldatot megtitráltunk az ismertett térfogatos eljárással. Az eredmények a következők:

	I.	II.	k. é.
kausztikus nátron	0,2780 g	0,2752 g	0,2766 g
szódanátron	0,0712 g	0,0751 g	0,0731 g
lúgos nátron	0,3492 g	0,3503 g	0,3497 g

tehát a *lúgos nátron* érték jól egyezik a bemérésből számított 0,3477 g értékkel.

e) Kísérletek mesterséges szennyezéssel.

Annak eldöntésére, hogy az üzemi lúgokban mindig előforduló járulékos alkatrészek által lekötött nátriumoxid mennyiség mennyiben befolyásolja a lúgosnátron meghatározást, az alábbi kísérletet végeztük:

Készítettünk egy olyan oldatot, amelyben egy ismert üzemi sűrű lúg szennyezéseinek megfelelő alkatrészek szerepeltek és pedig: nátrium-szulfát, nátriumszilikát, titándioxid, nátriumhidrofoszfát, nátriumvanadát, nátriumkromát és ezenfelül a szerves anyagot karamellizált cukor formájában vittük be a rendszerbe. Ezen oldatban a fenti alkotórészek az üzemi lúgban talált mennyiségben szerepeltek. Ebből az oldatból adtunk a törzsaluminátlúgunk lemért részéhez bizonyos mennyiségeket és azután az ismertett módszerünk szerint titráltuk az így kapott szennyezett oldatot. Meghatároztuk magának a szennyező oldatnak a sav fogyasztását is és ezt az eredményt összevetettük a kapott titrálási adatokkal. Az összes és jól reprodukálható meghatározások középértéke a törzsaluminátlúg 10 ml-ére és a bevitt szennyező oldat 1 ml-ére vonatkoztatva a következő adatokat mutatja:

10 ml törzsaluminátlúg fogyaszt	8.90 ml n.sav
1 ml szennyezőoldat	0.50 ml n.sav
11 ml kevert oldat	9.45 ml n.sav

tehát az általunk használt összetételben a meghatározás az üzemi megkívánt pontosságon ($\pm 0,1$ ml) belül van.

f) Alumíniumoxid meghatározása törzsaluminátlúgban.

Mint már fentebb említettük, az Al_2O_3 értéket a túsavazott aluminátlúg visszatitrálásával határozzuk meg, és pedig a főlös savat jelző metilnarancs átmenettől a további n/lúggal való titrálás után jelentkező fenolftalein színváltozásig. Dr. Lányi Béla említett dolgozatában³ részletesen kifejtette, hogy a fenti indikátorok átmenete miért nem esik teljesen egybe az alumíniumhidroxid tényleges kiválásának kezdeti- és végpontjaival. Miután azonban e két átmenet lerögzítése kellő begyakorlással jól ismételtető és egyező értékeket ad, az egyes típuslúgoknál meg kell állapítani a gravimetrikus úton meghatározott Al_2O_3 tartalom és az ugyanolyan mennyiségű lúg titrálásánál

fogyott mérőfolyadék térfogatának összevetése által az illető lúg alumíniumoxid tartalmának az ismertett térfogatos eljárással való meghatározásánál használható *F átszámítási tényezőjét*.³ Ez utóbbi természetesen eltérhet a stöchiometrikusan számított 0,017/ml n. sav átszámítási tényezőtől.

A g/l értékre való átszámítás céljából az alumíniumhidroxid kiválásánál fogyott mérőfolyadék térfogatát itt is átértékeljük a viszkozitási tényezővel és az így kapott térfogatot (ml korr.), amely megfelel a *tényleges* I vagy 10 ml lúg mérőfolyadék fogyasztásnak, sokszorozzuk a fent jelzett *F* átszámítási tényezővel. Az *F* tényező a törzsaluminátlúgnál következőképpen adódott: súly szerinti elemzéssel kapott Al_2O_3 érték 0,0942 g/ml. A 10 ml hígított lúg titrálására fogyott n. lúg korrigált középértéke 5,49 ml, amelyből $F = 0,0172/ml$.

A fentiek alapján kiszámított eredmények a következők:

2. táblázat

a) 1 cm³-es¹⁶ bemérések

Kísérlet	Fogyott ml	ml-kor	Al_2O_3	
			titr.	grav.
1.	5,30	5,54	0,0953	0,0942
2.	5,20	5,43	0,0934	0,0942
3.	5,25	5,49	0,0944	0,0942
4.	5,30	5,54	0,0953	0,0942
5.	5,25	5,49	0,0944	0,0942

Középérték: grav. 94,20 g/l
titr. 94,50 g/l

b) 10/100/10 ml-es bemérések

1a.	5,40	5,45	0,0937	0,0942
2a.	5,35	5,40	0,0929	0,0942
3a.	5,45	5,50	0,0946	0,0942
4a.	5,45	5,50	0,0946	0,0942
5a.	5,45	5,50	0,0946	0,0642
1b.	5,40	5,45	0,0937	0,0942
2b.	5,40	5,45	0,0937	0,0942
3b.	5,40	5,45	0,0937	0,0942
4b.	5,40	5,45	0,0937	0,0942
5b.	5,40	5,45	0,0937	0,0942
6b.	5,40	5,45	0,0937	0,0942
1c.	5,45	5,50	0,0946	0,0942
2c.	5,30	5,35	0,0920	0,0942
3c.	5,35	5,40	0,0929	0,0942

Középérték: grav. 94,20 g/l
titr. 93,70 g/l

Az összes törzsaluminátlúgokra vonatkoztatott térfogatos Al_2O_3 meghatározások mérlegelt középértéke 93,95 g/l Al_2O_3 .

Az utóbbi számot összevetve a fentebb már ismertett eredményekkel, a törzsaluminátlúgunk alumíniumoxid tartalmára vonatkozólag a következő összehasonlító középértékeket kapjuk:

Al_2O_3 bemérésből számítva	94,50 g/l
Al_2O_3 súly szerinti elemzésből	94,20 g/l
Al_2O_3 térfogatos elemzésből	93,95 g/l

Az összehasonlító elemzéseket elvégeztük *mesterséges szennyezéssel* kevert törzsaluminát-

lúgoldattal is. A meghatározások szerint a fogyasztott normál mérőfolyadék középértékben 5,45 ml, amely megfelel 93,70 g/l Al_2O_3 -nak, tehát az eredmény jól egyezik a szennyezetlen törzsaluminátlúg Al_2O_3 tartalmával (93,95 g/l).

B) ÜZEMI ALUMINÁTLÚGOK ELEMZÉSE

Az ismertetett szintetikus lúgokkal végzett elővizsgálatok után sorozatos meghatározásokat végeztünk timföldgyári üzemi lúgokkal. E meghatározásokat a törzsaluminátlúgnál részletezett eljárás szerint egyrészt közvetlen 1 ml-es bemérésekből, másrészt 10 ml üzemi lúg 100 ml-re hígított oldatának 10 ml-es részleteiből való titrálásokkal végeztük. A már többször említett viszkozitási tényezőket a titrálási eredmények kiszámításánál — g/ml, illetve g/l mennyiségekre — mindig figyelembe vettük.

1. Üzemi lúgok lúgos Na_2O tartalma.

Az üzemi lúgokkal végzett meghatározások adatai a kausztikus-, szóda- és lúgos nátronra vonatkozólag az alábbi III. táblázatban vannak összefoglalva.

3. táblázat

Bemérve ml	Kausztikus Na_2O	Szóda Na_2O	Lúgos Na_2O g/ml
1 ml	0,1227	0,0097	0,1324
1 ml	0,1227	0,0129	0,1356
10 ml	0,1110	0,0203	0,1313
10 ml	0,1032	0,0250	0,1282
10 ml	0,1063	0,0219	0,1282
K.-ért.: g/l	113,2	17,9	131,1
Dorr II.			
1 ml	0,0487	0,0025	0,0512
1 ml	0,0493	0,0025	0,0518
10 ml	0,0490	0,0037	0,0527
10 ml	0,0496	0,0031	0,0527
10 ml	0,0484	0,0043	0,0527
K.-ért. g/l	49,0	3,2	52,2
Sűrű lúg			
1 ml	0,3083	0,0130	0,3213
1 ml	0,3051	0,0097	0,3148
10 ml	0,3002	0,0219	0,3221
10 ml	0,2971	0,0219	0,3190
10 ml	0,2908	0,0266	0,3177
K.-ért. g/l	300,1	18,6	318,7
Kikeverés előtt			
1 ml	0,1130	0,0169	0,1291
1 ml	0,1130	0,0226	0,1356
10 ml	0,1188	0,0156	0,1344
10 ml	0,1157	0,0282	0,1439
10 ml	0,1095	0,0282	0,1377
K.-ért. g/l	114,0	22,1	136,1
Kikeverés után			
1 ml	0,1326	0,0160	0,1486
1 ml	0,1390	0,0080	0,1470
10 ml	0,1316	0,0133	0,1449
10 ml	0,1368	0,0102	0,1470
10 ml	0,1376	0,0094	0,1470
K.-ért. g/l	135,5	11,4	146,9

Fenti üzemi lúgok lúgosnátron tartalmának megállapítása után, mint már említettük, külön meghatároztuk az illető lúg CO_2 tartalmát, amelyet átszámítottunk szódára, illetve Na_2O -ra.

Az eredmények a következők (g/l értékben):

Üzemi lúg	Szóda	Na_2O
Dorr I.	4,20	2,50
Dorr II.	2,00	1,20
Sűrű lúg.	7,70	4,50
Kikeverés előtt . . .	3,70	2,20
Kikeverés után . . .	3,70	2,20

A titrálással kapott, valamint a fent felsorolt értékeket összevetve, az alábbi eredményt kapjuk g/l:

Üzemi lúg	Lúgos nátron	Szódanátron		Kausztikus nátron	
		titr.	tényl.	titr.	tényl.
Dorr I.	131,10	17,90	2,50	113,20	128,00
Dorr II.	52,20	3,20	1,20	49,00	51,00
Sűrű lúg	318,70	18,60	4,50	300,10	314,30
Kikeverés előtt . .	136,10	22,10	2,20	114,00	133,90
Kikeverés után . .	146,90	11,40	2,20	135,50	144,70

Az utolsó rovat adatait úgy kaptuk, hogy a titrálással kapott lúgosnátron tartalmából levontuk a külön meghatározott szódanátron mennyiséget. Ez az érték a helyes és figyelembeveendő kausztikus Na_2O érték!

2. Üzemi aluminátlúgok Al_2O_3 tartalmának meghatározása.

Mint a törzsaluminátlúgunknál, a megelemezett üzemi aluminátlúgokra vonatkozólag is megállapítottuk, a fent ismertetett F átszámítási tényezőt. Ezen célból az üzemi lúgoknál súlyszerinti elemzéssel megállapítottuk az alumíniumoxidtartalmat, a viszkozitású tényező figyelembevételével megállapítottuk a súlyszerinti elemzéshez használt aluminátlúg alumíniumoxid tartalmának meghatározásához fogyott normálúg milliliterjeinek számát, a két érték viszonyából adódott az elemzett lúgnak megfelelő F tényezője.

A gravimetrikus alumíniumoxid érték meghatározására az aluminátlúgnak metilvörössel történő megsavanyítása után ammoniákkal leválasztottuk az alumíniumhidroxidot, a csapadékot feloldottuk és újra leválasztottuk, szűrtük, forró ammonitrátos vízzel a klorid reakció eltűnéséig mostuk, majd 1200°-on állandó súlyig izzítottuk.

Összehasonlítás céljából a fenti meghatározásokat megismételtük az o-oxichinolinosis gravimetrikus módszerrel is.¹⁷ A kapott eredmények az általunk vizsgált üzemi lúgoknál jól egyeztek. Olyan üzemi lúgoknál azonban, amelyeknek a foszfáttartalma 0,1 g/l-nél több, véleményünk szerint ajánlatos az F faktort az o-oxichinolinosis módszerrel meghatározni.

Lugfajta	Fogyott ml/korr.	ml × 0,017	Grav. Al ₂ O ₃	F
Dorr I. . . .	6,30	0,1071	0,1165	0,0185
Dorr II. . . .	12,10	0,2057	0,2214	0,0183
Sűrű lég . .	6,39	0,1086	0,1182	0,0185
Kikev. előtt .	5,21	0,0903	0,0982	0,0185
Kikev. után .	6,08	0,1034	0,1125	0,0185

A fentiek alapján kiszámított és összeállított eredmények a következők:

4. táblázat

Dorr. I. (1 és 10/100 10 ml-es bemérések)

Kísérlet	Fogyott ml	ml korr.	Al ₂ O ₃	
			titr.	grav.
1.	6,00	6,25	0,1156	0,1165
2.	6,10	6,35	0,1175	0,1165
3.	6,40	6,46	0,1195	0,1165
4.	6,45	6,51	0,1204	0,1165
5.	6,40	6,40	0,1195	0,1165

Középérték: grav. 116,50 g/l
titr. 118,50 g/l

Dorr. II. (5×1 és 50/100/10 ml bemérések)

1.	11,50	11,73	0,2147	0,2214
2.	11,70	11,94	0,2185	0,2214
3.	12,00	12,10	0,2214	0,2214
4.	12,00	12,10	0,2214	0,2214
5.	12,00	12,10	0,2214	0,2214

Középérték: grav. 44,28 g/l
titr. 43,90 g/l

III. Sűrű lég (1 és 10/100/10 ml² bemérések)

1.	6,10	6,39	0,1182	0,1182
2.	6,10	6,39	0,1182	0,1182
3.	6,10	6,46	0,1195	0,1182
4.	6,30	6,36	0,1177	0,1182
5.	6,30	6,36	0,1177	0,1182

Középérték: grav. 118,20 g/l
titr. 118,20 g/l

IV. Kikeverés előtt (1 és 10/100/10 ml bemérések)

1.	5,10	5,31	0,0982	0,0982
2.	5,10	5,31	0,0982	0,0982
3.	5,20	5,25	0,0971	0,0982
4.	5,30	5,35	0,0988	0,0982
5.	5,20	5,25	0,0971	0,0982

Középérték: grav. 98,20 g/l
titr. 97,90 g/l

V. Kikeverés után (2×1 és 20/100/10 ml bemérések)

1.	5,90	6,08	0,1125	0,1125
2.	5,90	6,08	0,1125	0,1125
3.	6,00	6,05	0,1119	0,1125
4.	6,00	6,05	0,1119	0,1125
5.	6,00	6,05	0,1119	0,1125

Középérték: grav. 56,25 g/l
titr. 56,08 g/l

Amint a fenti táblázatban közölt adatokból látható, a térfogatoss elemzések egyenkénti, valamint középértékei is a megadott számítási mód felhasználásával, egymás között, valamint a

súlyszerinti elemzéssel kapott alumíniumoxid-tartalommal jól egyeznek.

III. Összefoglalás.

A fent felsorolt részletes kísérleti adatok kiértékelése után az alábbi eredményeket vonhatjuk le:

1. Az ismertetett eljárással jól megismételhető és egyező eredményekkel sikerült az alumínátlúgok alumíniumoxid és lúgos nátron tartalmát *egy próbából* meghatározni, szemben az eddigi általában két beméréses üzemi meghatározásokkal.

2. Alumínátlúgok *alumínátoxid*-tartalmának térfogatoss meghatározása az általunk ismertetett módszerrel jó eredményeket ad. Előfeltétel, hogy az egyes lúgtípusokra megállapítandó a vonatkozó *F tényező*, amely az illető lúg azonos mennyiségből súlyszerinti elemzéssel kapott alumíniumoxid-tartalom és a térfogatoss elemzésnél fogyott mérőfolyadék térfogatának a viszonyából adódik. A térfogatoss meghatározásoknál adódó mérőfolyadék térfogata átértékelendő a g/l érték kiszámítása céljából az egyes lúgok különböző *viszkózitása* folytán előálló, térfogatkülönbségeket jelző *tényezővel*.

3. Az ismertetett eljárással jól megismételhető eredményekkel és megfelelő üzemi pontossággal meghatározható az alumínátlúgoknak *lúgos Na₂O-tartalma*, amely a főlös lúg, a nátriumaluminát és a szóda egyesített Na₂O-tartalmából tevődik össze.

4. Az alumínátlúgokban lévő *szóda* mennyisége *külön* próbából határozandó meg. *A kapott értéket nátriumoxidra átszámítva és ez utóbbit 3. pontban említett lúgos nátriumoxidértékből levonva, kapjuk az ú. n. kausztikus nátronértéket.*

A 3. és 4. pontokban összefoglaltakból is kitűnik, hogy az ismertetett módszerrel sem sikerült az alumínátlúg *szódatartalmának* a kívánt pontosságú *térfogatoss* meghatározása. Éppen ezen tény elméleti megfontolása alapján állapítjuk meg a szódatartalmat külön próbából.

A fent ismertetett BaCl₂-os eljárás további egyszerűsítésére vonatkozó kísérletek jó eredményekkel *folyamatban* vannak.

Kísérleteinket a Magyar Alumínium- és Könnyűfémipari Kutató Intézet Vegyészeti Osztályának a Műszaki Egyetem Elektrokémiai Intézetében elhelyezett laboratóriumában végeztük. Ezúton is őszinte köszönetünket fejezzük ki dr. Lányi Béla ny. r. tanár úrnak és dr. Papp Elemér műegyetemi m. tanár úrnak, a munkánk iránt tanúsított állandó, szíves érdeklődéséért és az eljárásunk kidolgozása közben adott számos értékes tanácsaikért.

IRODALMI ÖSSZEFOGLALÁS.

1. Dr. Lányi Béla Kohászati Lapok, Alumínium 3. — 1951.
2. László A. Bányászati és Kohászati Lapok, Alumínium 11. 241. 1949.
3. Dr. Lányi B. Bányászati és Kohászati Lapok Alumínium 1, 11, 1951.
4. K. G. Bayer Ch. Z. 14.736. 1890. — G. Lunge J. Szoc. Chem. Ing. 10.341. 1891. — F. Winteler Die Alumínium Industrie 41, 1903 — V. P. Semljanitzyn Legkih Metalov 3, 11, 1934. — S. A. Tolkačeff és J. G. Titova Chimicesky Zsurnal 8, 1271, 1935. — N. J. Bogolepov Legkih, Metalov 5, 22, 1936. — M.

- N. Khoroshkin Acta Univ. Voronegiensis 11. 3. 1939.
Th. Eder C. Anal. Chem. 111, 399, 1940.
5. T. Beilstein und Th. Grosset Bl. Acad. Sci. Petersb. 29, 75, 1890. — V. N. Ivanov J. Russ. Ges. 45. 5. 1913. — J. Otsuka J. Soc. Chem. Ind. Japan 39. 113, 1936.
 6. F. Feigl és G. Krauss B. 58, 398, 1925. — F. L. Hahn és E. Hartleb Fr. 71, 225, 1927. — M. K. Bacmutova Legkih. Metall 3, 37, 1934 — A. K. Babko Zawodskaya Lab. 4, 891, 1935. — N. J. Cservjakov és E. N. Deutschmann Zavods. Lab. 4, 508, 1935.
 7. V. N. Ivanov Ch. Z. 37, 805, 1913 — H. Zschokke és L. Häusselmann Ch. Z. 46, 302, 1922.
 8. T. I. J. Craig J. Soc. Chem. Ind. 30, 184, 1911. — J. Tanunajev és S. Talipov Bull. Acad. Sci. C. C. O. R. 2, 547, 1938. — M. A. Tazajan Zavods. Lab. 3, 273, 1939. — V. T. Stefanovsky és D. Svireenko Zavods. Lab. 9, 1151, 1940. — V. A. Chernov és N. S. Nekrasov Zavods. Lab. 10, 375, 1941. — L. J. Snyder Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 17, 37, 1945. — V. Tanajajev és M. N. Lavina Zavods. Lab. 11, 804, 1945. — N. M. Hale Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 18, 568, 1946 — A Ringbom Svensk Papperstidn 50, 145, 1947. — Beck M. Magy. Chem. F. 56, 367, 1950.
 9. M. Kretschmar Ch. Z. 14, 1223, 1890 — E. J. Kraus Ch. Z. 45, 1173, 1921. — K. Jelinek és munkatársai Z. F. anorg. Ch. 137, 343, 1924. és 138, 124, 1924.
 10. F. L. Hahn és E. Hartleb Fr. 71, 225, 1927. — R. Berg Die anal. Verv. v. „Oxin“ 1935. — P. P. Budnikoff és S. S. Zukovkaja Chem. Y. 2079, 1936. — M. D. Trykov és E. M. Ivanova Zavods. Lab. 10, 534, 1941.
 11. W. Daubner Angew. Ch. 48, 589, 1935. — N. Ivanov Bull. Soc. Chim. 7, 939, 1940. Lucchesi Am. Chim. applic. 12, 199, 1919.
 12. U. Belucci és F. Lucchesi Am. Chim. applic. 12, 199, 1919.
 13. T. P. Treadwell W. Lehrb. d. anal. Ch. 439, 1907.
 14. Dr. Papp E. Bányászati és Kohászati Lapok. Alumínium 2—3, 50, 1950.
 15. T. P. Treadwell K. L. d. anal. Ch. 438, 1907.
 16. Dr. Lányi B. Bányászati és Kohászati Lapok. Alumínium 9, 194, 1949.
 17. G. E. T. Lundel és H. B. Knowles Bur. Stand. J. Res. 3, 91, 1929.

Az alumínium felületi oxidációjának kémiai módszerekkel történő mesterséges erősítése; könnyűfémek festékalapjának újfajta kiképzése

DR. DOMONY ANDRÁS

Автор: Др. Андраш Домонь

Новое образование основы для окраски легких металлов.

Искусственное усиление оксидной пленки на алюминиевой поверхности, химическим путем.

by Dr. Andrew Domyony.

Artificial Thickening of the Oxid-Film of Aluminium with Chemical Processes. New Production of Protective Coatings for Light Metals.

Az alumínium egyre fokozódó felhasználása mind inkább növelte azokat a követelményeket, amelyeket a fogyasztók a könnyűfémekkel szemben támasztottak. Ezeket a törekvéseket látjuk az ipar számos ágában és ide tartozik az alumínium festhetőségének, illetve lakkozhatóságának a kérdéskomplexuma is.

Közismert, hogy az alumínium és ötvözött alumíniumlemezek, ezeknek síma felülete miatt, — a festékek és lakkok rosszabbul tapadnak, mint a többi vas és egyéb nehézfém félgártmányokon. Ez oknál fogva már régen elterjedt, hogy lakkozás előtt a festésre kerülő könnyűfémfelületeket durvítani kell. Az érdesítés vagy mechanikai, vagy kémiai módszerekkel történhet.

I. Az eddig ismert és használatos mechanikai módszerek:

1. Homokfúvatás.
2. Drótkefével történő érdesítés.
3. Durva csiszolás.

Ezeknek a módszereknek az a hátránya, hogy nagyfelületű, kész szerkezeteken (mint pl. könnyűfémlemezekkel borított járműveken) — az alumíniumlemezek elhúzóódása nélkül —, nehezen vihetők keresztül; az erősen érdesített

felület korrózióra érzékeny, mivel a durvítás következtében a felület az eredeti állapothoz képest erősen megnövekedett és a kezeléssel az alumíniumon jelenlévő természetes védő alumínium-oxidhárttyát felsértik, az érdesítő porból leváló szemcsék pedig (csiszolópor, homokszemcse, vasforgács) a lágy alumínium felületére nyomódhatnak és ezáltal pontkorrózió kiinduló fészekévé válhatnak.

II. Kémiai módszerek közül:

1. Szerves oldószerekkel történő zsírtalanítás.
2. Lúgos pácolás.
3. Savas (főleg foszforsavas) pácolás.
4. Természetes oxidhárttya mesterséges erősítése.

a) kémiai úton

b) elektrokémiai úton (anodikus oxidáció), használatosak a könnyűfémeknél festékalap kiképzésére.

Az 1. sz. eljárás kizárólag arra szorítkozik, hogy a fémfelületen jelenlévő zsírt és piszkot leoldja. Ez a kezelés a fém eredeti felületén és símaságán nem változtat. Nagy tárgyaknak a zsírtalanítása közvetlen lemosás, vagy szórópisztollyal való fújtatás segítségével lehetséges. Maga a művelet a szerves zsíroldószerek magas ára és nagy párolgási vesztesége miatt drága, a munka az egészségre ártalmas, sok oldószernél tűzveszélyes. Amennyiben a zsírtalanítás klórozott oldószerekkel történik, korróziós veszély is felléphet, mert ezeknek az oldószereknek nagy része levegő, fény vagy nedvesség hatására sósav képződése mellett bomlik.

2. A lúgos pácolás a könnyűfémek felületét jól feldurvítja, azonban a természetes oxidhárttya oldása miatt, valamint a felület növekedése folytán a könnyűfémlemez korrózióérzékeny

válík. A kezeléshez 60–70° C hőfok szükséges, az esetlegesen visszamaradó lúgnyomok a könnyűfémek erős korrózióját idézhetik elő. Ezek a hátrányok kívül nagy tárgyak festékalap kiképzésénél a pácolás azért sem jöhet számításba, mert a művelet csak mártogatással végezhető el.

3. Nagy tárgyak festékalap kiképzésénél a savas pácolások közül a foszforsavas, kén-savas + krómsavas kezelés reményteljesebb. Ezek a marószerek már 40–50° C között erősen reagálnak az alumíniummal és irodalmi adatok (1, 2) szerint a különböző foszfátrétegek — bár korrózió-védő hatásuk nincs —, jó festékalapok. A rövid maratósi időre és a gyors foszfátréteggépződésre való tekintettel egy erős foszfátos, valamint kénsavas + krómsavas maratónak a könnyűfémlemezekre való szórása eredményesnek látszott.

4. A könnyűfémek ideális festékalapja a mesterségesen erősített oxidhártya. Ez a réteg a galvanizálással ellentétben, magából a fémből nő ki, porosos szerkezetű, keménysége és kémiai szerkezete folytán jó korrózióvédő-hártya. Az eddig használatos eljárásoknál a védő-oxidréteget fürdőben, mártogatással állították elő. Ennélfogva ezek az eljárások nagyobb, kész tárgyak kezelésére nem voltak megfelelőek.

Célul tűztem ki, hogy a mesterségesen erősített oxidréteg korrózióvédő és igen jó festékalapnak megfelelő tulajdonságait nagy, kész tárgyak kezelésénél is érvényesíthessük, anélkül, hogy ezeket fürdőkbe mártogassuk és ezáltal használhatóságukat kis térfogatokra korlátozzuk.

A vizsgálatok kiterjedtek az általam létesített védőhártya:

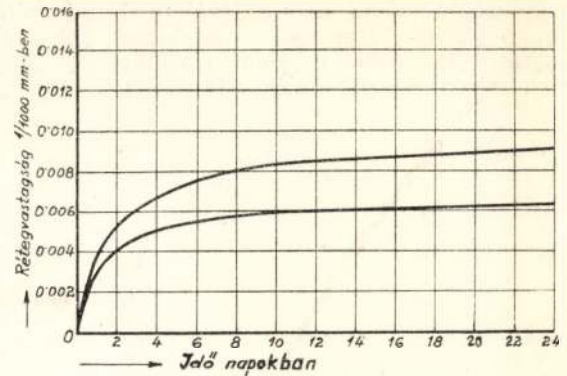
1. vastagságának mérésére,
2. a kezelt lemez korrózióállóságára,
3. a lakkozott próbák vizsgálatára.

Az alumínium-oxidhártya keletkezése: kémiai és fizikai tulajdonságai.

A könnyűfémek kémiai tulajdonságaik következtében — de különösen az elektrokémiai feszültség-sorozatban elfoglalt helyük folytán — az úgynevezett „nem nemes“ fémekhez tartoznak. Az alumínium a feszültség-sorozatban az „alkáli földfémeknek“ tőzsomszédja. Ennek a fém-csoportnak egyik legfőbb jellemzője, hogy tiszta felületen, közönséges hőfokon is képes vizet bontani. A vízbontás H₂ fejlődés és fém-hidroxid képződése mellett megy végbe.

Az alumíniumnál ezt a folyamatot mindenkör a fém felületén jelenlévő igen vékony, nagyon jól tapadó, tömör, gázt nem átteresztő oxidréteg akadályozza meg. Ez a hártya a frissen előállított csupasz, színtelen felületén — az oxigénnek az alumíniummal szembeni nagy affinitása következtében — kb. 1/100 másodperc alatt kialakul (1) és így már az alatta lévő fémeket a további roncsolódástól megvédi. A fémfelületnek az alumíniumoxiddal történő tökéletes bevonását az biztosítja, hogy az alumíniumoxid és fémalumínium-molekula térfogatának arányszáma közel azonos; pontosan 1:28.

A természetes oxidhártya keletkezési viszonyával, növekedési sebességével, kristálystruktúrájával és a hám tulajdonságaival az irodalomban már igen sokan foglalkoztak. Az alábbiakban a természetes oxidhártya keletke-

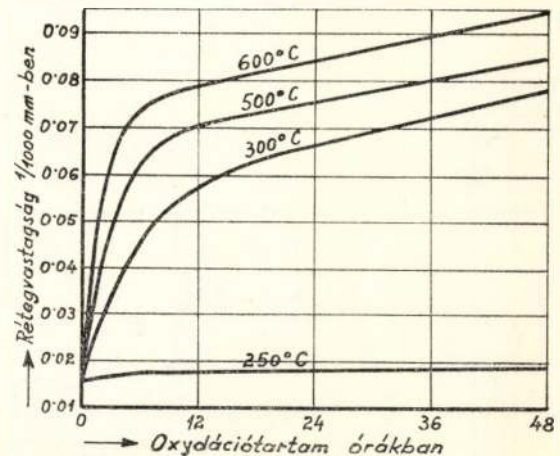


1. ábra. A természetes oxidhártya növekedési sebessége szoba-hőfokon. Felső görbe: 99.6% Al. Alsó görbe: 99.98% Al.

zési viszonyait, tulajdonságait, korróziógátló szerepét röviden összefoglalom, hogy ennek alapján a mesterségesen erősített oxidhártya viselkedésével összehasonlítást tehessek.

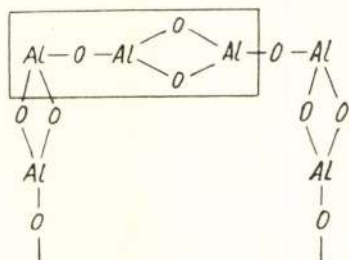
a) *A természetes oxidhártya keletkezési sebessége.* Amint előbb is említettem minden levegővel érintkező színelumíniumfelületen másodpercek tört része alatt alumíniumoxidhártya keletkezik. Kezdetben ez a réteg csak néhány molekulányi vastagságú. A réteg további fejlődése a környezet hőfokának, kémiai összetételének (oxidatív hatásának, nedvességtartalmának stb.) és az alapfém tisztaságának függvénye. Az oxidréteg keletkezési sebesség-görbéinek vizsgálatánál tapasztalható volt, hogy szobahőfokon tartott fémek védőrétegének végső vastagsága 0,01–0,015 mikron, magasabb hőfokon kezelt anyagokon (pl. lágyított lemezekén) lévő teljes vastagságú réteg 0,2 mikron (5).

A rétegnövekedést ábrázoló diagrammok az első időszakban mindkét esetben gyors emelkedést mutatnak és csak azután laposodnak el. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy a keletkezés pillanatában még a természetes oxidhártya is pórusos, szivacsos szerkezetű; az alumíniumoxid-kristályok közti nyílások csak az idők folyamán tömődnek el (pl. a levegő páratartalmának hatására). Ezáltal a védőréteg tömörre válik és az alatta lévő fém további oxidációját megakadályozza. Ha pl. alumíniumlemezeket 300–400° C-on páraszegény, vagy erős



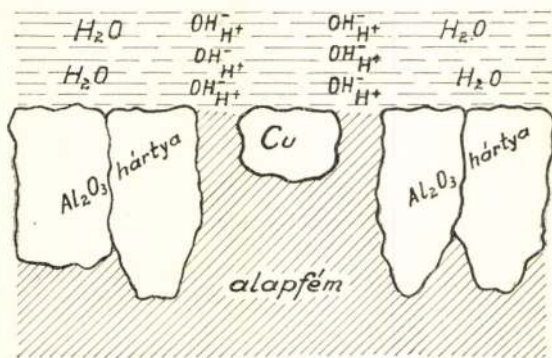
2. sz. ábra. Természetes oxidhártya növekedése magasabb hőfokon oxigén atmoszf.-ban.

nedvességtartalmú atmoszférában lágyítunk, a levegő páratartalmának a befolyását jól észlelhetjük. Az utóbbi esetben a védőréteg homályos, zománeszerű, tömörkűsejű (3).

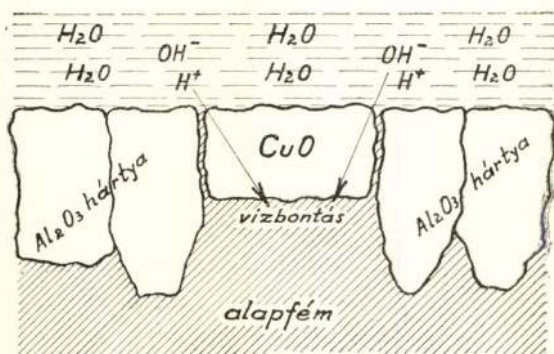


3. ábra. Alumínium oxidhám makromolekulája.

b) *A természetes alumíniumoxidhártya tulajdonságai.* A tiszta, 99,99% alumíniumtartalmú raffinált fémén keletkezett védőhártya összetétele tiszta alumíniumoxidhidrát. A hártya keletkezésének mechanizmusa és összetétele még ma sincs véglegesen tisztázva. A legelfogadottabb feltevés szerint a hártya képlete $Al_2O_3 + \times H_2O$; azaz a réteg az alumíniumoxidhidrogéljének fogható fel (4, 5.) A kötött nedvességtartalom mennyisége a réteg keletkezési körülményeitől függ (2). Ezt az elgondolást két további feltevés is alátámasztja. Az egyik szerint: minden alumíniumvédőréteg keletkezésénél pára jelenlétével is számolni kell. A csupasz fém vízbontó hatása ismeretes. Vízbontásnál szabad OH-ionok keletkeznek, de nincs bebizonyítva: hogy az OH-ionok szabad alumíniumionokkal $Al(OH)_3$ (alumíniumhidrát) vegyület képeznének, sőt valószínűbb, hogy a védőhám keletkezésékor előálló makromoleku-



4a. ábra.



4b. ábra.

lákban az OH-ionok szervesen nem kapcsolódnak.

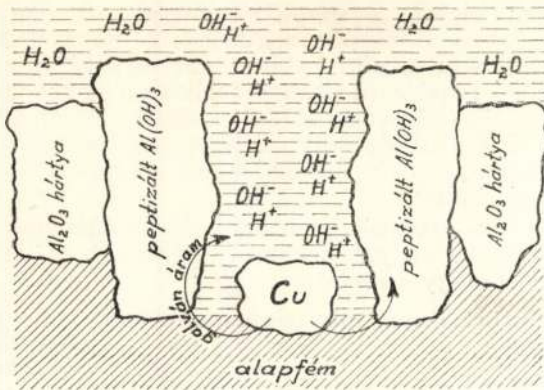
A másik teória, amely az előbbieket alátámasztani látszik, az alumíniumvédőréteg szerves kapcsolódása az alapanyaghoz. Tekintettel arra, hogy a védőréteg az alapfémhez igen szorosan köt, kézenfekvő volt a fém és a hám közötti makromolekuláris kémiai kapcsolatra gondolni. Ha feltesszük, hogy az elsődlegesen keletkezett $Al(OH)_3$ molekulákban savjellegük folytán — a hidrogénatomok Al-ionokkal helyettesítettnek, a gyakorlati mérésekkel is meg egyező makromolekuláris szerkezetet kapunk. Dr. Romwalter szerint (4) „ha a priméren keletkezett $Al(OH)_3$ két savhidrogénjét egy Al-atom két vegyértéke helyettesíti, a harmadik savhidrogént pedig egy további Al-atom egyik vegyértéke, akkor a három szabad Al-vegyértékkel Al_3O_3 csoport keletkezik és további O- és Al-atomokkal síkban, vagy térben egyaránt korlátlanul folytatódhatik ez a szövet“. A makromolekula szövetképződés csak akkor szakad meg, ha az eredetileg keletkezett $Al(OH)_3$ mindhárom savhidrogénjét egyetlen Al-atom három vegyértéke helyettesíti. Ha az oxidhám szerkezetét a fenti képlet alapján képzeljük el, megközelítőleg megkapjuk az egész rétegre vonatkoztatva az Al_2O_3 összetételt.

A gyakorlati mérések azt mutatták, hogy kémia, vagy elektromos úton, mesterségesen erősített védőrétegek összetétele az Al_2O_3 összetételnek felel meg. Ennek az elgondolásnak az alapján bebizonyítottak tekinthető, hogy a természetesen keletkezett alumíniumoxidhám szöveve az előbb elmondottakkal azonos.

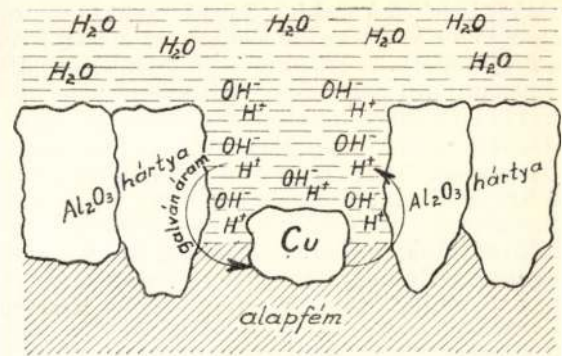
Ugyanesek bebizonyosodott, hogy a mesterségesen erősített oxidréteg — röntgenvizsgálat alkalmával — az úgynevezett gamma Al_2O_3 kristályszerkezet eredményezte. A hám röntgenvizsgálatánál sem korund, sem alumíniumhidroxid $Al(OH)_3$ szerkezetet felfedezni nem lehetett. Jos Patrie szerint (6) a röntgenvizsgálatok és legújabb elektromikroszkopon közvetlenül nyert eredmények alapján a védőhámnak közvetlenül a fémrel érintkező része tömör $Al_2O_3 \cdot H_2O$ -ból áll; a réteg felső része pedig igen finom kristályszerkezetű gamma Al_2O_3 -ból.

Ezeknek a megfontolásoknak eredményeképpen leszögezhető, hogy az alumíniumon természetesen keletkezett, vagy mesterségesen előállított oxidhám szerkezete makromolekulából álló hidrogél, melynek H_2O -tartalma a réteg keletkezési körülményeinek, pl. a környezet páratartalmának stb. függvénye.

c) *A réteg korrózióellenállása.* Kereskedelmi tisztaságú alumíniumnál, vagy alumíniumötvözeteknél a keletkezett oxidhám tisztasága az alapfém összetételének függvénye. A védőhártya kialakulásánál ugyanis az alapfém szennyezései szintén oxidálódnak és a védőrétegbe beépülnek. Mivel azonban a többi fém oxidja (a Mg és Mn kivételével) nem tapad olyan tökéletesen az alumíniumfémre, mint az alumíniumoxid, a szennyeződésekkel átszőtt réteg kevésbé lesz korrózióval szemben ellenálló, mint a tiszta Al_2O_3 -ból álló védőhám. A korróziós közeg ugyanis a gyengén tapadó idegen fémoxidon átdiffundálva, könnyen a csupasz alumíniumfémhez férközhet, ami által a vízbontás megindul. Az így felszabaduló H-io-



4c. ábra.



4d. ábra.

nok az idegen fénoxidot redukálhatják, galvánelem keletkezik, mely megakadályozza, hogy az alumíniumon jól tapadó alumíniumoxid-védőréteg alakuljon ki. A tömör védőhám helyett pórusos alumíniumhidrát jön létre, mely nem nyújt védelmet, sőt a folyamatos peptizáció következtében az alumíniumalapfém roncsolási folyamata egyre gyorsul (7).

Például az Al-Cu-tartalmú ötvözet felületi korróziójánál végbemenő folyamatot vázlatosan a következőképpen ábrázolhatjuk: (l. 4 a, b, c, d ábrát).

Ezek szerint a kereskedelmi tisztaságú alumínium és alumíniumötvözetek korróziós ellenállását a kérdéses anyagot bevonó oxidhám ellenállóképessége és struktúrája határozza meg. Általános szabályként szerepel az a tény, hogy

egy bizonyos könnyűfém a vele érintkezésbe kerülő közeggel szemben akkor mondható korrózióellenálló, ha a disszociált korrodáló közeg diffúziós képessége — a polarizációs hatások figyelembevételével — kisebb, mint a fémén lévő védőhám átteresztő képessége.

Tekintettel arra, hogy az alumíniumon keletkezett természetes oxidhám — bár igen vékony —, de összefüggő, tömör réteg, korróziós ellenállása jó. Ez a felület viszont a fent vázolt tulajdonságok következtében rossz festékalap. A könnyűfémek időtálló festhetősége érdekében a természetes oxidréteget oly módon kellett erősíteni, hogy korrózióellenállás szempontjából tömör hártya keletkezzék, amely a jó festhetőség miatt megfelelő festékfelszívó képességgel rendelkezzen. (Folytatjuk.)

Megjegyzések a műkorundgyártás kohászati problémáihoz

DR. DOBOS GYÖRGY

A műkorundot az ipar, mint ismeretes, színes és fehér változatban használja. A színes műkorundgyártás alapanyagát a bauxit, a fehér korundét pedig a timföld képezi. A fehér műkorundot a timföld egyszerű olvasztásával és kristályosításával gyártják. A színes műkorundot pedig a bauxit redukáló olvasztásával elektromos kemecében állítják elő.

I. Színes műkorundgyártás.

A) A műkorund különböző minőségei.

Az Al_2O_3 -on kívül a korund változó mennyiségű Fe_2O_3 -at, SiO_2 -t, TiO_2 -t tartalmaz. Az előbbi három oxid, esetleg Al_2O_3 -al is vegyülve, komplex anyagokat képez, amelyek a tiszta korundnál alacsonyabb hőmérsékleten olvadnak. A műkorund lehűtésekor először tiszta korundszemcsék képződnek, amelyeket a később megszilárduló üveges anyag cementál össze. Az anyag szívóssága tehát jelentősen függ a tisztátalanságok százalékától és nem célszerű a korund finomítását bizonyos határokon túl folytatni. Általában a timföldtartalommal nő a korund törékenysége. Az ipar a következő típusú korundokat szokta alkalmazni:

Az ipar a következő típusú korundokat szokta alkalmazni:

a) nem finomított színes korund Al_2O_3 tartalom kb. 80—88%;

b) finomított színes korund Al_2O_3 tartalom kb. 94—98%;

c) fehér korund Al_2O_3 tartalom kb. 99%.

Az „a” csoportba tartozó korund fekete, kékesfekete, a „b” minőség szürke, rózsaszínes szemcsékkel, a „c” pedig fehér.

Egy bizonyos timföldtartalom esetében a különböző szennyeződések aránylag széles határok között változhatnak. Ezen körülmény jelentős kihatással van a kész szemcsék minőségére, melyet a finomítás mértékével és a nyersanyagok megfelelő keverésével lehet szabályozni.

Kb. 95%-os korund analízise pl. a következő értékeket mutatta:

Fe_2O_3	SiO_2	TiO_2
0,45	0,90	3,75
0,50	1,25	3,00
0,55	1,50	3,25

B) A színes korundgyártás elve:

A redukáló olvasztás során a bauxit szennyeződései közül a Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 -t a szükséges mértékben el kell távolítani a lehető legkisebb Al_2O_3 veszteség mellett.

A szobanforgó oxidok közül szénnel a legkönnyebben a Fe_2O_3 redukálódik, ezt követi SiO_2 , TiO_2 , majd Al_2O_3 . A szénnel való redukció iparilag használható sebességű redukciója ezen oxidoknál a következő hőfokon áll be:

Fe_2O_3 850°, SiO_2 1500°, TiO_2 1700°, Al_2O_3 2000°.

A vasoxid szelektív redukciója tehát könnyen keresztülvihető, nehezebb a kovasavé, míg a titán-dioxid eltávolítása gyakorlatilag csak timföldvesztés mellett lehetséges. Amennyiben a kovasav redukciója vas, vagy vasoxid jelenlétében történik, úgy a redukció hőfoka 1500°-ról 1200–1300°-ra csökken. A felhasznált elegyben tehát mindig ügyelni kell arra, hogy a vasoxid és kovasav aránya megfelelő legyen. Gyakorlatilag az szükséges, hogy az elegyben $Fe/Si=5$.

A finomítás termékeként két fázis jelentkezik, egy Fe , Si , Ti , esetleg Al -tartalmú ötvözet és egy többé-kevésbé tiszta korund. Szükséges, hogy a redukció során biztosítsák ezen két termék minél tökéletesebb elkülönítését. Ez két faktor függvénye:

a) A termékek fajsúlykülönbsége. Az ötvözet alkotói közül a vas fajsúlya a legmagasabb, ebből a szempontból is érdekes tehát a vasban gazdag ötvözet előállítás.

b) Lehetőség szerint a korundot folyékony állapotban kell tartani az egész olvasztás során, hogy a fém a kemence fenekére üledjék. Ez gyakorlatilag teljes mértékben megoldhatatlan, mivel egyrészt az olvadék állandó erős konvekciós áramok székhelye, másrészt, hogy helyi túlhevítés következtében, vagy helyi szénfelesleg miatt timföldredukció is tapasztalható időnként és a keletkező Al az ötvözet fajsúlyát csökkenti és annak üledését megakadályozza.

A kész korundtömb tehát az említett okok miatt fémszárványokat tartalmaz, amelyeket a megtört anyagból mágneses szeparációval kell eltávolítani. Ebből a szempontból is fontos tehát, hogy a nyert ötvözetben a szükséges vastartalom meglegyen.

A korundszemcséket célszerű aprítás után oxidáló pörkölésnek alávetni 1200°-on. Ezen művelet a következő előnyökkel jár:

a) Az esetleg keletkező alumíniumkarbidot oxidálja. Az alumíniumkarbid a levegő nedveségének hatására megbomlik és a korundszemcsék használhatóságát csökkenti.

b) Oxidálódnak a korundban lévő nem mágneses ötvözetzárványok.

c) A korundban lévő vasoxid magnetit alakul és így ismételt mágneses szeparációval eltávolítható.

Meg kell végül jegyezni, hogy az elektróda hamuja legnagyobb részét redukálódik — természetesen megfelelő kokszfogyasztás mellett, — azonban a méz a timfölddel vegyül és az adott feltételek között nem redukálható. A termék mézszartalma tehát a finomítás során nem hogy csökkenne, de fokozódik. Végül amennyiben a korundgyártáshoz nem vízmentes bauxitot használnak, az elegy összeállításánál a vízgázképződés is figyelembe veendő a kokszmennyiség megállapításánál.

C) 80–88%-os korundgyártása.

Általában Bayer minőségű bauxitot használnak, melyet kalcinálás nélkül beolvasztanak, ezért szükséges, hogy a szilárd anyag boltozatot képezzen az olvadék felett a vízmentesítés végére-

hajtása végett. A gázok eltávolítását az elegyhez adagolt fűrészpor segítségével biztosítják. Az elektróda kémiai hatása miatt egy bizonyos redukció feltétlenül bekövetkezik és a nyert vas eltávolítása végett az elegyhez kősót adagolnak, így illó $FeCl_3$ képződik. Néha kevés kokszot is alkalmaznak, ez a későbbiekben mágneses szeparációt indokol.

A redukcióhoz normál korundkemencét használnak, melyet kokszról indítanak. A felhasznált elegy összetétele:

durvántört Bayer-minőségű nyersbauxit	100 g
fűrészpor	7–8 kg
$NaCl$	3 kg

A nyert korundtömb súlya — 200 KVA teljesítményű egységnél — kb. 2200 kg, a tömbben felülről számítva három réteg különböztethető meg:

- | | |
|---|---------|
| a) Felső, apró, kristályos, gyenge minőségű | 150 kg |
| b) Középső, kompakt, jóminőségű anyag | 1600 kg |
| c) Alsó, zárványos réteg | 400 kg |

Az energiafelhasználás 1800–2200 kWó/t. A bauxit víztelenítésére 500–700 kWó számítható. A korund-kihozatal 500–750 kg/t bauxit. Bayer-bauxit kezelése esetén a következő fajtájú anyag várható:

Al_2O_3 82%, Fe_2O_3 12%, SiO_2 3%, TiO_2 3%
Kovasavdús bauxit felhasználása mellett a tűzállóanyagiparban értékesíthető terméket kapnak, a következő összetétellel, pl.:

Al_2O_3 85%, Fe_2O_3 0,8%, SiO_2 12%, TiO_2 1,8%,
 CaO 0,6%.

D) 94–98%-os korund gyártása.

1. Általános megjegyzések.

Amint már említettem, a 94–98%-os korundot a bauxit redukáló olvasztásával állítják elő. A kalcinált (maximum 1% össz H_2O -tartalmú) bauxit-hoz számított mennyiségű kokszot adagolnak és az olvasztás során a Fe_2O_3 , TiO_2 és SiO_2 -t a bauxitból megfelelően kiredukálják. Az olvasztás hőfokán (kb. 2000°) a timföld is redukálódik, az ebből adódó fémalumínium egyrészt a vasötvözetbe kerül, másrészt a kemence gázaival eltávozik. Jelentős porzási veszteségek is lépnek fel. Gyakorlatilag, ha a bauxitfinomítást normál Bayer-bauxitból 98% Al_2O_3 -tartalomig akarjuk fokozni, az adagban lévő Al_2O_3 8–12%-a redukálódik, a porzási veszteség pedig kb. 5–7%. Ha a finomítást úgy vezetjük, hogy az adag timföldtartalmából ne redukálódjék több, mint 12%, a bauxit eredeti Fe_2O_3 -tartalmának 2%-a, SiO_2 -tartalmának 15 százaléka, TiO_2 -tartalmának pedig 50%-a marad redukálatlanul, mint szennyeződés a kész korundban.

Mivel a TiO_2 és SiO_2 bizonyos mértékben növelik a korund szívósságát, nem célszerű őket — a timföldvesztéstől függetlenül — teljesen kiredukálni.

Kész korund minőségének biztosítása úgy történik, hogy egyrészt a beolvasztott adag koksztartalmát, másrészt megfelelő bauxitkeverékek alkalmazásával TiO_2 és SiO_2 , valamint egyéb okokból Fe_2O_3 -tartalmát kellő számítás tárgyává kell tenni.

2. Nyersanyagok.

A korundgyártás ideális nyersanyagát kovasavszegény, 20–25 modulusú bauxitok képezik. Azonban jó eredménnyel felhasználhatók normál Bayer-bauxitok, sőt 7–8 modulusú bauxitok is. Minél alacsonyabb a bauxit modulusa, annál jelentősebb lesz a korundgyártás energia-, koksz- és elektródafelhasználása. Vasszegény bauxitok alkalmazása esetén vasoxid, illetve vasforgács felhasználásával kell számítani.

Redukálószerként koksz vagy antracit jöhet számításba. Az elegy összeállításánál a redukálószer önredukációjára gondos figyelmet kell fordítani. Meg kell szintén jegyezni, hogy a felhasznált redukálószer kb. 10–15%-a az elektróda szenéből adódik.

Természetesen az egyes elegyeket a korábbi gyártások eredményeinek figyelembevételével, a koksz és bauxit analízisének felhasználásával kell összeállítani.

Az alumíniumkarbid-képződés elkerülése végett a bauxitokhoz egy csekély mennyiségű kromit adagolását javasolták.

Az elektródafogyasztás csökkentése szempontjából pasztázás és vaslemezzel való burkolás, vagy egyszerű 1 mm-es vaslemezzel való védelem jön számításba.

3. Teljesítmények.

Egyfázisú kemencéket 600–1000 kVA teljesítménnyel alkalmaznak. A háromfázisú kemencék alsó határa kb. 1500 kVA-nél volt. 1500 kVA-es kemencében termelt tömb súlya 8–10 tonna, melyből kb. 2 tonna vasötvözet.

Az üzemi feszültség kb. 90 V, melyet az olvasztás végén 120 V-ra emelnek.

4. A redukálás gyakorlati végrehajtása.

Gyakorlatilag a redukciót két módon vezetik:

- konstans elektromos teljesítmény és csökkenő adagolás mellett,
- emelkedő elektromos teljesítmény és konstans adagolás mellett.

Az említett technológiát az indokolja, hogy célszerű lehetőség szerint az egész fűrdőt olvadásban tartani a vasötvözet megfelelő üleptése céljából. Ugyanezen okból indokolt a hőmérséklet emelése a művelet végén. Ezt célozza az elektromos teljesítmény emelése, vagy pedig az egységnyi idő alatt beadagolt anyagmennyiség csökkentése az olvasztás utolsó szakaszán.

Az adagolás a kemence falához aránylag közel, a köpeny mentén történik. Az olvasztás alatt az olvadék közepe csak vékony kéreggel van fedve, amelyet a művelet végén be kell olvasztani. A gázok zavartalan eltávolítása végett a fűrészpordagoláson kívül az elektródák körül képződő vastagabb kérget rendszeresen el kell távolítani.

A gyártás folyamán, amilyen mértékben a kemence korunddal megtelik, az elektródákat felemelik. Az olvasztás végén mintákat vesznek, amelyeket szemrevételezéssel értékelnek ki. A kemence leállítása előtt egy-két órával az adagolást beszüntetik, egy kevés kokszot adnak a redukció befejezése céljából, a teljes elektromos teljesítmény alkalmazása mellett. (Klar-schmelzen.) Az olvasztás a kemence teljesítmé-

nyétől és a kívánt finomítási foktól függően 24–48 óráig tart.

5. A korund minősége.

Az alábbiakban felsorolok néhány analízist 92–98% tisztaságú korundra vonatkozóan.

A korund minősége	92–93	93–94	94–95	96–98
Al ₂ O ₃	93,76	92,32	95,25	96,29
Fe ₂ O ₃	0,67	1,37	0,50	0,89
SiO ₂	2,53	1,12	1,25	1,07
TiO ₂	3,70	3,04	3,—	1,78

94%-os korund előállításánál a vasötvözet összetétele a következő:

Fe: 75,5, Si: 19,50, Ti: 3,—, Al: 1,32.

Célszerű a vasötvözet csapolását két részben végrehajtani, amikor a redukálás elején Ti-ben és Al-ban szegény ferroszilíciumot lehet nyerni, amelynek értékesítése kedvezőbb körülmények között lehetséges a korundgyártás részére.

6. Energia és anyagfelhasználás.

Az energiafelhasználás természetesen a korund finomságával nő. Átlagban a következő értékekkel lehet számolni:

90%-os korund	2500–3000 kWó/t
94%-os	4000–5000
96%-os	5000–5500
98%-os	6000–6500

Az elektródafelhasználás 96%-os korundnál kb. 70 kg/t.

A koksz- és bauxitfelhasználás a felhasznált nyersanyagok minőségének függvénye.

7. A korundtömbök feldolgozása.

A korundtömböt lehűlés után megfelelő törőberendezésekkel aprítják. A kb. 4 mm nagyságra összetört anyagot mágneses szeparációknak vetik alá, amely a vaszárványokat távolítja el a korundból. Ezután az anyagot oxidáló pörkölésnek vetik alá, amelynek eredményeképpen az alumíniumkarbid, az alumínium és a nem mágnesezhető vasötvözetek oxidálódnak. Célszerű a korundot ezután iszapolni és ha szükséges, savakkal kezelni. Szárítás után újabb mágneses szeparáció következik, amely az oxidáló pörkölés által mágnesezhetővé tett anyagok eltávolítását szolgálja. Örlés után a korundot megfelelően osztályozva szállítják. Az egyes szemcsenagyságokat célszerű ellenőrző szitákkal is időnként felülvizsgálni.

II. Fehérkorundgyártás.

A fehérkorundgyártás alapanyagául általában Bayer-eljárással előállított timföld szolgál. Az olvasztásnál lényeges az, hogy a Bayer-eljárással előállított, nagytisztaságú timföld a korunddá való átalakítás során ne szennyeződjék. Ezért az olvasztáshoz grafitelktrodákat használnak és a kész korundtömbből az elektródák környékén szennyezett anyagot feldolgozás előtt eltávolítják. A timföld Na-tartalma miatt az olvasztás során egy kevés korund is képződik, amely a tömb közepén dúsul fel általában. Ez a normálkorundtól szemrevételezéssel megkülönböztethető és célszerű azt feldolgozás előtt szintén az anyagból eltávolítani.

Mivel a fehérkorund gyártása egyszerű olvasztásból áll és redukció nem szükséges, a kemence teljesítménye lényegesen emelhető. Vasötvözet sem keletkezik természetesen ebben az esetben jelentős mértékben, így a fürdő olvadásban tartása a teljes magasságon is szükségtelen.

Oxid anóddal való aluminium elektrolízis

Ismertetés prof. A. J. Bjeljajev: „Fizikai és kémiai folyamatok az aluminium elektrolízisnél” e. könyvéből

Összeállította: KOLOSY ERNŐ

669.713.7=82

Эрно Колоци:

Краткое изложение.

После обсуждения практической роли окисей-анодов, имеющей значение, автор занимается свойствами разных окисей и феррит. Он познакомит их поведение при электролизе и наконец объяснит разные напряжения разложения, которое выступают при происходящем электролизе со не усами анодами. Он кончает наконец с резюме.

III. Summary.

In this article after discussing the very important rôle of oxide-anodes in practice, the author expounds the properties of the different oxides and ferrites. Then he renders a description of the behaviour of the before mentioned materials under condition of electrolyse and finally points to the decomposition voltage when none carbonic anodes are being electrolysed.

Összefoglalás:

A szerző az oxid-anódok nagyfontosságú gyakorlati szerepének ismertetése után foglalkozik a különböző oxidok és ferritek tulajdonságaival. Ismerteti azok elektrolízis alatti viselkedését és végül a különböző nem szén anódokkal történő elektrolízis során fellépő bomlás-feszültségeket tárgyalja.

A szerző végül egy összefoglalással fejezi be. Mint ismeretes, a kriolit-tímföld olvadékok elektrolízise jelentős mennyiségű szénanód felhasználásával jár. Ez a körülmény vezetett az oxid-anódok tanulmányozására. Ez azonban igen nagy feladat, mert anódként csak kriolit-tímföldben rosszul oldódó oxid jöhet számításba. De ezekből az oxidokból is jut az elektrolitbe, főleg mechanikusan és így ez ötvözetképződésre vezet.

Oldhatósági szempontból a nehézfémoxidok közül találunk megfelelőket. Saklatwalla és Horton kísérletei alapján ezek az oxidok jó elektromos vezetőknek is bizonyulnak. Ezért nehézfém-oxidok és nehézfém-ferritek tulajdonságaival behatóbban foglalkoztak. A ferriteket vas-oxidnak fémoxidokkal való izzítása útján állították elő

Az oxid- és ferrit-anódok sajátságai

Az anódokat nedvesített porított oxidokból készítik sajtolás útján hidraulikus sajttal 750–1000 kg/cm² nyomással. Az anódokat elek-

Fehérkorundgyártásnál 1500–2000 kWó/t elektromosenergia felhasználásával kell számolni.

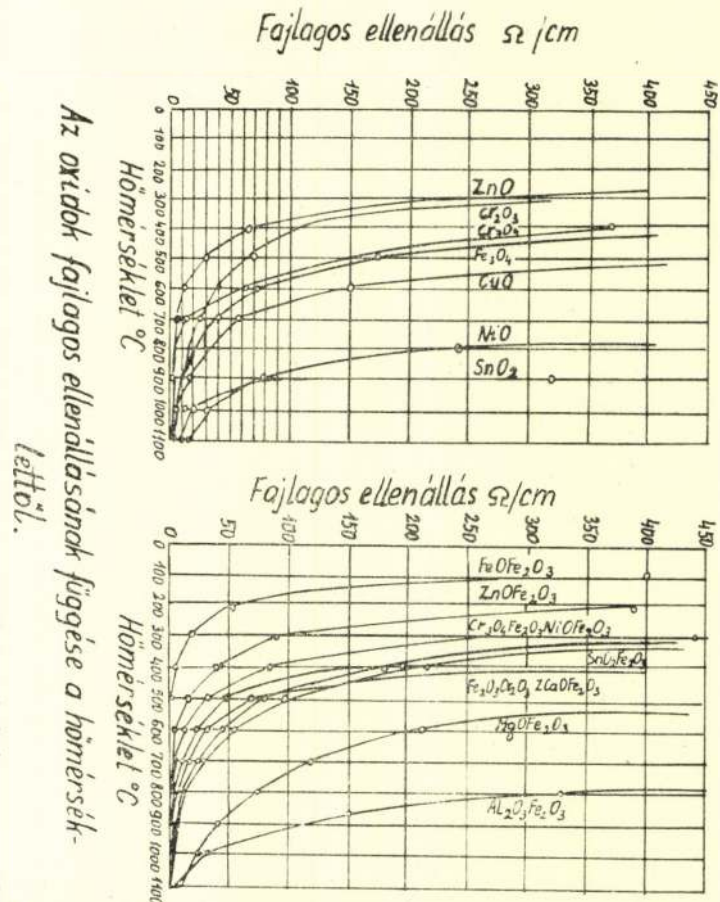
Az anyag összetételére az alábbi adatok adnak tájékoztatást:

Al₂O₃: 99,64, Fe₂O₃: 0,16, SiO₂: 0,2, TiO₂: nyomok.

tromos kemencében 1300°-on izzítják. Az izzítás folyamán az oxidok színezete megváltozik, megnövekszik szilárdságuk és bizonyos zsugorodás áll be.

Az oxid-anódok vezetőképességét úgy mérik, hogy egy Heraeus-féle csökemencében tesznek egy 1 cm élhosszúságú kockát a kérdéses anódból, két platinalemez közé szorítják és a kivezetéseket egy Wheastone-híddal kapcsolják.

A könyv 25. és 26. ábrája tünteti fel a különböző oxidok és ferritek fajlagos ellenállását a hőmérséklet függvényében. A könyv 17. és 18. táblázata mutatja ugyanazt számszerűen. Fel-tűnő alacsonyabb hőmérsékleten a Fe₂O₃ és a ZnO kis specifikus ellenállása és figyelemre-méltó magasabb hőmérsékleten a Cr₂O₃ egyedül-



17. táblázat

Az oxidok fajlagos ellenállása a hőmérséklet függvényében

Hő- mérséklet C°	Sajtolt oxidok fajlagos ellenállása Ω cm							Szén	Grafit
	Fe ₃ O ₄	SnO ₂	CuO	ZnO	Cr ₂ O ₃	NiO	Co ₃ O ₄		
20	82,86	10 ⁷ felett	10 ⁷ felett	7,189.600	10 ⁷ felett	10 ⁷ felett	749.300	0,3955	0,0347
200	53,56	10 ⁷ felett	3,651.000	7.310	4660	10 ⁷ felett	20.980	0,1144	0,0286
300	22,68	5,589.600	44.470	—	319,9	1,947.000	3.476	—	—
500	8,98	979.002	2.513	67,4	77,99	62.593	374,5	0,0517	0,0110
600	5,60	58.905	462,8	26,8	71,59	8,862	167,8	0,0352	0,0154
400	4,06	20.550	152,1	13,4	40,73	1.905	64,7	0,0220	0,0110
700	2,13	10.608	68,1	5,86	27,99	799,8	13,6	0,0257	0,0099
800	1,58	1.578	34,0	3,47	18,99	245,5	1,72	0,0330	0,0121
600	1,15	321,8	15,5	2,09	15,28	80,8	0,53	0,0264	0,0077
1000	0,59	19,7	6,0	1,11	12,27	33,6	0,16	0,0220	0,0099
1100	0,18	10,2	1,6	0,31	10,21	14,2	0,104	0,0198	0,0560

18. táblázat

Ferritek fajlagos ellenállása a hőmérséklet függvényében

Hő- mérséklet C°	Ferritek fajlagos ellenállása Ω cm									
	FeO.Fe ₂ O ₃	ZnO.Fe ₂ O ₃	NiO.Fe ₂ O ₃	2CaO.Fe ₂ O ₃	MgO.Fe ₂ O ₃	Al ₂ O ₃ .Fe ₂ O ₃	SnO ₂ .Fe ₂ O ₃	Cr ₂ O ₃ Fe ₂ O ₃	Co ₃ O ₄ .Fe ₂ O ₃	
20	8280	8602	34.000	270.000	3.000.000	10 ⁷ felett	286.000	900.000	33.000	
100	403	993	4.970	13.000	250.000	10 ⁷ felett	16.500	171.000	17.250	
200	53,56	390	805	7.000	10.000	10 ⁷ felett	1.100	17.820	1,750	
300	22,68	90	308	1.600	4.500	2,025.000	467,50	7.200	410	
400	8,98	45,50	130	400	1.250	387.500	190,60	216	85	
500	5,60	27,10	55,09	65	500	22.600	98,01	48,78	34,60	
600	4,06	15,25	31,56	28	228	3.363	56,74	30,83	10,58	
700	2,13	9,91	23,01	18,2	123	1.030	23,95	16,25	4,48	
800	1,58	6,96	5,71	17,0	84	337,50	9,10	10,04	1,43	
900	1,15	4,59	1,88	9,5	44,5	115,70	1,93	5,90	0,72	
950	0,87	3,17	1,25	7,2	35,0	61,68	0,89	5,06	0,55	
1000	0,59	2,43	0,62	4,9	26,5	36,98	0,56	4,28	0,37	
1100	0,18	1,38	0,12	3,3	15,0	14,22	0,022	3,10	0,18	

állóan alacsony fajlagos ellenállása. Ferrit-anódok ellenállása mindig alacsonyabb, mint ahogyan az az összetételből számítás útján adódik; ez vegyületképzésre mutat.

A ferritek közül legjobb vezetőképességű a C₇₃O₄.Fe₂O₃.

A ferritek oldhatósága kriolit-timföld olvadékokban alacsonyabb az őket alkotó oxidok oldhatóságánál.

Oxid- és ferrit-anódok viselkedése kriolittimföld-olvadékok elektrolízisének

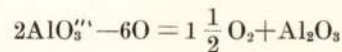
Az oxid- és ferrit-anódokkal laboratóriumi méretekben kísérleteztek. Jellemző, hogy kis gázbuborékok nagy mennyiségben fejlődnek, ezzel olyan lesz a fürdő, mintha forrásban lenne.

Szilárdságilag legjobb eredményt mutatnak a Fe₃O₄, SnO₂, C₇₃O₄, NiO, ZnO. Az áramsűrűséget 0,5—5 A/cm²-ig változtatták és ez nem volt különös hatással Fe₃O₄ anódok elhasználódására. A katódfelem Fe-tartalma 0,5—1,5%.

ZnO-ból készült anódok felületén az áramsűrűség emelésével kemény réteg alakult ki, mely növekedő vastagságú és ezen vastagodásával párhuzamosan a feszültség is állandóan nőtt (7—15 V-ig). A ZnO 1,11 Ω cm-es ellenállása ezen változás alatt 100,6 cm-re növekszik.

A kémiai vizsgálatok kimutatták a kérdéses rétegben a cink-spinell (ZnO.Al₂O₃) képződését, mely folyamat sebessége az áramsűrűség függvénye.

A ZnO.Al₂O₃ képződés megint arra mutat, hogy



alapján az anódfolyamat kriolit-timföld olvadékok elektrolízisének elsősorban komplex anionok képződéséből áll.

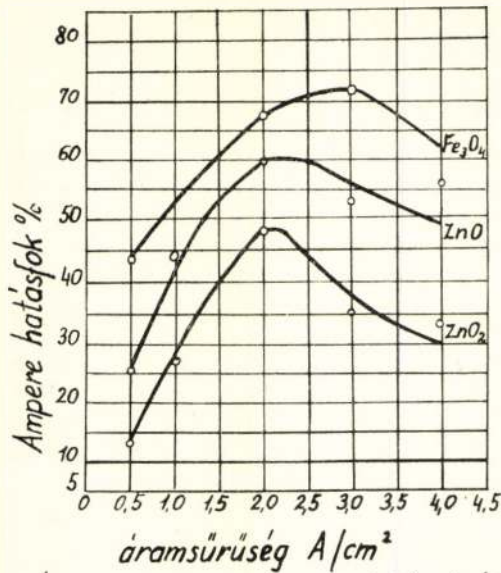
Oxid-anódoknál az amperhatásfok változását az áramsűrűség függvényében éles maximumos görbe ábrázolja. (27. ábra.)

Ferrit-anódok közül legszilárdabbak az Sn, Ni- és Zn ferritek. Ezek 0,4—0,5% Sn-, ill. Ni-, ill. Zn- szennyezést adnak a katódfelembe és 1,2—1,6% Fe szennyezést.

Ezeknek az anódoknak a repedése kismértékű, de mechanikus hatásoktól eléggé morzsolódnak.

Anódgázok összetétele a kriolit-timföld-olvadékok nem szén anódokkal való elektrolízisének és az elektrolízis mechanizmusa.

Az elektrolízisének lefolyó reakciók tisztázása céljából megvizsgálták az anódgázok összetéte-

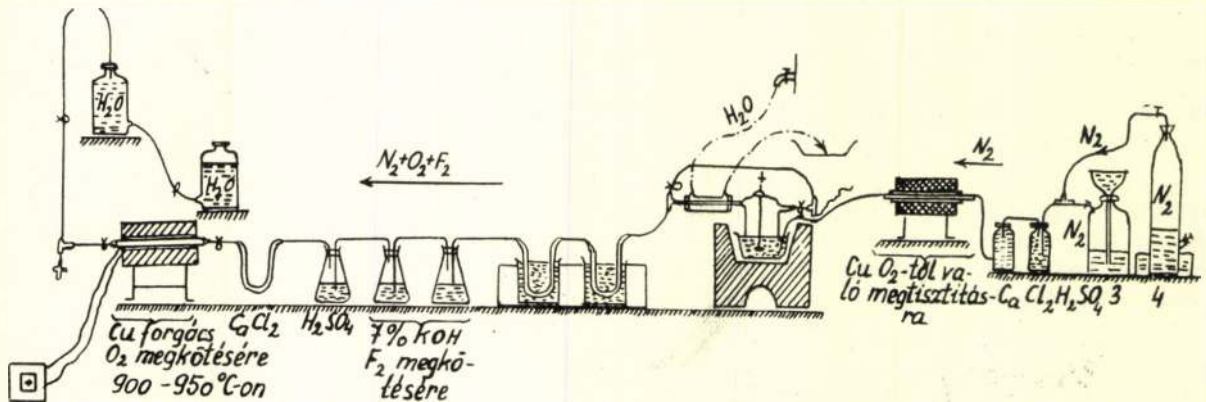


Áramsűrűség és Ampere hatások közötti összefüggés

27. ábra.

lét különböző anyagból készült anódok alkalmazása mellett. Az anódgázok összetételének meghatározására a 28. ábra szerinti összeállítás szolgált.

Ennél az ábránál az 1-el jelzett rész egy kísérleti elektrolizáló cella, mely egy elektromos kemencében van elhelyezve; ebben a kemencében 950–1000°-os hőmérsékletet tartanak. Az anódgázok platinahengeren át távoznak, ebben a hengerben helyezkedik el a 30–35 mm Ø-ű anód. A platinahenger felső részén torkollik a nitrogén-vezeték és az anódgázok elvezetésére szolgáló cső. Az anódgázokat ez a cső egy aránylag kicsiny hűtőbe vezeti, ebből kerül a gáz U-formájú üvegsőbe, mely egy sós jeget tartalmazó edényben foglal helyet. Innen az anódgázok a fluorelnyelésre szolgáló KOH-os edényekbe kerülnek. Végül a gázok megszáritása után izzó réz felett vezetik az oxigén lekötése céljából.



Az anódtermék felszivódásának mérésére szolgáló készülék kryolith-timföld olvadék nem szén-anódokkal történő elektrolízisének.

28. ábra.

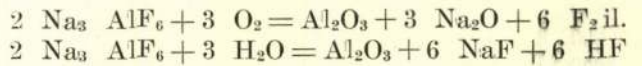
Minden kísérlet előtt az egész rendszert oxigén- és nedvességmentesített nitrogénnel mosták ki, úgyszintén az utolsó oxigén és fluor részeket is ilyen nitrogénnel hajtották végig a berendezésen.

A KOH-oldat F-tartalmát PbClF-alakban leválasztva titrálással, az oxigént pedig a réz súlynövekedése alapján határozták meg.

Az anódgáz-vizsgálatok eredményét a 19. számú táblázat foglalja össze.

Ezeknek az adatoknak a birtokában világos, hogy az anódgáz gyakorlatilag oxigén.

Az eltávozó fluor valószínűleg:



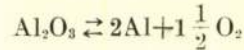
alapján képződik az atmoszféra oxigénje, illetve nedvessége segítségével.

Figyelemreméltó az Fe₃O₄ anódoknál keletkező gázok kicsiny O₂ mennyisége, mely Fe₂O₃-á való oxidálódásra vall.

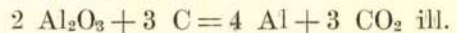
Ezek az eredmények tehát azt mutatják, hogy az anódanyag minőségétől független az elektrolízis mechanizmusa. Szénanód esetén pedig a C₇ ill. C₇₂ képződés másodlagos folyamat.

Timföld bomlási feszültsége oxid- és ferrit-anódok esetén

Nem oxidáló anódoknál a bomlási feszültséget a fordított folyamat szabad energiája alapján határozzuk meg.



Szénanódoknál:



szénanódnál CO₂, ill. CO képződés következtében anód-depolarizáció keletkezik. Így a szén-, ill. nemszén-anódokkal történő elektrolízisek bontási feszültsége között különbség van:

$$E = E, \text{ nemszén} - E \text{ szén}$$

19. táblázat

Az anódgázok összetétele a kriolit-timföld olvadék nemszén anódokkal való elektrolízisének

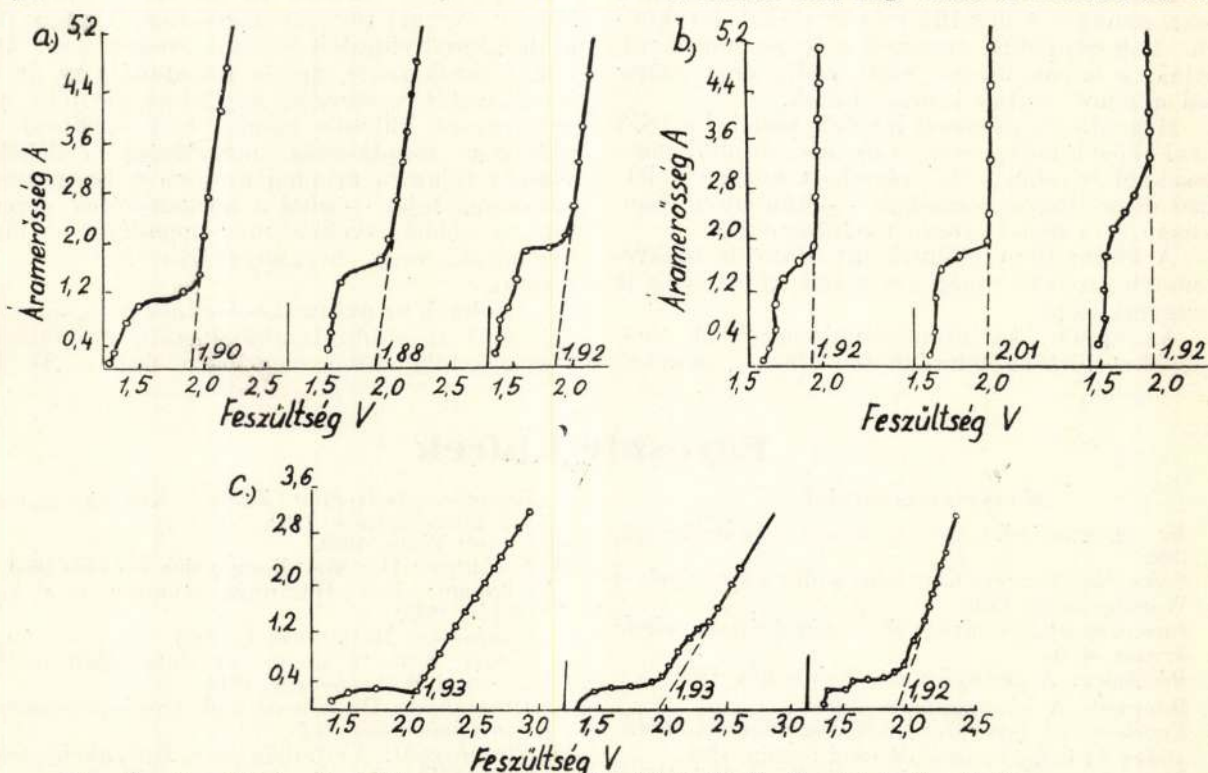
Az anód anyaga	Áramerősség A	Anód- áramsűrűség A/cm ²	Feszültség	Az elnyelt fluorid mennyisége	Az elnyelt oxigén mennyisége	Az áramszerinti oxigénhozam %
Pt	4	1	3,0	0,00178	0,9772	84,0
Pt	4	1	3,0	0,00336	0,9314	79,5
Pt	7	2	3,5	0,00860	0,7942	38,3
Pt	7	2	3,6	0,01160	1,6212	77,6
Pt	9	2,5	4,0	0,00684	1,5496	57,6
Pt	9	2,5	4,0	0,00525	1,8313	68,3
Fe ₃ O ₄	9	3,0	5,6	0,00580	0,6030	22,3
Fe ₃ O ₄	9	3,0	5,5	0,00578	0,9130	34,6
Árammentes vakpróba				0,00570		
Árammentes vakpróba				0,00682		

20. táblázat

Timföld-elektrolízisnél fellépő bomlásfeszültségek különböző anódok esetén (1000°-os 15% timföld tartalmú kriolitban)

Az anód anyaga	Bomlási feszültség V	$E_{\text{nemszén}}$ $E_{\text{szén}}$ V	E_{Pt} $E_{\text{nemszén}}$ V
Szén	1,37		
Pt	2,08	0,71	
Fe ₃ O ₄	1,89	0,52	0,19
NiO·Fe ₂ O ₃	1,93	0,56	0,15
SNO·Fe ₂ O ₃	1,95	0,58	0,13

Különböző anódokra vonatkozó bomlási feszültségeket a 20. sz. táblázat és a 29. ábra mutatja.



a) Bomlási feszültség timföld nem szén anódokkal történő elektrolízisének
 a) Fe₂O₃ anóddal b) NiO·Fe₂O₃ anóddal c) SnO₂·Fe₂O₃ anóddal.

29. ábra.

Gyakorlati következtetések:

Az Fe₃O₄ anódokkal történő elektrolízis alacsonyabb bomlási feszültsége is Fe₂O₃-á való oxidálásra mutat.

A nehézfémoxid és ferrit-anódok jó vezető-képességűek, szilárdak és kémiai ellenállóképességük kielégítő.

Kriolit-timföld olvadékok elektrolízisének az elsődleges anódtermék az oxigén.

IRODALOM:

Ju. V. Bajmakov, K. P. Batasev A. M. Jelanikov és A. J. Buchbinder Trudi L. J. J. 1938. No. 1. Razgyl metallurgi, vip. I.

A. J. Bjelejajev és J. Studencov „Legkie metalli“ 1936. No. 3, 15, 24.

A. J. Bjelejajev és J. Studencov „Legike metalli“ 1938. No. 1, 7—20.

B. Saklatwalla, Zt. f. Elektroch. 1907. 36, 589—591.

F. Horton Phil. Mag. Journ. of Soc. 1906. 505—531.

Levelesláda

Kérdés:

Egy létesítményen — amelyet az alumínium kiváló hővisszaverő képessége miatt alumíniumlemezekkel borítottunk — a könnyűfém tetőt borító lemezek rövid időn belül korrózió következtében tönkrementek.

Kérjük az ügy kivizsgálása után állásfoglalásuk közlését.

Felelet:

A burkoló alumíniumlemezek összetételének megvizsgálása után megállapítást nyert, hogy a könnyűfémlemezek tiszta szinalumíniumból készültek. A szennyezések a szabványban előírt határokat nem haladták túl.

Az anyag a MNOSz 4747 'Al 99.5 előírásainak megfelel.

Megállapítást nyert azonban, hogy a könnyűfém borítás a helytelen szerelés következtében ment idő előtt tönkre. Az alumíniumlemezeket ugyanis részben az épület friss cementből készült szegélyére fektették, részben friss fából készült lécekkel támasztották alá. A cementtel érintkező könnyűfémrészeket bitumenes festékekkel lefestették.

A nyári napsugár hőhatása következtében a bitumenes festékből és a friss fából savas desztillációs termékek keletkeztek, amelyek az alumíniumot megtámadták. Miután a bitumen — az előírások ellenére — nem volt sav- és lúgmentes; desztillációs terméként krezol, fenol és piridin keletkezett. Ezek az anyagok az alumíniumon idővel korróziót idéztek elő.

Ennek bizonyítéka a lemezburkolatnak az a része, amelyre a desztillációs termékek lerakódtak. A desztillációs anyagok a fémot megbarnították, a barna üledék alatt pedig erős korróziós nyomok voltak kimutathatók.

Hasonló jelenségeket lehetett észlelni a friss fával közvetlenül érintkező alumíniumlemez-részeknél is, ahol a fa száradása közben keletkező desztillációs termékek — különösen hangyasav — a fémot erősen megtámadták.

A könnyűfém tetőburkolat időelőtti tönkremenetelét továbbá még két másik körülmény is meggyorsította:

Az egyik: Az alumíniumlemezeknek vasszegekkel történt felerősítése. Bár a szegeket

eredetileg horganyozták, a csak gyengén felvitt horganyréteg az idők folyamán elfogyott, az alatta lévő vasanyag rozsdásodása megkezdődött és a vasrozsa a környező alumíniumot kémiaiilag megtámadta.

A másik: a villámhárítóvezeték helytelen felszerelése miatt a vasszegekkel felerősített alumíniumtetőburkolatban kóboráramok keletkeztek. A kóboráramok a vegyes alumínium- és vasszerkezet elektrolikus korrózióját nagyban előmozdították.

Magát a létesítményt körülvevő légköri viszonyok szennyezett volta az alumínium időtállóságát nem befolyásolta. Annak ellenére, hogy füstgázoktól a levegő erősen kéndioxidos és kormos volt, az alumínium a célnak megfelelt. Ezt a tényt a tetőre fektetett lemezdarabok ép felülete bizonyította.

Összegezve a vizsgálat eredményeit, megállapítható volt, hogy az alumíniumtetőfedés a célnak megfelelt, a hibák kizárólag a helytelen szerelésből kifolyólag következtek be.

A helyes alumíniumtetőfedési szerelés előírásai a következők:

1. Friss cementre és betonra csupasz alumíniumot fektetni tilos.

2. Az alumínium szigetelésére és festésére használt bitumenes festékek sav- és lúgmentesnek kell lennie.

3. Friss fára csupasz könnyűfémot szerelni nem szabad. Ilyen esetben a fát és az alumíniumfémot valamilyen fajta festékekkel (legjobban cinkkromáttal) kell befesteni.

4. Az alumíniumtetőszerkezet szerelésének legmegfelelőbb módja az alumíniumötvözetből készült szeggel történő felerősítés. Amennyiben alumíniumötvözetből készült szegek nem állnak rendelkezésre, úgy a felhasználásra kerülő horganyzott vasszegek megfelelő kivitelű horganyzására különös gondot kell fordítani. Az utólagos rozsdásodás megelőzése érdekében viszont célszerű minden esetben a horganyzott vasszegek fejét — ahol a horganyréteg munkaközben többé-kevébbé már megsérült — cinkkromátos, vagy horganyiszürke festékekkel befesteni.

Ezeknek az óvintézkedéseknek a figyelembevételével az alumíniumból készült tetőburkolat a célnak tökéletesen meg fog felelni. **D. A.**

Egyesületi hírek

Könyvtárszaporulat.

Dr. Gillemot László: A fémek technológiája, 1950.

Schwalm: Theorie und Praxis der galvanischen Werktechnik, 1950.

Immermann: Öntvények gyártásának ellenőrzése, 1950.

Bjelajev: A könnyűfémek kohászata 1950.

5. *Dancsics:* A bányagépész. 1948.

Kazibadzse: Bányatársaságok légáramlása ellenállása új fajta biztosítási mód esetén, 1950.

Zsevachov: Kohászati üzemek hőgazdálkodása, 1949.

Jegorov—Amitrejev—Zikov: Kokschemencégek kéntelenítése. 1950.

Vogel: Titan, 1950.

10. *Loskutov:* Die Metallurgie des Zinkes, 1950.

Kubasta: Das Härtungsverhalten der Edeltähle, 1949.

Goedenitz: Metallguss I., 1950.

Vogel: Neue Wege in der Metallurgie der Lager- und Weissmetalle, 1949.

Diepschlag: Die Giess- und Anschmitttechnik in den Giessereien 1949.

15. *Grumbrecht:* Leitfaden der Braunkohlenbergbau, 1949.

V. P.

ALUMINIUM

Szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: Solt Sándor.

Szerkesztőség: V. Szalay-u. 4. Telefon: 129-696. — Kultúra Nyomda VIII., Conti-u. 4. Felelős nyomdavezető: Heitter Imre

ALUMINIUM

A MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET ALUMINIUM SZAKOSZTÁLYA
ÉS A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

29. szám

Az alumínium felületi oxidációjának kémiai módszerekkel történő mesterséges erősítése; könnyűfémek festékalapjának újfajta kiképzése

DR. DOMONY ANDRÁS

II. rész.

Автор: Др. Андраш Домонь

Новое образование основы для окраски легких металлов.

Искусственное усиление оксидной пленки на алюминиевой поверхности, химическим путем.

by Dr. Andrew Domyony.

Artificial Thickening of the Oxid-Film of Aluminium with Chemical Processes. New Production of Protective Coatings for Light Metals.

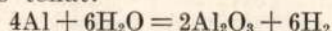
Mesterségesen erősített oxidréteg.

A fent vázolt követelményeknek megfelelő mesterséges oxidhám előállítása már régen ismeretes. Az elterjedt kémiai és elektrokémiai eljárások részletes ismertetésével kapcsolatosan utalok a bő szakirodalomra (1., 2., 4., 5., 8). Az eddig ismeretes összes eljárások megegyeznek abban, hogy a mesterségesen erősített oxidréteg előállítása kádakban, aránylag hosszabb ideig és legtöbbször magasabb hőfokon történik.

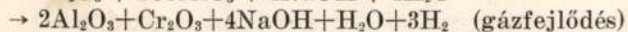
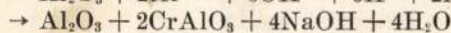
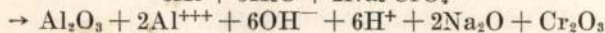
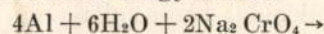
Ezzel szemben — amint azt a bevezetőben is vázoltam — a célunk olyan mesterséges oxidhártya előállítása volt, amely mártás nélkül, szórás segítségével legyen összeállítható.

Feladatomból megoldása érdekében először vizsgálat tárgyává kellett tenni a kémiai eljárások segítségével mesterségesen erősített alumíniumoxidhámok keletkezésének szerkezetét.

Az összes kémiai oxidációs eljárások elvi alapja az alumínium vízbontóképesége. Az alapreakció tehát:



A kémiai úton történő oxidhám erősítésének folyamatát pedig valószínűleg a következő egyenletekkel lehet magyarázni:



Megfelelő oxidhámképződéshez tehát a következő reakciócsoportok szükségesek:

I. A természetes oxidhám oldási lehetősége, hogy a felszínre kerülő színtém vizet bonthasson. Ez, vagy savakkal — komplex-vegyületek alakításának formájában történhet (foszfátok, fluoridok, szilikátok) —, vagy lúgos közegben.

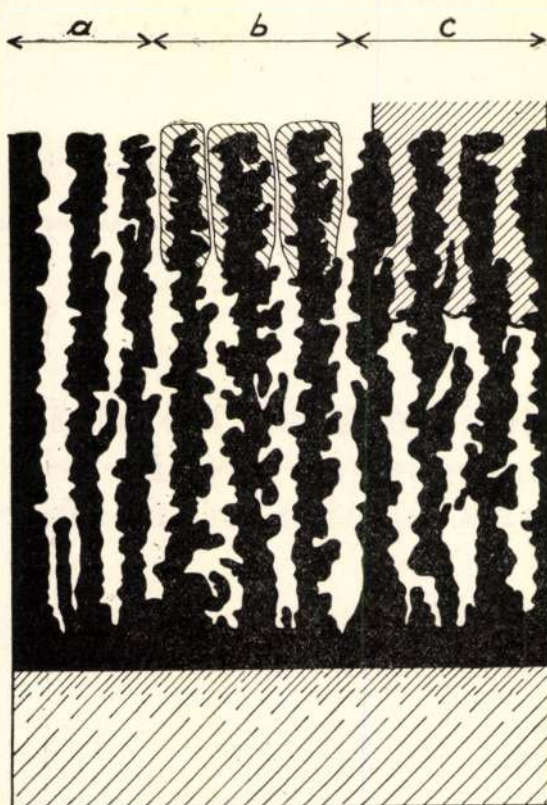
II. A lúgos, vagy savas maróanyag mellett szükséges az úgynevezett inhibitor, mely reakciógátló hatása következtében elősegíti az új oxidhám keletkezését. A legtöbb, ismert inhibitor, vagy komplex-vegyület, vagy még inkább olyan fémek sóiból áll, amelyek vegyületei a fém több vegyértéke mellett állandóak (8). Az alumínium oldásánál keletkezett H_2 az inhibitor részlegesen redukálja, a több vegyértékű sók viszont oxidatív hatást fejtenek ki, amely körülmény a mesterséges alumíniumoxidréteg keletkezését nagyban előmozdítja.

M. Schenk (2) szerint az inhibitorok oxidatív hatása csak közvetlenül érvényesül azáltal, hogy elsődlegesen redukálódva alacsonyabb vegyértékű sókat alkot, melyek ismét hidrolizálnak. Ez a bomlási folyamat oxidatív-hatást fejt ki és az inhibitor egy része az eredeti vegyértékre oxidálódik; a másik része alacsonyabb vegyértékkel az újonnan keletkezett alumíniumoxidhámra épül be. Ez a kettős szerep magyarázza azt a tényt, hogy mesterséges alumíniumoxidhám előállításához nem felel meg minden fajtájú oxidációs szer. A legjobban beváltak a króm különböző vegyületei.

Az új hártát ugyanis a lúg a hámra beépülő Cr_2O_3 inhibitorikus hatása következtében már nem tudja megtámadni és ezáltal mód van arra, hogy Al_2O_3 -ból és Cr_2O_3 -ból álló új, vastagabb védőréteg keletkezzen. A réteg összetételét meglemezzve kerekén 75% $Al(OH)_3$ -t és 25% $Cr(OH)_3$ -t találtak (9). Az így keletkezett rétegek szürkés színe is a beépített krómsóktól származik.

A mesterséges pórusos oxidréteg növekedése a következőképpen képzelhető el: a hatóanyag a keletkezett friss réteg pórusain mindaddig keresztül diffundál, amíg a póruscsatornák nem hosszabbodnak meg annyival, illetve nem tömődnek el olymódon, hogy a hatóanyag csupasz fémmel már érintkezésbe kerülni nem tud. Ilyenkor a védőhártya növekedése befejeződik. Az előállított hártya pórusos szerkezetét viszont a festék beszívódását, illetve tapadását nagymértékben biztosítja (l. 5. sz. ábrát).

A fenti ábra vázlatban ábrázolja a mesterséges oxidréteg pórusos szerkezetét. A „b”-vel jelzett ábrarész festés előtt vízgőzzel, zsírral, vagy egyéb anyaggal tömített oxidréteget szem-

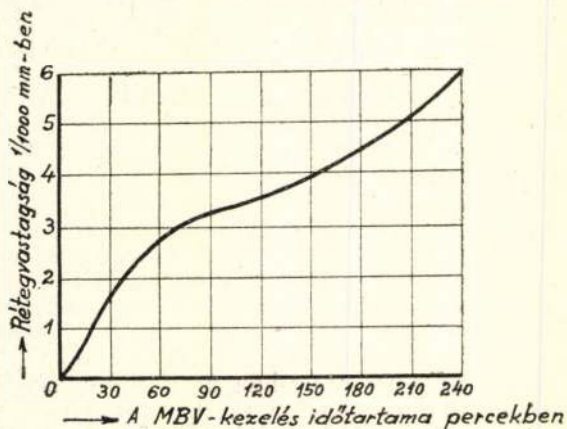


5. ábra.

Mesterségesen erősített oxidréteg vázlatos rajza. a) tömítetlen hártya, b) nedvességgel, zsírral stb. tömített hártya, c) festékkel tömített hártya.

léttel. Láthatjuk, hogy az utólagos tömítéssel a jó festékalap kiképzéséhez annyira szükséges pórusokat teljesen elzárhatjuk. Ezért lényeges, hogy a mesterséges oxidáció után a tárgyakat tisztán tartsuk, festésükről sürgősen gondoskodjunk, mert ellenkező esetben — amint azt a természetes oxidréteg viselkedésénél is láttuk — huzamosabb idő múlva, még a levegő páratartalma is, nem kívánt mértékben tömítheti a pórusokat.

A mesterséges oxidréteg vastagságát és szerkezetét a fürdő összetétele és hőfoka, valamint a kezelés időtartama határozza meg. A 6 sz. ábra a legelterjedtebb összetételű (50 g) 1 Na₂CO₃ + 15 g(1 Na₂CrO₄) oxidálószerbe 90—95° C-on mártott alumíniumlemezen képződő rétegvastagság növekedését szemlélteti.



6. ábra.

Az előbb megadott összetételű 90—100° C-on működő fürdőn túlmenően ismereteseke alacsonyabb hőfokon dolgozó oxidáló keverékek is. Ezeknél a fokozott hatást a lúgosság növelésével érték el. A huzamosabb reakciós idő miatt azonban a mártogatás itt is szükséges.

A szódás-bikromátos oxidációs eljárások mellett még igen sok egyéb hasonló elvi alapon működő oxidációs eljárás ismeretes. Ezeknek együttes közös vonása, hogy a mesterséges oxidréteg kiképzését magasabb hőfokon, fürdőben történő mártogatással érik el.

A legutóbbi időkben külföldön olyan eljárások is meghonosodtak, amelyek az eddig ismeretett eljárásoktól abban térnek el, hogy a foszforsav alumíniumoxidoldó és alumíniumfoszfátképző hatását felhasználják. Ezekkel az eljárásokkal, a szabadalmi leírások szerint, permetezés segítségével is alumíniumfoszfát festékalap állítható elő. Az így előállított rétegeknek azonban korrózióvédő hatásuk nincsen, előállításuk pedig drága, nehezen beszerezhető foszforsavat igényel. A számos különböző szabadalmi leírásból példaként az USA 2,472.864. számú alapszabadalmára utalok, amely szerint a hatóanyagok összetétele:

H ₃ PO ₄	11,— gr/1
As ₂ O ₅	1,— gr/1
CrO ₃	3,6 gr/1
NaF	3,1 gr/1

vagy

NaH ₂ PO ₄ + H ₂ O	31,— gr/1
As ₂ O ₅	0,5 gr/1
NaF	5,— gr/1
K ₂ Cr ₂ O ₇	10,6 gr/1
HCl	4,6 gr/1

vagy

As ₂ O ₅	2,— gr/1
H ₃ PO ₄	61,— gr/1
NaF	5,— gr/1
CrO ₃	10,— gr/1

A szabadalmi leírás szerint ezek a szerek hidegen 5—10 perces, 80° C-on 1—2 perces kezelési idő alatt megfelelő festékalapot szolgáltatnak. Az irodalmi közlések viszont arra utalnak, hogy a rétegek a korrózióval szemben érzékenyek. (Lásd 2. oldal).

Újtípusú, szórás segítségével is képezhető mesterséges oxidhártya előállítása.

A fentiekből kitűnik, hogy könnyűfémeken szórás segítségével is — ha kellő mértékben agresszív, gyorsanható keverékkel dolgozunk — egy megfelelő, pórusos, korrózióálló festékalapot képezhetünk ki.

Erre a célra megfelelő összetételű keveréknek az alábbi oldat bizonyult:

- 10 súlyrész káliumbikromát,
- 4 súlyrész kalcinált szóda,
- 4 súlyrész szilárd nátriumhidroxid,

60 súlyrész víz (desztillált-víz, vagy lágykútvíz). A keverék elkészítéséhez csak desztillált-víz, vagy lágy-víz használható, mert a keményvizek sótartalma a keverék elkészítése közben kicsapódik.

A leírt összetételű keverék oxidatív hatásának kivizsgálására a megadott oldattal kü-

lönböző hőfokon 99,5%-os tisztaságú, lágy alumíniumlemezeket permeteztünk be és utána megállapítottuk a keletkezett alumíniumoxid-hámok rétegvastagságát. 1 dm² fújtatásához 10 cm³ folyadékot használtunk. Az oldatot a lemezen 10 percig száradni hagytuk, utána vízzel lemostuk.

a) Rétegvastagság vizsgálata.

Az alumíniumoxid rétegvastagság vizsgálatokat az alábbi módszer szerint végeztem. Az eljárás abból áll, hogy a megadott felületű, zsirtalanított és pontosan lemért próbát (kb. 1 dm²) forró (80° C-on) 40%-os H₂SO₄-ben, amelyhez 2 g/l Sb₂O₃-t adtunk, marattam mindaddig, amíg a fém felületére kicementált fekete Sb nem jelezte az oxidhám tökéletes oldását. A reakció 40–70 másodperc alatt befejeződött. A fémalumínium oldását a kicementáló Sb inhibitorként megakadályozza. Az oxidréteg leoldása után a próbát vízzel öblítettem, a cementált Sb-t 30%-os hideg salétromsavban történő mártással eltávolítottam, vízzel lemostam, szárítottam és mértem. A műveletet a próba súlyállandóságáig folytattam. A mért súlykülönbség az alábbi képlet szerint szolgáltatja a réteg vastagságát:

$$H = \frac{100 \cdot G}{3,1 \cdot F} \text{ rétegvastagság mikronban}$$

H = rétegvastagság mikronban.

F = a próba teljes felülete dm²-ben.

G = súlykülönbség g-ban.

3,1 = oxidréteg fajsúlya.

1. táblázat

	Lemez	Oldat	Oxidréteg vastagsága mikronban
	hőfok C°-ban		
1. Lágy alumínium lemez mű által szállított állapotban . .	—	—	0,1
2. Hideg oxidáló szert hideg lemezre permetezve	20	20	0,3
3. Meleg oxidáló szert hideg lemezre permetezve	25–30	80	0,6
4. Meleg oxidáló szert meleg lemezre permetezve	70–80	80	1,0
5. Szokványos MBV-eljárással 30'-ig mártott lemez	95	95	4,—

A kémiai oldással nyert eredmények ellenőrzésére a szokványos MBV-eljárás szerint oxidált lemezből csiszolatot készítettem a rétegvastagság meghatározására. A mikroszkópiai csiszolaton leolvasott átlagos rétegvastagság 4,2 mikron volt.

Az eredmény a kémiai úton meghatározott rétegvastagsággal jól egyezett.

Ezekből az eredményekből látható, hogy az általam összeállított oxidálószer már hidegen is hat; ha pedig a tárgyat gyengén előmelegítjük (vagy forró levegővel, vagy világító lánggal) megfelelő vastagságú oxidréteget kapunk.

b) *Korróziós vizsgálatok.* Az I. sz. táblázat szerint kezelt lemezeket a szokványos keverék-korróziós vizsgálatnak vettem alá. A korróziós oldat 3%-os NaCl+1% HCl volt. A vizsgálatot 20° C-on három napig folytattam, a próbák mérete 200×20 mm-es, 1 mm vastag lemezcsíkok. Az oxidált lemezcsíkokat a korróziós vizsgálat előtt, közvetlenül az oxidációs kezelés után a pórusok tömitése céljából 5 percig 100° C-os desztillált vízben kifőztem. Háromnapos korrózió után a lemezcsíkok súlyvesztése (3 próba átlagos értéke).

2. táblázat

	Súlyvesztés
1. Alumíniumlemez eredeti állapotban	0,67 gr
2. Hideg oxidáló szer hideg lemezre permetezve	0,64 gr
3. Meleg oxidáló szer hideg lemezre permetezve	0,42 gr
4. Meleg oxidáló szer meleg lemezre permetezve	0,37 gr
5. Szokványos MBV-eljárással kezelt lemez	0,15 gr

Az új oxidációs eljárás korrózióvédő hatása a fenti vizsgálatok alapján bebizonyosodott.

c) *Lakkozott próbák vizsgálata.* (Tapadás, kopásállóság).

A kísérleteket 99,5% tisztaságú lágy alumíniumlemezzel végeztem:

1. próba: Az eredeti felületű kereskedelmi lemezt butilalkoholban és észterekben oldott kereskedelmi nitró-lakkal szórópisztoly segítségével lefújtam.

2. próba: A lemezt 20%-os forró nátronlúggal pácoltam (a felület érdesítése és zsirtalanítása céljából), utána 1. szerint festettem.

3. próba: A lemezt triklóretilénnel gondosan zsirtalanítottam és 1. szerint festettem.

4. próba: Foszforsavas előkezelőszert:

20 cm³ H₃PO₄ (1,80 fajsúly)

10 cm³ H₂O

1,2 gr K₂Cr₂O₇

0,6 gr NaF

20 cm³ butilalkohol

20 cm³ propilalkohol

melegen fújtattam az eredeti felületű lemezre és utána az 1. szerint lakkoztam.

5. próba: 15 térf. % (1,84 f. s.) kénsav, 85 térf. % víz, 7,5 g K₂Cr₂O₇ összetételű maratószer szórtam melegen az eredeti felületű lemezre, utána 1. szerint lakkoztam.

6. próba: Az előbbi fejezetben leírt oxidálószer melegen fújtattam a lemezre és utána 1. szerint lakkoztam.

a) *Összehasonlító rétegvastagság-vizsgálatok.*

A rétegvastagság méréséül az alumínium jelenlévő alumíniumoxidhártya elektromos-átütési szilárdságát használtam fel. A méréseket 4 Volt feszültség mellett végeztem. Az áramvizsgálók legömbölyített 2 mm átmérőjű rézhuzalok, amelyeket egyenletes, gyenge nyo-



7. ábra.

8. ábra.

9. ábra.

10. ábra.

11. ábra.

mással érintkeztettem az alumíniumlemezek felületével.

A 4 V-os áram az 1,5 számú próbáknál mindenütt átütött, mesterségesen erősített védőréteg tehát nincs; a 6. sz. próbánál, a keletkezett oxidréteg szigetelő képessége folytán, a 4 V-os áramot már nem engedte áthaladni.

b) Lakktapadási vizsgálat és korróziós vizsgálatok.

A lemezekre szórt nitrolakkot 12 órán át a szobahőfokon szikkadni hagytam, majd kb. 40° C-on 4 órán át szárítottam, utána Erichsen-készüléken 20 mm átmérőjű golyóval a lakkozott lemezeket mélyhúzási próbáknak vetettem alá. Az Erichsen-készüléken a húzást a lakk repedéséig folytattam. A táblázatban közölt számok a lakk repedéséig húzott Erichsen-csészék mélységét jelzik:

3. táblázat

1. próba	0,8	1,1	1,3	Átlag 1,43
2. próba	3,3	3,5	3,6	Átlag 3,46
3. próba	3,5	3,2	2,7	Átlag 3,46
4. próba	3,2	4,0	3,8	Átlag 3,66
5. próba	3,0	2,8	2,5	Átlag 2,76
6. próba	3,2	3,7	3,6	Átlag 3,50

A vizsgált értékek azt bizonyítják, hogy azoknál a próbáknál, ahol a felületi réteg megerősödött (akár mint foszfát, akár mint oxid) a lakk tapadása legalább egyenértékű, vagy jobb, mint az erősen feldurvított felületű, de igen korrózióérzékeny, lúgosan pácolt lemezeknél.

Az Erichsen-csészék további vizsgálatánál megállapítható volt, hogy a húzott csészék felületén a felrepedt lakkréteg viselkedése a lemez előkezelésétől függően más és más.

7. sz. ábra a kezeletlen felületű lemez 3 mm magas kúpját szemlélteti, amelyen látható, hogy a lakkréteg a húzott helyen teljesen lepattogzott.

Ezzel szemben a 8. sz. ábra a 6-os kezelés szerint oxidált felületű lemez 3,5 mm magas sértetlen lakkrétegű húzott részét ábrázolja.

9. sz. ábra oxidált felületű lemezből húzott 5 mm magas kúpot szemléltet. Látni a repedt, de jól tapadó lakkréteget.

10. sz. ábra foszforsavas szórással kezelt lemezből húzott 5 mm magas kúp képe. A lakkréteg gyengén pattogzik.

11. sz. ábra a lúgosan pácolt lemezből húzott 5 mm magas kúp képe. A lakkréteg itt már erősen pattogzik.

c) Korróziós vizsgálatok.

Az 1—6. szerint kezelt és lakkozott lemezeket a szokásos tengervíz (3%-os NaCl, 1%-os HCl-tartalmú) korróziós folyadékba mártottam és 20° C-on 48 órán át áztattam. 48 óra leteltével elvégzett vizsgálatoknál a lakkréteggel kapcsolatosan az alábbiakat észleltem:

1. sz. lemezeknél (eredeti felületre lakkozott) a korrózió- és gázfejlődés a lakkréteg alatt gyengén megindult. A lakkhártya ennek megfelelően néhány helyen a fémtől kezd elválni.

2. sz. lemezeknél (lúgosan pácolt és lakkozott) a lakkhártya az erős korrózió következtében a lemeztől tökéletesen elvált.

3. sz. lemezeknél (szerves anyagokkal zsirtalanított és lakkozott) a lakkréteg alatt a korrózió és gázfejlődés megindult. A lakkhártya felhólyagzott (nagyobb mértékben, mint az 1. sz. próbáknál).

4. sz. lemezeknél (foszforsavas kezelés és lakkozott) ugyanaz, mint a 3. számú próbáknál.

5. sz. lemezeknél (kénsavas kezelés és lakkozott) a rossz lakktapadás miatt nem is vizsgáltam.

6. sz. lemezeknél (oxidációs kezelés és lakkozott) a lakkréteg alatt korrózió- és gázfejlődés nincs. A lakkhártya tapadása kifogástalan.

További 24 órás tengervízben való áztatásnál:

1. sz. lemezeknél a korrózió- és gázfejlődés a lakkréteg alatt továbbhaladt, a lakkfilm viszont még tapadt.

3. sz. lemezeknél a korrózió- és gázfejlődés miatt a lakkfilm a lemeztől elvált.

4. sz. lemezeknél a korrózió- és gázfejlődés miatt a lakkfilm a lemeztől elvált.

6. sz. lemezeknél sem korrózió-, sem gázfejlődés nem volt észlelhető, a lakkréteg tapadása tökéletes.

További 24 óra után:

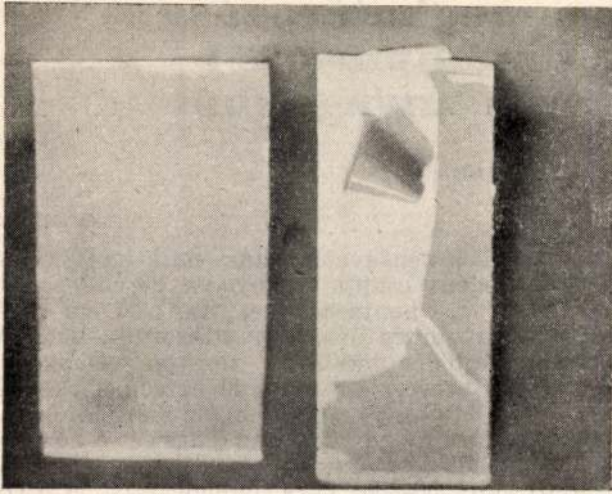
1. sz. lemezeknél a lakkhártya a korrózió következtében felhólyagzott és a fémtől elvált. (Lásd 12. sz. ábra).

6. sz. lemezeknél a lakkréteg alatt gyenge gázfejlődés volt észlelhető, a lakkhártya tapadása azonban még kifogástalan volt. (Lásd 13. sz. ábra).

A rétegtapadóképeség — és korróziós vizsgálatok alapján megállapítható, hogy az újonnan kikísérletezett lakkalapképző-eljárás korróziós — valamint festhetőségi szempontból is a követelményeknek megfelel.

d) Lakk-koptatási vizsgálatok.

Tekintettel arra, hogy a korróziós és lakktapadási vizsgálatoknál csak az oxidált felületű lemezek mutattak kielégítő eredményt, a lakk-



12. ábra.

koptatási kísérleteknél csak eredeti állapotú és oxidált felületű lakkozott próbák összehasonlítására szorítkoztam.

A koptatási kísérletet a 13. sz. ábra szerinti berendezésén végeztem.

A berendezés 200 g súllyal terhelt, 12 mm átmérőjű száraz bőrdugót magábafoglaló karból és egy elektromotorral meghajtott tárcsából áll. A vizsgálendő, lakkozott lemezt csavarok segítségével a tárcsára erősítettem; a súllyal terhelt kar a bőrdugót a forgólemezhez szorította. A vizsgálat arra terjedt ki, hogy azonos súllyal terhelt kar mellett a bőrdugó a különböző előkezelésű lemezekről a lakkot mennyi idő alatt kezdi olymértékben lekoptatni, hogy a fém előbukkanjék.

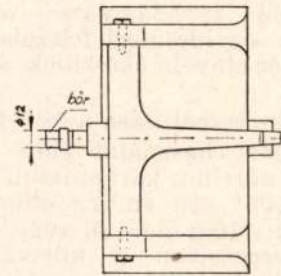
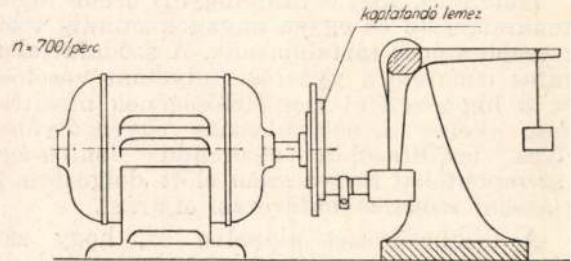
Az összehasonlító eredmények azt mutatják, hogy az eredeti felületre lakkozott lemeztől a festék 5, illetve 6 perc; az oxidált felületű lemeztől 10, illetve 8 perc múlva kezd lekopni.

Az oxidált, szivacsos felületű védőréteg tehát kopás szempontjából is jobb lakkalap, mint az eredeti, síma lemezfelület.

Összefoglalás.

Az elméleti és kísérleti adatokat összegezve, megállapítható, hogy a dolgozatban kifejtettek alapján a megadott összetételű oxidálószer lakkalaképzőként igen megfelelő Sikerült fürdőben történő mártogatás mellőzésével, perme-

tezés útján korrózióálló, szivacsos, megfelelő lakkfelszívó és tapadóképességű oxidhártyát kiképezni. A réteg előállítása iparilag is könnyen keresztülvihető, mert az oxidációs folyamat már 30° C körül megindul, 50–60° C-on erőteljes és rövid időt igényel. Ipari megvalósítás esetén a könnyűfém tárgy előmelegítése gyenge világító lángal történhet, a meleg oxidációszer szórása pedig bármilyen fajtájú fűvőkával.



13. ábra. Koptató berendezés.

IRODALOM.

1. Dr. Wieder Holt: Metallschutz Bank II. 9. old. 1940. Berlin.
2. M. Schenk: Werkstoff Aluminium und seine anodische Oxydation. 295 o'd. Bern. 1948.
3. T. N. Krylowa: A fémeknek levegőn való oxidációja. Bul. Acad. Soc. URSS 1938. 10 89–112 o'd.
4. Dr. Geleji: Alumínium Kézikönyv. 298, 237, 433 o'd. Bpest, 1949.
5. W. I. Archarow: Zur Frage der schützenden Oxydschichten auf Aluminium Zsurnal technicheskoj Fisiki 7 (1937) 1584 old.
6. J. Patrie: Le mécanisme de l'oxydation électrolytique et la formation des couches d'oxyde d'alumine. Revue de l'Aluminium. 1949. 397–403 old.
7. P. W. Nasarow és Ju. Kusnetzowa: A réznek az alumínium korrózióállóságára való befolyása. Legkie Metally US. 5 (1936.) 30–35 o'd.
8. Domony: Alumínium az élelmiszer- és kémiai iparban. Alumínium 1 (1949.) 6–15 o'd.
9. W. Helling: Über die Zusammensetzung der MBV Schicht Z. Aluminium 19 (1937.) 375 old.

„Mindenért, ami ebben az országban politikai, gazdasági, kulturális téren történik, mi vagyunk a felelősek. Minél jobban átérezzük ezt a felelősséget, minél jobban áthatja ez a felelősségérzet mindennapi munkánkat, annál jobban tudjuk elvégezni a reánk háruló feladatokat.”

(R á k o s i)

Szódátartalom pontos meghatározása aluminátlúgokból, vanádiumsóból és egyéb szódátartalmú anyagokból

BOGARDI ENDRE okl. vegyész mérnök

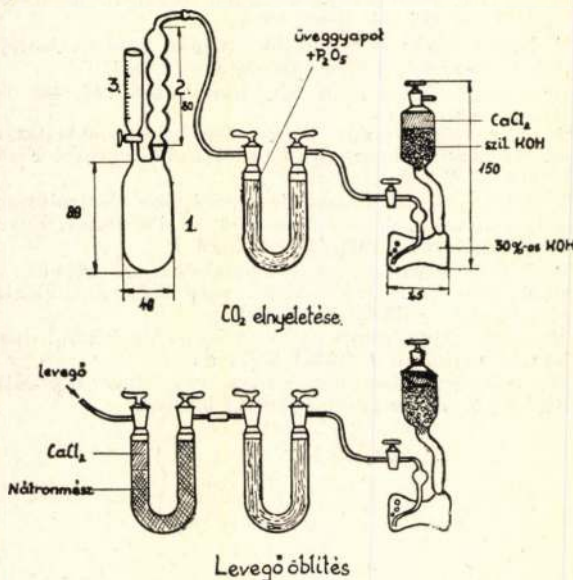
661.321:54:3

Ismeretes, hogy a timföldgyári üzemi lúgok, vanádiumiszap és egyéb anyagok mindig többkevesebb szódát tartalmaznak. A szódátartalom pontos ismerete a gyártási folyamat vezetéséhez, a lúgösszetétel megfelelőségének megítéléséhez, illetve a sókiválasztás egyensúlyának helyes beállításához elsőrendű fontosságú. E szempontokat tartva szem előtt, dolgoztam ki az alábbi szódameghatározási eljárást.

A meghatározás alapelve az, hogy zárt edényben megsavanyított aluminátlúgból, ill. lúgos anyagból savadagolással a karbonátot elbontjuk, az egyidejűleg felszabaduló CO_2 -t elnyeletjük és az elnyeletőkészülék súlygyarapodását mérjük.

A készülék összeállítása a következő:

A készüléket használat előtt kalibráltuk. E célból 10 g nátrium karbonikum anhidrikum pro anal. Riedl-t 250 cm^3 -re oldottunk és ez ismert szódátartalmú oldattal végeztük az ellenőrző meghatározásokat a következő módon. 10 cm^3 fenti oldatot az 1. sz. bontó-edénybe mérünk, hozzáteszünk 5 szem p. a. granulált cinket, melyet az oldatbaétel előtt a következőképpen kezelünk: 5 cm^3 $\text{CuSO}_4 + 5\text{H}_2\text{O}$ 2%-os oldatából a szemcsékre elemi rézet választunk ki. Erre az előzetes kezelésre azért van



szükség, hogy a hidrogénfejlődés a cinknek savval történő összehozásakor azonnal meginduljon. A réz, cink, kénsav ugyanis galvánelemet létesít és így a hidrogénfejlődés rögtön hevesen megkezdődik. Előzetes kezelés nélkül a cinkből csak igen lassan indulna meg a hidrogénfejlődés, ami a CO_2 kiűzését meglassítaná. Ezután az edényre helyezük a 2. sz. léghűtőfeltétet (a csiszolatot kb. H_2SO_4 -gyel kenjük meg), a 3. sz. csapos beosztott savtartócsőbe

50 százalékos kénsavat öntünk, majd az U-cső és elnyeletőedény csapjait kinyitva 20 cm^3 savat eresztünk a bontóedénybe. Az első cm^3 -eket nagyon lassan és óvatosan adagoljuk, mert a hidrogénfejlődés különben nagyon vehemens. A kénsav beeresztése után 20 percen keresztül hajtjuk ki a CO_2 -t az oldatból, ez időre a készüléket magára hagyhatjuk. Az oldási és a közömbösítési hőtől a készülékben levő folyadék ezalatt kb. 50–60° C-ra felmelegszik. A CO_2 kiűzését is elősegíti. Igaz, hogy a hidrogénnel kevés pára is távozik, ez azonban golyós léghűtővel, illetve az U-csőben levő üvegyapotrán vitt P_2O_5 -el könnyen visszatartható — 20 perc letelte után a fejlesztőedényt lekapcsoljuk és az elnyeletőedényben levő hidrogéngáz eltávolítására P_2O_5 -ös U-cső elé CaCl_2 -+nátronmésszel töltött U-csövet kapcsoltan 3 percig levegővel öblítünk, úgyhogy a kálilúgos edényben a buborékok még külön láthatók legyenek. Öblítés után az elnyeletőedényt lekapcsolva, csapjait elzárjuk és mérjük a súlyszaporulatot.

Meghatározásainkból a következő eredményeket kaptuk:

Bemért Na_2CO_3	Mért súlyszaporulat	Kapott Na_2CO_3
0,4000 g	0,1663 g	0,4007 g
0,4000 „	0,1658 „	0,3995 „
0,4000 „	0,1664 „	0,4010 „
0,4000 „	0,1660 „	0,4000 „
0,4000 „	0,1657 „	0,3993 „
0,4000 „	0,1658 „	0,3995 „
0,4000 „	0,1660 „	0,4000 „
0,4000 „	0,1659 „	0,3998 „

A kísérleti táblázatból látható, hogy a bemért szódátartalmat nagy pontossággal max. 0,7 mg eltéréssel kapjuk meg.

Készülékünk kalibrálása után hozzálattunk ismeretlen szódátartalmú anyagokból; aluminátlúgokból, ill. vanádiumiszapból történő szódameghatározás elvégzéséhez.

1. Aluminátlúgokból (Dorr, kikeverő lúg) a meghatározás menete a következő:

A bontóedénybe 5 cm^3 aluminátlúgot pipetázunk, 10 cm^3 kiforralt deszt. vízzel meghígítva összerázzuk, 5 szem rézzel bevont cinket dobunk bele és a készüléket összerakjuk. A csapok kinyitásával a beosztott edényből 20 cm^3 50%-os kénsavat engedünk rá. A savbeeresztés kezdetben lassan történjék és utána is csak olyan részletekben, hogy az anyag túlságosan ne habozzék fel. Ezután, ha a fejlődő hidrogén az oldatot még nem keverte volna össze, illetve a sav a kivált alumíniumhidroxidot nem oldotta fel, a folyadékot óvatosan összerázzuk és hidro-

génnel kihajtjuk a CO₂-t 20 percen át. Ezután elvégezzük a hidrogéngáz kiöblítését és mérjük az elnyelődény súlyszaporulatát.

Kikeverőlúggal végzett meghatározásaink a következő eredményeket adták:

Bemért lúg	Mért CO ₂	Na ₂ CO ₃
5 cm ³	0,0740 g	35,66 g/l
5 „	0,0737 „	35,52 „
5 „	0,0742 „	35,76 „
5 „	0,0738 „	35,57 „
5 „	0,0737 „	35,52 „
5 „	0,0741 „	35,51 „

Sűrű- és feltárolólúgokból történő meghatározás előzőkhöz hasonló módon történik, de a meghatározáshoz 25 cm³ 50%-os kénsavat használunk.

Sűrűlúggal végzett méréseink eredményei:

Bemért lúg	Mért CO ₂	Na ₂ CO ₃
5 cm ³	0,1365 g	65,79 g/l
5 „	0,1368 „	65,93 „
5 „	0,1368 „	65,93 „
5 „	0,1367 „	65,88 „
5 „	0,1366 „	65,84 „

Lúgokból történő szódameghatározásnál 40 cm³ lúg bemérése esetén, a mért súlyszaporulatot 482-vel szorozva kapjuk a lúg Na₂CO₃ tartalmát g/l-ben.

2. Szódameghatározás vanádiumsóból.

Egy g szárított vanádiumsót a bontóedénybe mérünk, 15 cm³ kiforralt deszt. vízben oldjuk, 5 szem cink + 20 cm³ 50%-os H₂SO₄ hozzáadásával a CO₂-t felszabadítjuk. Az anyag erős habzása miatt a savbeeresztést ez esetben is óvatosan kell végezni. Húszperces elnyeletés és háromperces öblítés után mérjük az elnyelt CO₂-t.

Kapott eredményeink:

Bemért szárított vanádiumsó	Mért CO ₂	Na ₂ CO ₃
1 g	0,0836 g	20,15 %
1 „	0,0840 „	20,24 „
1 „	0,0838 „	20,19 „
1 „	0,0837 „	20,17 „
1 „	0,0835 „	20,12 „

Egy g anyag bemérése esetén az Na₂CO₃-ot megkapjuk, ha a mért súlyszaporulatot 241-gyel szorozzuk.

A meghatározásokhoz használt kálilúgos elnyeletőedény alsó részét 30%-os KOH-val, a felső részt kétharmad részben szilárd KOH-val, egyharmad részben aprószemes CaCl₂-vel töltjük. Az edény kb. 25–3 g súlygyarapodásig használható. Kimerülését jelzi, ha a KOH zavarosodni kezd és a szil. KOH alsó része kezd elfolyósodni.

Módszerünket más szódameghatározási eljárásokkal összehasonlítottnak elég jól egyező eredményeket kaptunk.

Mindent egybevetve, módszerünk előnyeit a következőkben látjuk:

1. A meghatározás eredeti anyagból, hígítás nélkül, végezhető.

2. Az eredmények ± 0,1 g/l, illetve ± 0,1% pontosságúak.

3. A készülék felügyeletet nem igényel.

4. A meghatározással eltöltött munkaidő mindössze kb. 10 perc.

Az eljárás tehát pontos szódaértékek megállapítása céljából timföldgyári üzemi laboratóriumokban is kényelmesen alkalmazható.

Összefoglalás:

Alumínátlúgokból és timföldgyári szódatartalmú anyagokból nagy pontossággal meghatározható a szódatartalom a szóda savas megbontása, a CO₂ hidrogénnel való kimosása és gravimetrikus mérése által.

Könnyűfém-tuskóöntődék korszerű berendezései*

DENIFLÉE SANDOR

662.92:669.71

1. A villamos olvasztókemencék csoportosítása.

Az utóbbi 20–25 év alatt nem volt még egy olyan fém, amely annyi vizsgálat, kutatás és kísérletezés tárgyát képezte volna, mint az alumínium és ötvözetei. A nagyarányú kutatómunkának eredményeként tárultak fel oly lehetőségek, amelyek az alumíniumnak ma már erősen kiterjedt használhatóságot biztosítanak. De e kutatások s kísérletezések eredménye lett az a korszerű alumíniumtechnológia is, annak összes gépeivel s berendezéseivel, amely lehetővé teszi, hogy a feldolgozó iparok céljaira a leg-

különbözőbb tulajdonságú, méretű s alakú félgyártmányok a legkitűnőbb minőségben és a legolcsóbb áron álljanak rendelkezésre. Amíg nem oly nagyon régen a fém-művek sok esetben ugyanazokkal a berendezésekkel s gépekkel állították elő a félgyártmányokat színes fémekből s alumíniumból, ma már mindenütt, ahol alumíniumiparról beszélni lehet, a színes fémektől teljesen elkülönített, vagy különálló könnyűfém-művek dolgoznak, felszerelve teljesen korszerű és az alumíniumra szabott gépekkel és berendezésekkel.

A könnyűfém-művek fontos műhelyrésze a tuskóöntőde, amelyben a hengerművek (lemez és huzal) s hidraulikus rúd- és csőszájtok részére

* A Mérnöki Továbbképző Intézetben 1949. év április havában tartott előadás.

öntik a tuskókat alumíniumból s ötvözeteiből. E tuskók minőségére nézve két körülmény döntő: az olvasztás módja és az öntési eljárás. Oly olvasztókemencéket kell tehát választani, amelyek a legkitűnőbb olvasztási viszonyokat biztosítják s oly módon kell az olvadt fémeket a kívánt alakú s méretű tuskókká leönteni, hogy a tuskók egész keresztmetszetükben egyenletes szövözetűek s mentesek legyenek hólyagoktól, zárványoktól és kiválásoktól.

Az alumíniumra legkedvezőbb olvasztási viszonyokat villamos olvasztókemencékben lehet megteremteni, ezért, bár léteznek kitűnő termikus hatásfokú s nagyteljesítményű koks-, gáz- és olajfűtésű kemencék is, korszerű alumínium tuskóöntésekben csak *villamos olvasztókemencéket* találunk. A villamos olvasztókemencék különösen ott használhatók előnyösen, ahol a szükséges áram olcsón áll rendelkezésre s a tiszta üzemén kívül nagy előnyük, hogy hőmérsékletük pontosan szabályozható. Ez utóbbi körülmény gáznyelés és a legtöbb alumínium-ötvözetnek túlhévízés iránti érzékenysége szempontjából fontos. De nemcsak műszaki szempontokból előnyös a villamosárammal történő olvasztás, gazdasági előnyei is vannak, mert a villamos kemencékben kisebb a légési veszteség, s olcsóbbak az olvasztás költségei is.

Még 50 évvel ezelőtt nagyon kevés ipari villamos kemence működött, ma az ipar minden ágazatában nagyon elterjedt a villamossal történő fűtés. A villamos fűtésű kemencékben valamely ellenállás közvetítésével alakítjuk át a villamos energiát meleggé, amelynek mennyisége t másodperc alatt, mivel 1 Watt-napnek 0,24 kal felel meg.

$Q = 0,24 EIt$ (grammkalóriákban kifejezve), illetve, ha a W ellenállás ismeretes, ez a meleg kifejezhető az $E = WI$ összefüggésből

$$Q = 0,24WI^2t$$

alakú egyenlettel is, végül az ellenállás és kapcsolási feszültség ismeretében:

$$Q = 0,24 \frac{E^2}{W} t$$

Tehát tulajdonképpen minden villamos kemence ellenálláskemence, mégis szűkebb értelemben *ellenállásfűtésről* beszélünk, ha az ellenállás szilárd, vagy folyékony anyag és *ívfényfűtésről*: ha az ellenállást gázok, vagy gőzök képezik. A villamos kemencéknek tehát két főcsoportja van: vannak *ellenálláskemencék* és *ívfénykemencék*.

Az ellenálláskemencék lehetnek *közvetlen ellenállásfűtésű* kemencék, ha az áram áthalad a melegítendő anyagon s lehetnek *közvetett fűtésűek*, amely esetben az anyagnak felmelegítése a kívánt hőfokra megfelelő fajlagos ellenállású anyagból készült fűtőellenállás által kisugárzott hővel történik. A közvetlen fűtésű kemencék lehetnek olyanok, melyekben a felmelegítendő anyag van, mint ellenállás, bekapcsolva az áramfejlesztő áramkörébe s olyanok, amelyekben a melegítendő anyag kisfrekvenciájú árammal táplált s vasmaggal rendelkező léghűtéses transzformátor szekunder menetét képezi, vagy nagyfrekvenciájú áram által az anyagban indukált kóboráramok által melegszik fel az a kívánt hőfokra. Ez utóbbiakat külön névvel *indukciós kemencéknek* nevezük, s ezek vagy kisfrekvenciájú, vasmaggal

bíró, indukciós kemencék, vagy pedig magnélküli, nagyfrekvenciájú kemencék.

A villamos kemencék másik főcsoportjába, vagyis az *ívfénykemencékhez*, háromféle kemencefajta tartozik, amelyek:

a) közvetlen ívfénykemencék, amelyekben a felmelegítendő anyag az ív egy vagy két sarkát képezi;

b) egyesített ívfény- és ellenállás-kemencék;

c) közvetett ívfénykemencék, amelyekben a felmelegítendő anyag külön elektródok között létrehozott ívfény által kisugárzott hő segítségével melegszik fel.

Mint a fentiekből látható, a villamos ipari kemencéknek rendkívül sok fajtája létezik s így sokféle olvasztókemencével találkozunk a fémek technológiájában is. Már most megjegyezhetjük azonban, hogy az alumínium tuskóöntésekben a legmegfelelőbb két kemencefajta a *közvetett ellenállás-fűtésű* olvasztókemence és a *kisfrekvenciájú indukciós kemence*.

De legyen akármilyen fűtési rendszere a villamos olvasztókemencének, a gazdaságosság szempontján kívül általánosságban a gyakorlatból leszárt több termikus, fizikai, kémiai és mechanikai követelménynek kell megfelelnie. Ezek a követelmények a következők: gyors olvasztás, egyenletes hőmérséklet, a hőmérséklet pontos szabályozhatási lehetősége, maximális termikus hatásfok, jó hőszigetelés, minimális légési veszteség, az olvasztott fém legkisebb szennyeződése gázok és a kemencebélés által, nyugodt és mozgásmentes fürdő, a kemencéből való kiürítésnek gyakorlatilag legmegfelelőbb módja s végül a kemence pontos hozzásimulása a gyártás menetéhez. Természetesen egy kemence sem felelhet meg valamennyi feltételnek minden egyes esetben és időben, mert például más követelményeket támasztunk folytonos üzem esetén, s másokat szakaszos üzemmenet mellett. Egy mindenesetre bizonyos: legjobb termikus hatásfokot s legnagyobb öntési teljesítményt villamos olvasztókemencéktől is csak folytonos üzemmenettel lehet megkövetelni.

Mielőtt áttérnénk a tuskóöntésre legalkalmasabb villamos kemencék ismertetésére, lássuk röviden az alumíniumöntésre alkalmas villamos kemencék fejlődési menetét.

2. A villamos alumíniumolvasztó kemencék fejlődése.

a) A fejlődés menete.

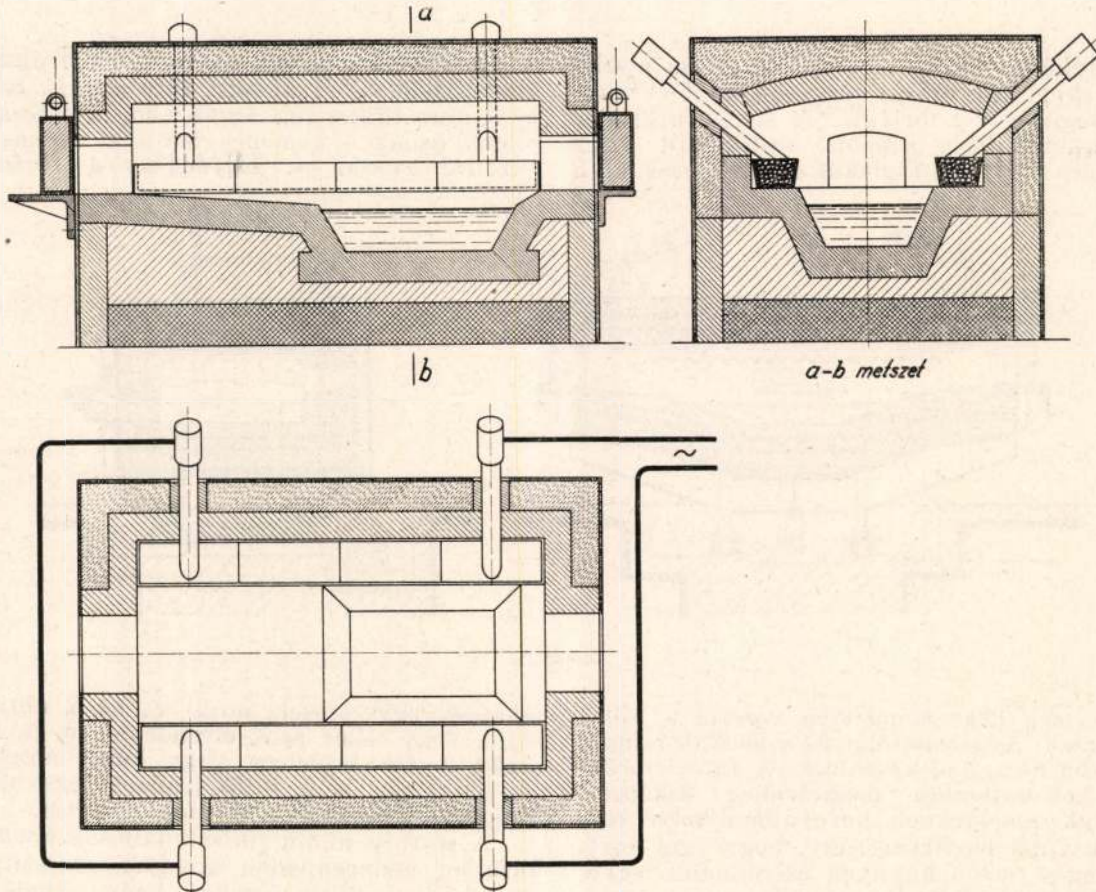
Az acélművekben használatos ívfénykemencék mintájára, amelyeket az acélgyártástól először a szinesfémek technológiája vett át, majd hagyott ott, az alumíniumöntések is megpróbálkoztak az ívfénykemencékkel. Ezek a kemencék azonban alumíniumolvasztásra nem feleltek meg, mert, jóllehet a távolság az elektródok és a fürdő között 200 mm-t is kitett, az alumíniumfürdő felülete erősen túlhevült, úgyhogy nemcsak vastag oxidréteg keletkezett, hanem jelentős alumínium-nitridképződés is fellépett. Így az ívfénykemencékkel való olvasztás már 1920-ban abba is maradt.

Következő fokozata a villamos alumíniumolvasztó kemencéknek a *Baily* által 1918-ban bevezetett grafitellenállás-fűtésű kemence volt, amelynek fűtése két karborundum (SiC)

csatornában elhelyezett 10–20 mm szem-nagyságú grafitdarabokból álló ellenállás útján történt. Ilyenfajta kb. 100 kW esatlakozási értékű olvasztókemencét az Aluminium Industrie A. G. neuhauseni gyárában e sorok írója még 1931-ben rendes üzemben, maga is látott. E sorbakapcsolt olvasztókemence váz-lata az 1. ábrából látható.

Ez a kemencefajta sem terjedt azonban el. A karbonumdumcsatornában levő grafitellenállás változása folytán ugyanis a hőmérséklet pontos beállítása és szabályozása nagyon nehéz, a grafit- és karbonumdumfogyasztás nagy, a feszültséget szabályozó berendezés pedig nagyon drága. Megjegyezhetjük, hogy a neuhauseni kemence 240 volt feszültségű, 50 periódusszámú

A tuskóöntödékben használatos nyílt munkatérű billenthető kemencék fűtőellenállásai a horonytégllákból vagy másalakú téglákból kiképzett boltozatban helyezkednek el s a teknőalakú munkatérbe beadagolt alumíniumot hő-sugárzás útján olvasztják fel. Ez utóbbi okból e kemencékben a fürdő mélysége nem lehet nagy, a fürdő felülete pedig mindig terjedel-mes. A nagy fürdőfelület, valamint a kb. 900 fokos hőmérséklet oxidképződés szempontjából azonban nem mondható előnyösnek. A fürdő hőmérséklete e kemencékben 730–750° C szok-tott lenni az ellenállások hőfoka pedig 1000–1100° C. Fűtőellenállások céljaira, mint később látni fogjuk, ma már különféle kiténő ellen-állásanyagok állanak rendelkezésre.



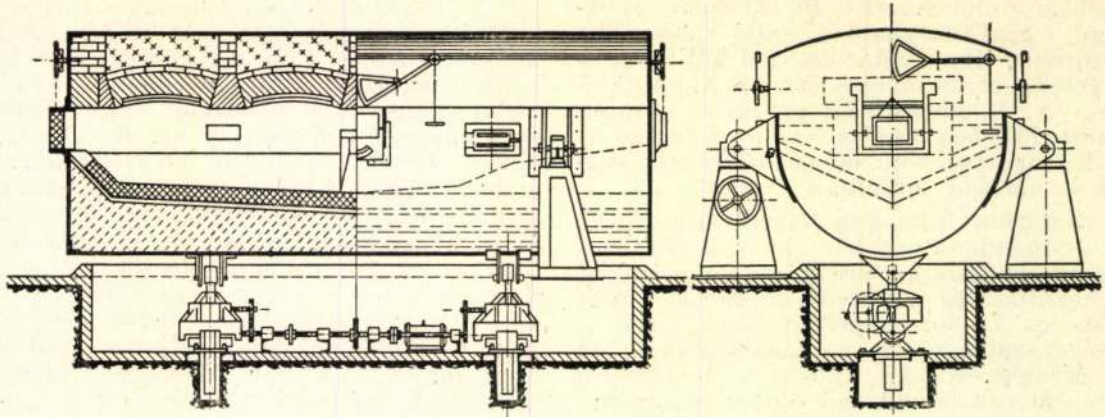
1. ábra.

váltakozóárammal dolgozott, adatnagysága 600 kg, s fogyasztása 100 kg-ként 80 kWó volt. A kemencéből 8 óra alatt 1000 kg hengertuskót öntöttek.

Ha a Baily-féle ellenálláskemence nem is volt valami tökéletes, a helyes irányt megmutatta. Nagy lökést az ellenállásfűtésű alu-míniumolvasztó kemencék fejlődésének a megfelelő összetételű és fajlagos ellenállású fémből készült fűtőelemek megteremtése adott. Ekkor már mindenki felismerte az ellenálláskemencék nagy előnyeit, nemcsak az olvasztókemencék, hanem egyéb ipari lágytó-, hőkezelő-, edző-kemencék stb. szempontjából is. A két fő-előny pedig, vagyis a pontos hőmérséklet be-állítási lehetősége és a jó termikus hatások alkalmassá tétele az ellenállásfűtésű kemencé-ket az alumíniumipar számára is.

Ezek az ellenállásfűtésű kemencék egy-aránt alkalmasak alumínium és alumínium-öt-vözetek olvasztására s míg az indukciós ke-mencék megfelelő kivitelben létre nem jöttek, nagyon el is terjedtek a tuskóöntödékben. Kor-szerű billenthető ellenállásfűtésű kemencék hosszmetsete látható a 2., 3. és 4. ábrákban.

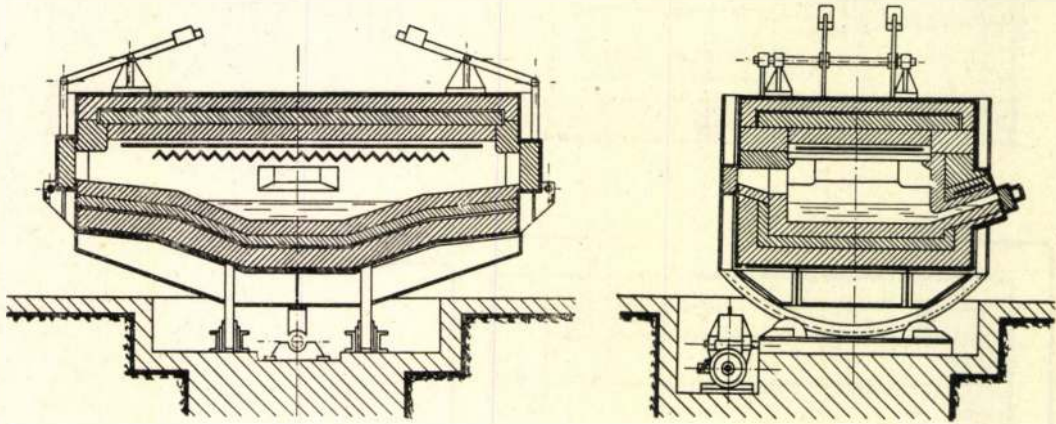
E kemencék munkatere, amelyben az ol-vasztás történik, teknőalakú, s a kemence két keskenyebb oldalán elhelyezett adagolóajtók felé menetesen, legtöbbször padkákban foly-tatódik. Ezen a két padkán történik a betolt szilárd könnyűfém előmelegítése, illetve elő-olvasztása. Az ajtókon kívül célszerű öntött-vasból készült elötétet alkalmazni, amelyre az anyagot az ajtó kinyitása előtt felhelyezzük. Ezáltal az ajtó kinyitása után a beolvasztandó könnyűfémeket gyorsan betolhatjuk az előbb em-



2. ábra.

lített padkákra. Az adagolóajtók nyitása kisebb kemencéknél kézi erővel, nagyobbaknál villanymotor segítségével történik. A kemence kifalazásához különleges samott, szillimanit vagy különleges magnezit téglákat szoktak használni,

A fűtőellenállások legegyszerűbb alakja az ellenálláshuzalból készült fűtőspirális, amelyet az 5. ábra tüntet fel. Az ábrából látható a fűtőellenállásnak a kemence falán át szokásos ki-vezetési módja is. Egyébként a fűtőelemek

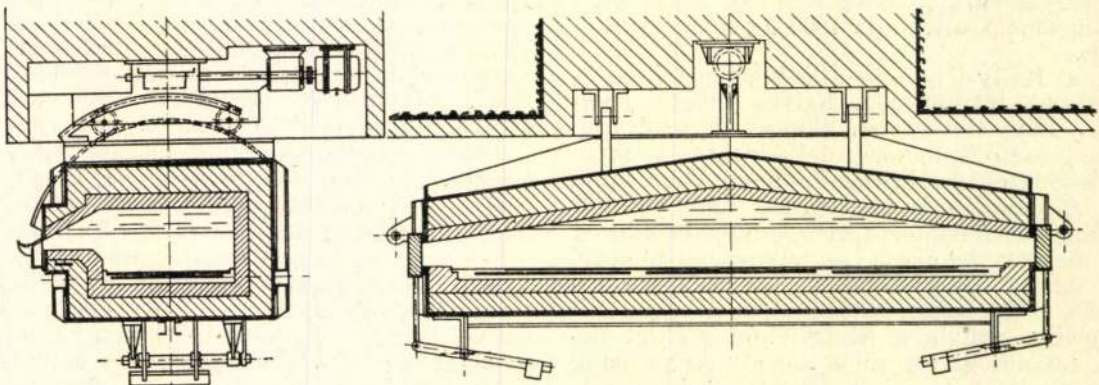


3. ábra.

amelyek még 1200°C -nál sem vezetik a villamos áramot. Az olvasztótér és a padkák mindig ugyanazon anyagból készülnek. A fűtőelemeket hordó boltozattéglák megfelelőleg kiképzett alaktéglák, amelyeknek hornyaiban helyezkednek el a fűtőellenállások úgy, hogy azok esetleges átégés esetén könnyen cserélhetők legyenek. Ez utóbbi okból célszerű a kemenceboltozattot úgy kiképezni, hogy a horonytéglákba a kemence keresztirányában lehessen a fűtőellenállásokat behelyezni.

lehetnek egyszeresek, mint ezt az 5. ábra mutatja, vagy lehet azok elrendezése ú. n. hajtúalakú kettős fűtőelem, vagy lehet négyszeres, sőt hatszoros is. A fűtőspirálisok leggyakoribb elrendezési alakjait a 6. ábra mutatja.

A spirális alakú fűtőellenállások ellenálláshuzalból esztergapadon könnyen elkészíthetők, arra kell azonban ügyelni, hogy a spirálisok átmérője a huzalátmérőhöz képest túlnagy ne legyen, s hogy a menetek egymástól való távolsága ne legyen túl kicsi (lehet $1-1,5d$), vala-



4. ábra.

I. táblázat

Samott mm	40			120			240		
	35	269	460	35	260	460	35	260	460
Belső felület: 0,4 m ²	V e s z t e s é g W/100° C								
	173	47	36,4	215,5	65	49,3	237	89,5	68,5
Belső felület 4,0 m ²	1.395	265	181	1.350	303	206	1.265	356	245
Belső felület: 40,0 m ²	12.600	2035	1245	10.950	2100	1300	9.400	2200	1390
Belső felület: 200,0 m ²	61.000	9460	5560	52.000	9430	5650	42.500	9500	5730

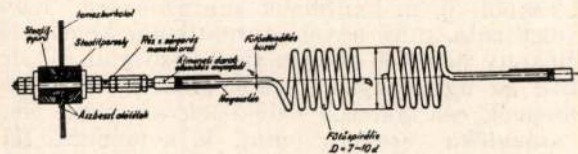
ETZ, 1932. 2. sz.

mint arra is kell vigyázni, hogy a meneteknek egymástól való távolsága egyenlő legyen.

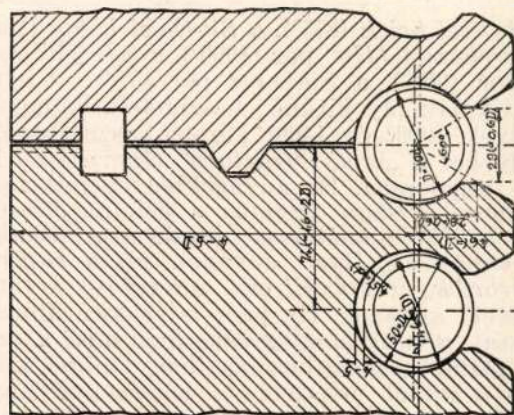
A fűtellenállások elhelyezésére szolgáló néhány jól bevált boltozattégla vázlatát és a fűtőspirálisok eheyzését mutatják a 7., 8. és a 9. ábrák.

A 7. ábra a horonytégla leggyeszerűbb és legelterjedtebb kiképzését mutatja. A 8. és 9. ábrákban pedig oly megoldások láthatók, amelyek lehetővé teszik a fűtőspirálisoknak freccsenések ellen való megvédését. A 8. ábra szerint a spirálisokat az alattuk hornyokban elhelyezett karborundumlapok vagy pedig tűzálló lemezcsíkok védik (Gautschy), a 9. ábrában pedig oly alaktégla-kiképzést láthatunk, amely önmagában alkalmas a fűtőspirálisok megvédésére (Siemens).

A kemencék tűzálló falazatára vonatkozólag meg kell jegyeznünk, hogy annak, s így a boltozatnak sem szabad túlzottan vastagnak



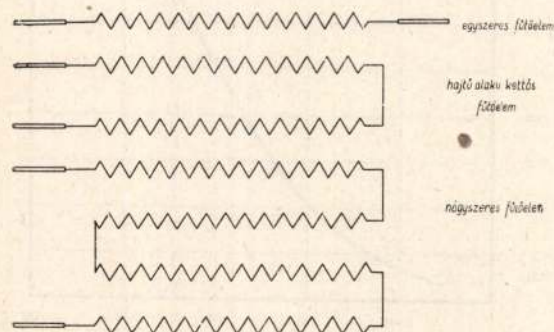
5. ábra.



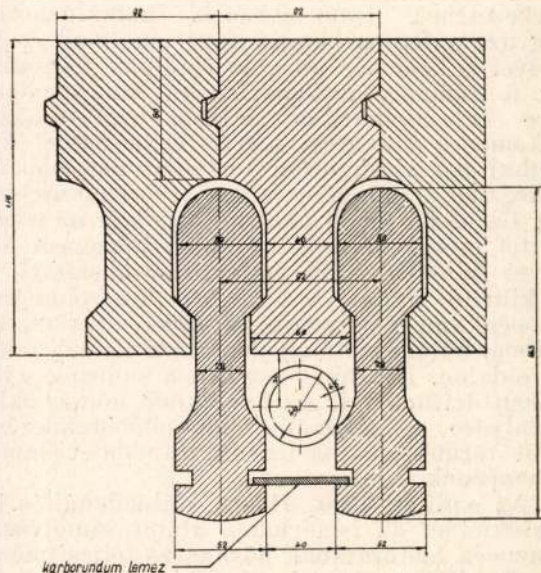
7. ábra.

lennie, annál gondosabban kell azonban a tűzálló falazatot a hőveszteségek csökkentése végett szigetelni. Azt, hogy a samottfalazat vastagsága és a szigetelőréteg között választható arány mennyire befolyásolja valamely villamos kemence állandó hőveszteségeit, W/100^o-ban kifejezve, kivehetjük az I. táblázatból.

Hőszigetelés céljaira, tekintettel a legváltozatosabb villamos ipari kemencék nagy elterje-

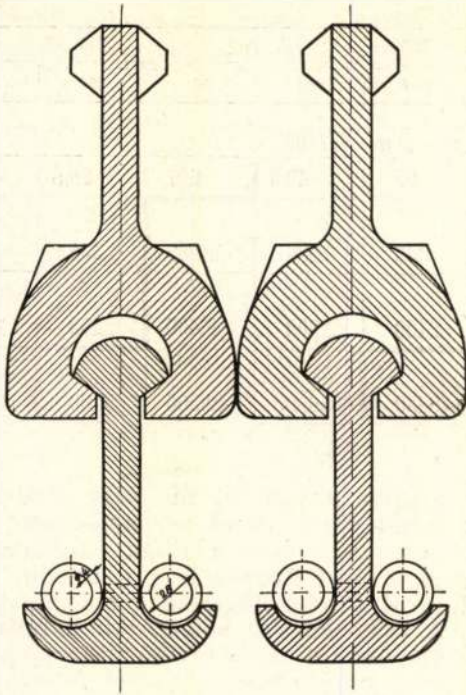


8. ábra.



8. ábra.

désére, sokféle anyag áll ma már rendelkezésünkre mind téglá, mind por alakjában. A jó szigetelőanyagoknak használatban hosszabb idő után sem szabad összeesnie s a tűzálló anyagoknál jóval kisebb hővezetőképességűnek kell lennie. A 800–1000° C hőmérséklet-tartomány között legjobban a kovaföldkészítmények terjedtek el, amelynek a „Sterchamol 200“ (1000°), a „Kieselguhr Halbbrand“ téglák (950°),



9. ábra.

a *Sil-O-cel brick* (875°), a *Sil-O-cel beton* (1000°), a *Sterchamol IIIa* por (1000°), a 8 R jelű *kovalföldpor* (900°), a *Sil-O-cel* por 875°). Újabbán előállítanak oly kitűnő hőszigetelő anyagokat, amelyek 1000° és 1400° között használhatók, s amelyeket a „*semi-refractory*” elnevezéssel hoznak forgalomba. Ez anyagokból égetett téglák nyomószilárdsága jelentős s belőlük készítenők a fűtőellenállások hordására alkalmas alaktéglák is. Ilyen anyagok pl. a *superdia*, *superbrick*, *crystalit* stb. elnevezésű kerámiai szigetelő anyagok. Ha nem is szigorú általánosítással, annyit megjegyezhetünk még a szigetelő téglákra vonatkozólag, hogy minél szilárdabb s minél nehezebb a hőszigetelő anyag, annál nagyobb a hővezetőképessége, s minél lyukacsosabb s könnyebb az, annál kisebb ez a tényező.

A buktatható ellenállásfűtésű kemencék szerkezetének ismertetéséhez hozzáfűzhetjük még azt a fontos berendezést, amelynek segítségével a kemence adagoló ajtóinak felhúzásakor a kemence automatikusan kikapcsolódik. Erre balesetelhárítás céljából van szükség. A kemence billentése kisebb egységeknél kézi meghajtású szerkezettel történik, nagyobb kemencéknél erre a célra villamosberendezés szolgál. Üzembiztonsági okokból azonban az utóbbi kivétel esetén is el kell látni a kemencét kézi erővel működtethető billentőberendezéssel is. A kiürítő nyílás a kemence hosszoldalának közepén van elhelyezve az egyik oldalon, sok esetben, különösen nagyobb kemencéknél, mindkét oldalon. Ez utóbbi esetben a kemence gyorsabban üríthető ki. Az önműködő hőmérséklet-szabályozó a normális kapcsolóberendezésen kívül természetes tartozéka minden villamoskemencének.

Az említett 1000–1100° C fűtőellenállás hőmérsékletnél az ismertetett alumíniumolvasztó kemencék boltozatának hőszugárzó teljesítménye 25–30 kW/m², áramfogyasztásuk pedig, mint az egyéb adatokon kívül a II. táblázatból ki-

vehető, folytonos üzem esetén 55–43 kW/100 kg szokott lenni. Ezek a kemencék 500–10.000 kg betétre készülnek 100–600 kW csatlakozási értékekkel.

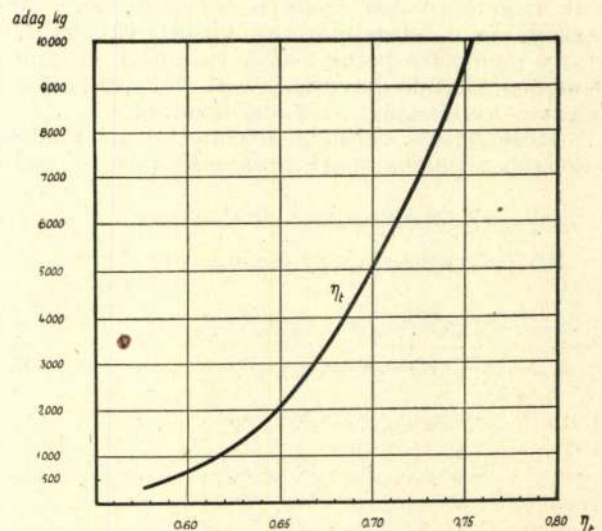
II. táblázat

Adag kg	Csatl. ért. kW	1 adag olvasztási ideje óra	1 óra alatt olvasztott súly kg	Áram-fogyasztás kW/tonna	η
500	100	3,5	~150	550	0,59
1.000	150	4	~280	520	0,62
2.000	240	5	~400	500	0,65
3.000	300	6	~500	485	0,67
5.000	380	8	~650	460	0,70
8.000	500	10	~800	440	0,73
10.000	600	12	850	426	0,76

A II. táblázathoz megjegyezzük, hogy az adatok csak magára az olvasztásra vonatkoznak, adagolás, kiöntés stb. nincsenek az időben benne. Így az öntési teljesítmény kisebb, az alagidő pedig jóval nagyobb, mint ahogy a táblázat azokat feltünteti.

Az elégségi veszteség az itt ismertetett kemencékben tiszta alumínium esetén 0,6–1% (kohó-alumíniumnál), ötvözetek olvasztásánál pedig 1–1,5% szokott lenni, tehát kevesebb, mint a koks- vagy olajtüzelésű lángkemencékben. A billenthető ellenállásfűtésű kemencék alumíniumból, vezeték alumíniumötvözetekből s antikorodal ötvözetekből olvasztott hengerlési, ill. sajtolási tuskók öntésére különösen alkalmasak.

Mint érdekességet megjegyezhetjük, hogy az ismertetett kemencefajták — nagyobb, 10–15 tonna férőképeséggel is — nyernek alkalmazást az alumíniumkohókban a különféle kádakból csapolt ú. n. kádfémek egalizálására. Ezek az egalizáló, más néven normalizáló kemencék folyékony betéttel dolgoznak, s csatlakozási értékük az ugyanolyan férőképeségű olvasztókemencék csatlakozási értékének kb. csak 50–60 százaléka szokott lenni. E kemencék feladata, mint a nevük is mutatja, a különféle összetételű kádfémcsapolások egységesítése s a gáztalanítás, valamint a zárványoktól való megtisztítás.



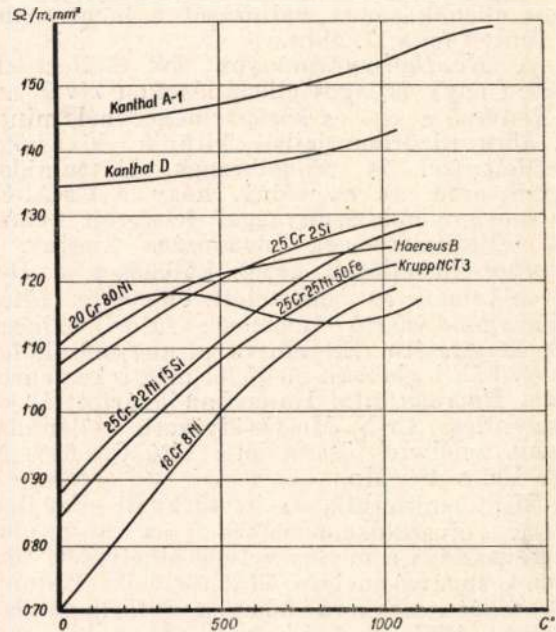
10. ábra.

Az ellenállásfűtésű alumíniumolvasztó kemencék termikus hatásfoka nagyon jó, lényegesen jobb, mint a koksz-, vagy olajfűtésű kemencéké. Ez a termikus hatásfok, mint ez a 10. ábrából is látható, a nagyobb egységeknél lényegesen nagyobb, mint a kisebbeknél. A közölt diagramm felhasználható arra, hogy valamely tervezett olvasztókemence elméleti energiaszükségletéből a szükséges csatlakozási értéket gyorsan megállapíthassuk. A kiszámított csatlakozási értékeket pedig a boltzatban úgy kell elhelyezni, hogy a szükséges sugárzóhő termelése végett annak minden m^2 -re 25–30 kW essék.

Az ellenállásfűtésű olvasztókemencékre vonatkozó tudnivalókhöz hozzátartozik azoknak az anyagoknak ismerete is, amelyekből a fűtőellenállások készülnek.

A jelenleg használatos fémellenállásanyagok, amelyek az alkalmazott hőfokokon természetesen hőállóak is, kb. 1350° C-ig minden követelménynek megfelelnek s fajlagos ellenállásuk fajtanként 0,95–1,45 $\Omega/m \cdot mm^2$ között mozog. A hőálló ötvözetek száma igen nagy, Waldmann és Dornblatt szerint 600 körül van, a Szovjetunió könnyűfémipara még ennél is többet ismer, s jöhetnek ezeknek túlnyomó része használható ellenállásanyagként, a jelenleg ismeretes és használatos fém ellenállásanyagok csak néhány főötvettesoportba oszthatók be. Ezek közül legfontosabbak a NiCr, Ni, FeCr, CrFeSi és a FeAlCrCo ötvözetesoportok. A ma leggyakoribb ilyen ellenállásanyagok adatait a III. táblázat tünteti fel.

a svéd *Kanthal*, amely 1934-ben került piacra s nagyon elterjedt. Ez az ellenállásanyag ferrites szövetű, mint a Cr-Si-Fe fajták, s van olyan típusa is, mely 1350° C-on is jól használható. E *Kanthal A-1* összetétele a táblázatból látható. Ez ellenállásanyag olvadáspontja 100°-kal nagyobb, mint a legjobb Cr-Ni



11. ábra.

III. táblázat

Megnevezés	Névleges összetétel				Revésedés kezdete C°	Max. haszn. hőfok C°	σ_{10} Fajlagos ellenállás $\Omega/m, mm^2$
	Cr		Si				
Ferrites Cr-Si-Fe	25–32%		2–3%		1150–1200	1150–1200	1,05
Austenites Ni-Cr-Fe	Ni	Cr	Fe	Si			
80/20	76–80	18–20	0–3	—	1200	1200	1,09
65/15	58–60	15–20	17–23	—	1150	1100	1,11
25/20	18–22	22–26	50	2,5	1150	1100	0,95
Ferrites Cr-Al-Fe-Co	Cr	Al	Co	—			
Kanthal A-1	24	5,5	1–2,5	—	—	1350	1,55
Kanthal A	23	5	1–2,5	—	—	1300	1,39
Kanthal D	21	4	1–2,5	—	—	1150	1,35

b) A fűtőellenállások és számításuk.

Mint említettük, az ellenállásanyagoknak hőellenállóknak kell lenniük, amit azzal érünk el, hogy az acélhoz oly fémeket ötvözzünk, amelyeknek vegyrokonsága az oxigénhez nagyobb, mint a vasé. Ilyen fémek pl. a Cr, Si, Al és W. Ily módon elérjük azt, hogy felhevülésükkor az ellenállásanyagok felületén az említett fémek oxidjaiból álló védőréteg keletkezik, amelynek nagy olvadáspontja van és az oxigént nehezen engedi át, miáltal az alatta levő rétegeket a további oxidálástól megvédi. A III. táblázatban feltüntetett ellenállásanyagok közül legújabb

anyagé és kb. 1500°-nál van. A *Kanthal* felületén képződő oxidréteg legnagyobb részét Al_2O_3 -ból áll. Így pl. a *Kanthal A* felületén képződő oxidrétegben 95% Al_2O_3 -ot, 3% Cr_2O_3 -ot és kisebb százalékban Fe_2O_3 -ot és CoO -t találtak. Ez a védőréteg rugalmas, jól tapad, s nagyobb hőmérsékleten sem repedezik le, inkább idővel leporlik.

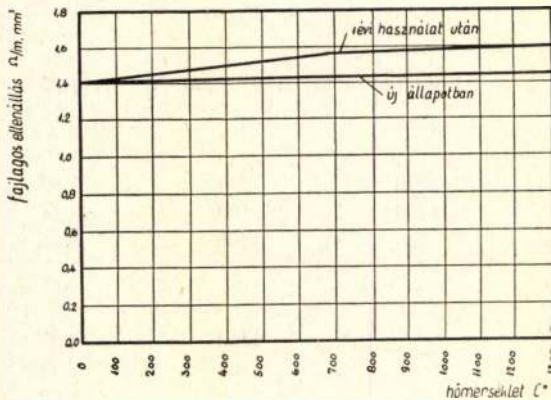
A jó ellenállásanyagoknak azonban nemcsak a kívánt fajlagos ellenállással kell rendelkezniük, amelyen a számítás alapozzuk, továbbá nemcsak jó hőállóknak is kell lenniük, hanem lehetőleg kis pozitív hőmérséklet koefficienssel is kell rendelkezniük, hogy a kemence teljesít-

ménye állandó legyen. A kemence szerkesztésénél erre tekintettel kell lenni, ezért célszerű azt korszerű ellenállásanyaggal, pl. a Cr-Al-Fe-Co-típusú anyaggal, amilyen a *Kanthal*, felszerelni, mely olcsóbb, mint a Ni-tartalmú ellenállásanyagok, élettartama pedig nagy, nagyobb, mint bármely más típusé.

Egyes gyakoribb fűtőellenállásanyagok fajlagos ellenállásának változását a hőmérséklet tünteti fel a 11. ábra.

A *Kanthal*-gyarmányok sok esetben előnyösen nagy fajlagos ellenállásukon kívül, ami pl. kedvező a kis- és közép kemencéknél, mint a 11. ábra diagramjaiból kitűnik, kis hőfok-koefficienssel is rendelkeznek. E tulajdonságból ered az az előny, hogy a Cr-Al-Fe-Co-típusú ellenállásanyaggal felszerelt kemencék teljesítményének ingadozása kicsiny. A *Kanthal*-ellenállások közül különösen a D-típus alkalmas az ismertetett ellenállás fűtési alumíniumolvasztó kemencék fűtőellenállásainak készítésére. Eltekintve a nagyobb hőfok-tényezőtől, legjobban megfelel még e kemencékhez a *Haereus* által Hanauban gyártott B-jelű ausztenites Cr-Ni-Mn-Fe-ötvözetű ellenállásanyag, amelynek összetétele: 15% Cr, 61% Ni, 20% Fe, s 4% Mn.

Mint említettük, az itt tárgyalt ellenállásfűtésű olvasztókemencékben az alumínium megolvasztása a mennyezetben elhelyezett fűtőelemek sugárzó melege által történik. Tudunk kell tehát, mekkora lehet a fűtőellenállások fajlagos felületi terhelése W-okban kifejezve. *Paschkis* szerint az ellenállások tartóssága végett számításoknál célszerű az alábbi táblázatot szem előtt tartani, feltéve, hogy a fűtőellenállások a meleget szabadon sugározhatják és úgy vannak elhelyezve, hogy a melegnek megszűrülése nem következhet be. Így



12. ábra.

600 C°	kemencehőfokig a fajt. terhelés	$v = 3$	W/cm ²
750 C°	" " " "	$v = 2$	W/cm ²
900 C°	" " " "	$v = 1,4$	W/cm ²
1000 C°	" " " "	$v = 0,9$	W/cm ²
1100 C°	" " " "	$v = 0,7$	W/cm ²
1150 C°	" " " "	$v = 0,4$	W/cm ²

Megjegyezhetjük azonban, hogy ha lehetséges, célszerű a gyakorlatban ez értékeknek csak 80%-ával dolgozni.

Ha tehát olvasztókemencénk munkaterének hőmérséklete max. 900° C, amely hőfok a fémfűrdő felett uralkodik, akkor a boltozat fűtőelemeinek fajlagos terhelése 1,4 W/cm² lehet, illetve gyakorlatilag s állandó üzem esetén ennek 80 százalékát.

A fűtőellenállások kiszámításához ismernünk kell a kemence csatlakozási értékét is, ez a kemence előzetes tervezésekor először állapítandó meg.

A csatlakozási érték elméletileg a veszteségekkel megnagyobbított hasznos hő kilowatt-órákra átszámított értékének és az olvasztási időnek hányadosa volna. A gyakorlatban azonban a csatlakozási értéket ennél nagyobbra kell venni, főleg azért, mert feszültségben gyakran a megengedett 10%-nál is nagyobb ingadozások lépnek fel, s mert, mint ezt a 12. diagram mutatja, a fűtőellenállások öregednek (oxidálódnak) s így ellenállásuk megnövekszik. Ezért a csatlakozási érték alatt gyakorlatilag a névleges feszültség mellett felvett legnagyobb teljesítményt értjük. Abból a célból pedig, hogy a kemence az üzemben bizonyos melegtöbblettel, vagyis tartalékkal rendelkezék, célszerű a csatlakozási érték meghatározásánál legalább 40%-kal a közepes áramfogyasztással kiszámított teljesítmény fölé menni. Elgondolásunk a következő példával világítható meg. Ha a 10 tonnás ellenállásfűtésű kemencék fogyasztása 12 óra alatt közepesen 425 kWó/t, akkor az összfogyasztás 4250 kWó, a csatlakozási érték tehát lesz:

$$N = \frac{4250}{12} + 0,4 \frac{4250}{12} = 600 \text{ kW}$$

Egyébként ha tudjuk az alábbi IV. táblázatból, hogy az alumínium elméleti olvasztási energiaszükséglete 296 kWó/t, a valóságos gyakorlati fogyasztás pedig 425 kWó/t, következik, hogy a kemence termikus hatásfoka az olvadási hőfokra számítottan 70%. Azonban ez a hatásfok 70% felett van, mert a fűrdő hőfoka gyakorlatilag az olvadási pont fölé emelkedik kb. 80 fokkal. Ezért szerepel a 10 tonnás kemence a II. táblázatban 76% termikus hatásfokkal.

IV. táblázat

	Elméleti energia, mely a fémnek az olvadási hőfokra való felmelegítéséhez kell (olvadt állapotra)					U. a. kW órákban kifejezve		
	kg/dm ³ γ	olvadási pont C°	köz. fajhő 0°-olv. pont. kal/kg	rejt. hő kal/kg	Telj. olv. hő		kWó/t	kWó/m ³
					kal/kg	kal/m ³		
Alumínium	2,7	657	0,25	92,5	256	690	296	800
S. réz és bronz	8,4	900	0,10	40	130	1092	150	1260
Réz	8,9	1083	0,11	43	162	1440	187	1665
Öntöttvas	7,1	1170	0,18	60	270	1920	310	2200
Kov. vas	7,8	1528	0,165	49,5	301	2350	348	2715

Az ellenállásfűtésű alumíniumolvasztó kemence villamos kapcsolási körülményeire, kapcsolási módokra, az önműködő hőmérséklet-szabályozókra stb., amelyek küiön tanulmányt igényelnek, itt nem térünk ki. Magánál a kemencénél maradván, csak a fűtőellenállások számítására vonatkozó tudnivalókat lássuk most röviden.

Az olvasztókemence boltozatában elhelyezett fűtőelemek huzalból készülnek, s azok méreteit, súlyát, ha az egyes fűtőelemek, ill. ha 1 fázissorba kapcsolt fűtőelemeinek fűtőspirálisainak), vagyis 1 fűtőcsoportnak teljesítményét meghatároztuk, egyszerű számítással megállapíthatjuk.

Tehát, ha 1 fűtőspirális, illetve ha 1 fázis több sorba kapcsolt fűtőspirálisából álló csoport feszültsége E Volt, ellenállása W Ohm-ban kifejezve, a rajta átfolyó áram erőssége I Amper, akkor 1 spirális, illetve 1 csoport teljesítménye kW-ban:

$$N = EI = \frac{E^2}{W10^3}$$

ahol

$$W = \frac{\rho l}{q}$$

Itt l = a fűtőcsoport ellenálláshuzalának összes hossza m-ben,

q = a huzal keresztmetszete mm²-ben kifejezve,

ρ = huzal fajlagos ellenállása 20° C-on Ω/m , mm².

Ha a fűtőellenállás fajlagos terhelését, vagyis az 1 cm² fűtőfelületre számított, wattokban kifejezett terhelést ν -vel jelezzük, az összes fűtőfelületet pedig F cm²-ben fejezzük ki, akkor:

$$\nu = \frac{N10^3}{F}$$

ahol $F = k l 10$ cm²-ben, s k az ellenállás kerülete (mm)

Ezek után írhatjuk a következőket:

Miután az előzőkből a fűtőfelület: $F = \frac{N10^3}{\nu}$

$$\frac{N10^3}{\nu} = k l 10$$

és így

$$\frac{N10^3}{\nu} = k q \frac{W}{\rho} 10$$

Másrészt azonban, mivel a teljesítmény előbb említett egyenletéből:

$$W = \frac{E^2}{N10^3}$$

úgy

$$\frac{N10^3}{\nu} = k q \frac{E^2}{N10^3 \rho} 10$$

$$k q = \frac{N10^3}{\nu} \frac{N10^3}{E^2} \rho \frac{l}{10}$$

$$k q = \frac{N^2 10^5 \rho}{E^2 \nu}$$

Körkeresztmetszetű ellenállásanyag esetében

$$q = \frac{d^2 \pi}{4} \text{ és } k = d \pi$$

így az előbbi egyenlet a következőképpen alakul:

$$\frac{d^2 \pi^2}{4} = \frac{N^2 10^5 \rho}{E^2 \nu}$$

vagyis:

$$d = \sqrt[3]{\frac{4 \cdot 10^5 N^2 \rho}{\pi^2 \nu E^2}} = \sqrt[3]{\frac{10^5 \cdot 4}{\pi^2} \left(\frac{N}{E}\right)^2 \frac{\rho}{\nu}} = 34,2 \sqrt[3]{\left(\frac{N}{E}\right)^2 \frac{\rho}{\nu}} \text{ mm-ben}$$

A fűtőcsoport ellenálláshuzalának összes hossza az előzőek alapján m-ben:

$$l = \frac{N10^2}{k \nu}$$

s mivel $k = d \pi$, körkeresztmetszetű ellenálláshuzal esetében:

$$l = \frac{N10^2}{\nu d \pi} = \frac{10^2 N}{\pi \nu} \frac{1}{34,2} \sqrt[3]{\left(\frac{E}{N}\right)^2 \frac{\nu}{\rho}}$$

$$l = 0,93 \sqrt[3]{\frac{E^2 N}{\nu^2 \rho}}$$

A fűtőellenállás csoport súlyának megállapítása pedig az alábbiak szerint történik:

$G = \gamma q l 10^{-3}$ kg-ban kifejezve, mivel azonban

$$l = \frac{N10^2}{\nu k 10}$$

$$G = \gamma q \frac{N10^3 \cdot 10^{-3}}{\nu k 10} = \gamma q \frac{N10^{-1}}{\nu k}$$

Körkeresztmetszetű huzal esetében:

$$G = \gamma \frac{d^2 \pi}{4} \frac{N10^{-1}}{\nu d \pi} = \gamma \frac{d}{4 \nu} N10^{-1} =$$

$$= \frac{34,2 \cdot 10^{-1}}{4} \gamma \frac{N}{\nu} \sqrt[3]{\left(\frac{N}{E}\right)^2 \frac{\rho}{\nu}}$$

$$G = 0,85 \sqrt[3]{\frac{N^3 \rho}{E^2 \nu^4}}$$

A szalagból készült ellenállások számítása, ha tudjuk a szalag szélességének és vastagságának arányát, hasonló elgondolással hajtható végre. Tekintettel azonban arra, hogy a tárgyalat alumínium-olvasztókemencékben ellenállásanyagul szalagot nem szoktak használni, a számítási eljárás tárgyalását mellőzzük.

(Folytatjuk.)

„Amikor a munkásújtó, az észszerűsítő új termelési módokon törí a fejét, anyagot takarít meg, jobban kihasználja a gépet, azzal nemcsak saját életszínvonalát növeli, nemcsak jobban keres, de egyben meggyorsítja, megszilárdítja a szocializmus építését is.”

(Rákosi Mátyás)

A nikkell elektrolitikus raffinálása

Prof. dr. N. P. FEDOTJEV

Fordította: Sejteri Vjekoslav és dr. Horváth Zoltán

669.245:621.327 = 28

Bevezetés.

Ismeretes, hogy manapság a nikkell túzi úton való raffinálása igen körülményes, és így nem is lehet mindig a követelményeknek megfelelő tisztaságú nikkelt előállítani, és a nikkeltől a nemesfémeket sem lehet jó hatásokkal kiszedni. A túzi eljárások közül a legjobb eredményeket a Mond-, Schlecht- és Neumann-féle eljárások adják.

Azonban ezek az eljárások körülményesek, és velük kapcsolatban mérgezőgázokkal (szénmonoxid, nikkeltetrakarbonil) kell dolgozni.

Az Orford-féle eljárás nem különíti el tökéletesen a nikkelt a réztől és a nemesfémektől, ezért csak a raffinálás előtt, előkészítő műveletként alkalmazták. Nemesfémeket nem tartalmazó, réztől mentes, oxidos nikkellécek feldolgozásánál raffinálás nélkül is kaphatunk továbbfeldolgozásra alkalmas nikkelt, azonban az így előállított fém olyan esetekben, ahol az összetétellel szemben különösebb követelményeket támasztanak, nem alkalmazható.

Az igen tiszta N-1 és N-2 nikkeltől sok nikkelt tartalmazó nikkelléceket, színes fémötvözeteket, azután a rádiótechnikában és a galvanotechnikában anódokat készítenek. Ez az N-1 és N-2 nikkelléceség csak elektrolitos úton történő raffinálással állítható elő.

Az a munkamód, amelynek úgy dolgozunk, hogy a nikkelléceket lúgozzuk, és az így nyert nikkelsóoldatból a nikkelt oldhatatlan anóddal való elektrolizálással választjuk ki, ezért nem járható, mert a legtöbb nikkelléce olyan természetű, hogy nikkeltartalma a lúgoszerrel való kezeléskor csak nagyon sok savfogyása árán vihető oldatba. Ebben az esetben a nikkelléce feszültségének negatív volta miatt az elektrolit p_H -ját gondos ellenőrzéssel és gyakori kiigazítással kell a neutrális érték közelében tartani.

A nikkell oldható anóddal való elektrolitos raffinálását Hybinette dolgozta ki és nagyüzemi méretekben először 1904-ben alkalmazta. Néhány technikai nehézség kiküszöbölése után az elektrolitos úton való raffinálás rohamosan fejlődött.

A nikkellelektrolízisnél, vagy raffinálandó fémből öntött, vagy finom nikkell, esetleg rezes nikkellécesből készített anódokat alkalmaznak. Finom kéneskőből készült anódok alkalmazása esetén az anódok oldódásával egyidőben sok anódiszap keletkezik, ennek ezért az a következménye, hogy az anódatartó gyakran kell takarítani, és még így is elég gyorsan csökken az elektrolit p_H -ja a finom kéneskőből készült anóddal lévő nikkell oldódásának lassúsága miatt. Az előbb említett nehézségekhez járul még az is, hogy az ilyen anódok nagyon törekenyek. Ez okok miatt a finom kéneskőanódok nagy üzemekben való használata egyelőre még nehézségekbe ütközik.

A raffinálandó fémből öntött anódok összetétele a feldolgozandó écek minőségétől és az

anódok öntése előtt alkalmazott eljárásoktól függ.

A rézben dús, szulfidos nikkellécek feldolgozásánál alkalmazható Hybinette-eljárásánál a finom rezes nikkellécesből először híg kénsavval történő lúgozással távolítják el a réz nagy részét, azután a lúgosi maradványt olvasztják, és az olvadékból 68–80% nikkelt és kobaltot, 18–29% rezet, 0,2–0,5% vasat és 1% kenet tartalmazó anódokat öntenek. Az amerikai kohókban a finom rezes nikkellécesből az Orford-eljárással távolítják el a réz nagy részét, vagyis úgy dolgoznak, hogy a kéneskövet nátriumszulfid jelenlétében olvasztják.

Az olvasztásnál keletkező, főleg nikkelszulfidból álló „aljat” pörkölik, redukálólag olvasztják és a keletkező olvadékból 96% nikkelt és kobaltot, 25% rezet, 0,75% vasat és 0,75% kenet tartalmazó anódtáblákat öntenek.

Az anódok összetételét összehasonlítva láthatjuk, hogy az Orford-eljárásnál tisztább anódokat kapunk, és így ez eljárás után könnyebb az elektrolitos raffinálás.

Annak az eldöntésénél, hogy az anódok készítésénél a finom rezes nikkellécesből a réz-tartalmát híg kénsavval való lúgozással, azaz a Hybinette-eljárással, vagy nátriumszulfid jelenlétében történő olvasztással, azaz Orford-eljárással távolítsuk-e el, az előbb elmondottakon kívül azt kell szem előtt tartani, hogy az Orford-eljárásnál sok a tüzelőanyag- és nátriumszulfidfogyasztás, a Hybinette-eljárásnál pedig sok az elektromos energiafogyasztás.

Az oldható anódok olyan szennyezéseket (főképpen rezet, vasat és kobaltot) is tartalmaznak, amelyek az elektrolitban oldódnak.

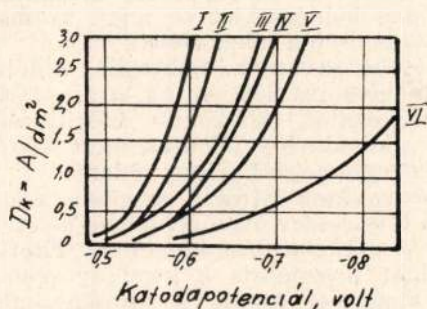
A nikkell leválási feszültségének negatív volta miatt az oldható szennyezésekkel bepiszkított elektrolitból nem kapunk a katódán tiszta nikkelt. Ezért Hybinette azt ajánlja, hogy az elektrolízisnél a katódát szövetből készült védő-diafragmával vegyék körül. Üzem közben mindegyik diafragmával határolt katódatérbe szünet nélkül folyik a tiszta elektrolit, és ez biztosítja azt, hogy a katódán szennyező-tartalma bizonyos határon felül ne emelkedjék. A diafragmán átszivárgó elektrolit az anódatérbe kerül, innen azután a kádon kívül elhelyezett tisztítóberendezésbe jut, ahol az oldatba került tisztátalanságokat eltávolítják; az így megtisztított oldatot azután a hatódatérbe vezetik vissza.

Akármilyen összetételű oldható anódat elektrolizálunk is, az elektrolitos úton végzett raffinálás mindig ugyanazokból a lépésekből áll.

A nikkell elektrokémiai tulajdonságai.

A katódán lejátszódó folyamatok. A nikkell normálpotenciálja $-0,231$ volt. A nikkellnek egyszer normál nikkelszulfátoldatra vonatkoztatott potenciálja szobahőmérsékleten $-0,26$ volt. A nikkell elektrolitos úton való leválasz-

tásánál éppen úgy, mint a vascsoport többi fémének a leválasztásánál, elég nagy kémiai polarizáció lép fel. A Macnaughton és Hother-sall által szerkesztett 39. ábra azt mutatja, hogy hogyan változik a különböző összetételű elektrolitokban a katódán mért potenciál, ha az áramsűrűséget változtatjuk.



39. ábra. Az áramsűrűség változásának hatása a katóda potenciáljára különböző összetételű elektrolitokban.

Az ábrában szereplő görbék által képviselt oldatok összetételét a 32. táblázat tartalmazza.

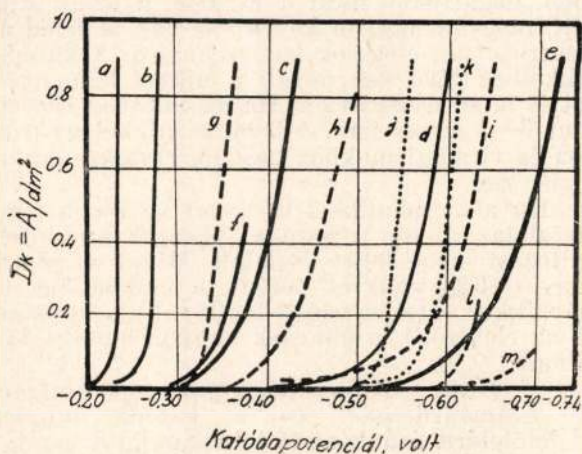
32. táblázat

Nikkel-elektrolízisnél használatos oldatok

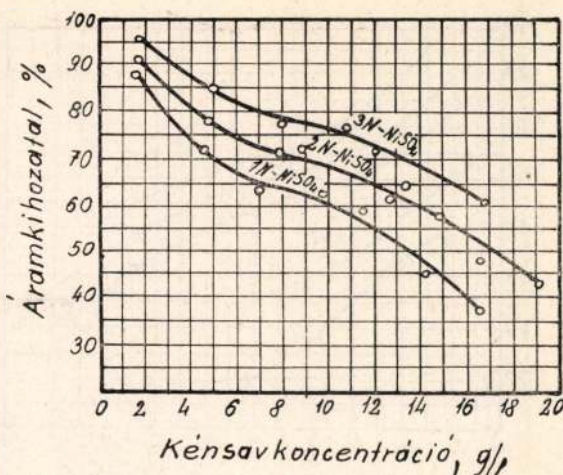
Görbék száma	NiSO ₄	(NH ₄) ₂ SO ₄	H ₃ BO ₃	KCl	Na ₂ SO ₄
I. . .	240	—	30	19	—
II. . .	120	—	30	19	—
III. . .	70	—	30	19	—
IV. . .	120	21	—	8	—
V. . .	70	21	—	8	—
VI. . .	70	—	30	19	213

Ha az elektrolitba fémkloridokat adunk, akkor növekszik a katódán mért polarizáció. (Pl. ha egyszer normál nikkelszulfát-oldatba 17° C-on 0,2 g nátriumkloridát juttatunk, a polarizáció 0,2 voltal nő.)

A hőmérséklet növelésekor a nikkelnél a katódán mért polarizációja erőteljesen csökken (32). A katódán mért potenciálnak a hőmérséklettel és az áramsűrűséggel való változását a 40. ábra mutatja.



40. ábra. Az áramsűrűség változásának hatása a katóda potenciáljára különböző összetételű elektrolitokban, különböző hőfokokon.



41. ábra. Az elektrolit szabad kénsav-, valamint nikkelszulfáttartalma és az áramkihozatal közötti összefüggés.

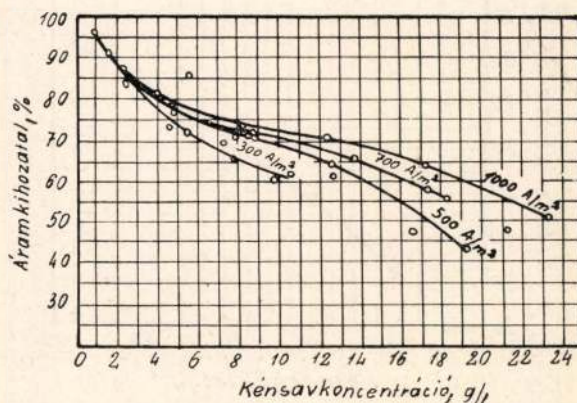
Az oldatban lévő szabad savtartalom, ha az oldat p_H-ja 1 és 6 közé esik, nem befolyásolja lényegesen a katódán mért potenciált (33, 34).

A nikkellal elektrolízis útján való leválasztásánál nagy jelentősége van a hidrogénnek a nikkellelektrodával szemben mutatkozó túlfeszültségének.

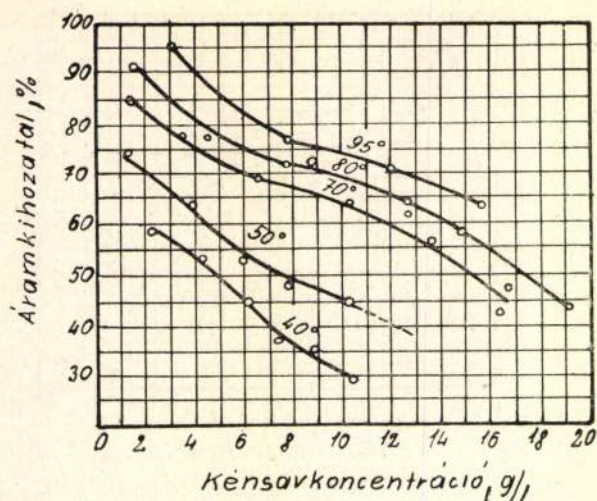
Tafel mérései szerint kétszer-normál kénsavas oldatban 1–13 Ampére/dm² áramsűrűség mellett a hidrogén túlfeszültsége nikkellelektroda alkalmazása esetén 0,55–0,75 volt között van. Nagyon alacsony áramsűrűségnél (amelyiknél a hidrogénbuborékfejlődés megkezdődik) a túlfeszültség 0,09 és 0,14 volt között ingadozik. A hidrogén túlfeszültsége nikkellelektroda alkalmazása esetén lényegesen kisebb, mint a rézből, cinkből, vagy ólomból készült elektróda használata esetén. A hidrogén túlfeszültségét az áramsűrűség erőteljesebben befolyásolja, mint a nikkelnél a katódán mért leválási feszültsége. A hőmérséklet emelkedésekor a hidrogén túlfeszültsége csökken, de nem olyan nagy mértékben, mint a nikkellal történő kémiai polarizációja.

Az eddig elmondottakból az következik, hogy a nikkellal elektrolízis útján való leválasztásának sikere érdekében lehetőleg nikkelnél dús elektrolittal, kis hidrogénionkoncentráció mellett, magas hőmérsékleten és nem nagyon alacsony áramsűrűség mellett kell dolgozni.

Tiszta nikkelszulfát-oldatokból való elektrolízisnél a különböző tényezők a katódán mért



42. ábra. Az elektrolit kénsavtartalma, az áramsűrűség és az áramkihozatal közötti összefüggés.



43. ábra. Az áramkihozatal változása a kénsavkoncentráció és a hőmérséklet függvényében.

áramkihozatalra gyakorolt hatását professor N. P. Fedotiev és M. Subin vizsgálta.

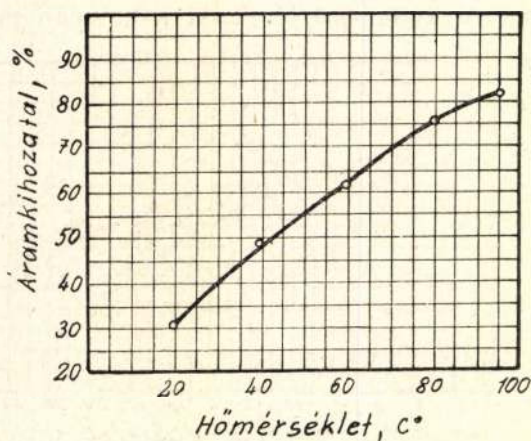
A 41. ábra azt mutatja, hogyan változik az áramkihozatal 5 Ampére/dm² áramsűrűség mellett kb. 80° C-on, ha az elektrolitban a kénsav- és a nikkelszulfát-koncentrációt változtatjuk. A kénsavkoncentráció hatása annál kisebb, minél magasabb a nikkelszulfát-koncentráció.

A 42. ábra azt szemlélteti, hogy függ az áramkihozatal az áramsűrűségtől, ha 80° C-on, kétszer-normál nikkelszulfátoldatból elektrolizálunk változó kénsavkoncentráció mellett.

Az áramsűrűség növekedésekor az áramkihozatal is nő. Kis kénsavkoncentráció esetén az áramsűrűség hatása elhanyagolhatóan kicsi.

Az áramkihozatalt a legjobban a hőmérséklet befolyásolja. A 43. ábrából azt olvashatjuk ki, hogy miképpen változik az áramkihozatal a hőmérséklet és a kénsavkoncentráció változásakor, ha 5 ampére/dm² áramsűrűség mellett, kétszer-normál nikkelszulfátoldatból elektrolizálunk. Ezenkívül professor N. P. Fedotiev és N. Makeev azt is megvizsgálta, hogy milyen hatással van a hőmérséklet az áramkihozatalra kétszer-normál nikkelszulfátoldat, 730 ampére/dm² áramsűrűség és 8 g/l kénsavkoncentráció alkalmazása esetén. (44. ábra.)

Az áramkihozatalnak az elektrolízis körülményeivel való változásáról elmondottak össz-



44. ábra. Az áramkihozatal változása a hőmérséklet változásakor.

hangban vannak azokkal a megállapításokkal, amelyeket a nikkel kémiai polarizációjával és a hidrogénnek a túlfeszültségével kapcsolatban tettek.

Professor N. P. Fedotiev kísérletei közben olyan oldatokkal dolgozott, amelyeknek 1 literében legalább 1—1,5 g kénsav volt. Ilyen körülmények között jó (kb. 95%-os) áramkihozatalt csak magas hőmérséklet és nagy áramsűrűség alkalmazása esetén lehet elérni.

Kevesebbé savanyú elektrolit alkalmazása esetén a hőmérséklet és az áramsűrűség az áramkihozatal csökkenése nélkül csökkenthető; ez a körülmény jelentős, mert hő- és elektromos energiamegtakarítást jelent.

A kénsavkoncentráció azonban nem csökkenthető tetszésszerű mértékben, mert 6,5 p_H-nál már a nikkelszulfát hidrolizál. Ezért az 5,5 p_H-jú oldat használata a legelőnyösebb. Ilyen p_H alkalmazása esetén a munkahőmérséklet 50—60 C°-ra szorítható le és az áramsűrűségét eléggé tág határok között lehet változtatni.

Szem előtt kell tartani azt, hogy a nikkel és a hidrogén leválási feszültségének közelsége miatt a katódán a nikkel mellett mindig keletkezik hidrogén is; ennek az lesz a következménye, hogy a katódán hidroxilionok képződnek és így a katólit p_H-ja növekedik. Hogy a rafinálás alatt az oldat p_H-ját a legmegfelelőbb 5,5 értéken tartjuk, (a nikkelhidroxidképződés elkerülése végett) az elektrolitba savanyító pótlékot, pl. bórsavat kell adni és a katódterekhez vezetett tiszta elektrolitot savanyítani kell. Megfelelő tisztaságú nikkel előállítására végett nem csak az elektrolízis lefolytatására megállapított, legmegfelelőbb feltételeket kell betartani, hanem a katódaterkekbe csak olyan elektrolitot szabad táplálni, amelyet már megtisztítottak azoktól a szennyező elemektől (réz, vas és kobalt), amelyeket az anódatérből jövő oldat hoz magával.

Az említett elemeken kívül az elektrolitba a berendezés fa alkotórészeiből és a diafragma szerepét betöltő szövetekből szerves anyagok is kerülhetnek. A katódán a nikkellel együtt leváló réz, vas és szerves anyag nemcsak szennyezi a nikkelt, hanem bizonyos körülmények között a levált fém szerkezetét is tönkretelheti. A kobalt, ha kis mennyiségben van jelen, nem változtatja meg a katóda szerkezetét és külsejét.

Jóllehet a vas normálpotenciálja (—0,44 volt), negatívabb mint a nikkelé, a levált nikkelt, még ha nagyon kevés vas van is jelen az elektrolitban, elég sok vas szennyezi. A katódán nikkelen lévő vas növeli a nikkel keménységét és belső feszültségét. Ha az oldatban literenként 3—4 g vas van, a leváltott nikkellel gyűrött lesz és virágszirmokhoz hasonló részecskére szakadozik szét.

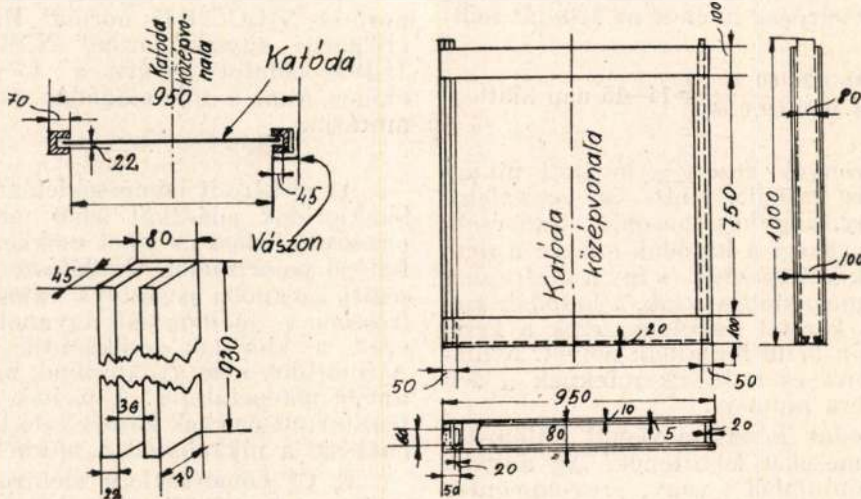
Ha a katódán nikkellel 0,5%-nál kevesebb rézet tartalmaz, akkor a katóda külsején semmiféle változást nem lehet észlelni. Mivel a réznek nagy (+0,34 volt) és pozitív a potenciálja, ez már akkor is teljes egészében kiválik a katódán, ha az elektrolit belőle csak nagyon keveset tartalmaz.

Ha a szokásos módon, azaz 130 ampére/m² áramsűrűséggel és a katóda minden m² felületére, óránként 15 l friss oldatot vezetve elektrolizálunk és a friss oldatban literenként 0,001 g réz van, akkor 0,01% rézet tartalmazó nikkellel válik le a katódán. 0,5%-nál több réz je-

lenléte esetén a katóda felülete sötét foltokkal és szivacsoshoz hasonló kőnövésekkel borított lesz. Üzemekben hasonló jelenségek figyelhetők meg akkor, ha a diafragmák alsó része rosszul működik, ugyanis ilyenkor az anolítból réz vándorolhat át a katolítba.

A katódatér alsó részében lévő katolít rendszerint több rézet tartalmaz, mint a felső részben elhelyezkedő.

A különböző szerves anyagoknak a nikkellektrolízisre gyakorolt hatását még kevésbé ismerik. Nagyobb hatásuk csak a cserző anyagoknak és a gyantáknak van. Ezért a berendezések építésénél lehetőleg kerülni kell a sok cseresavat és gyantát tartalmazó cser- és fenyőfa alkalmazását (35). A fából készített alkatrészeket használat előtt forró vízzel, vagy még jobb hatású gyengén lúgos oldattal és utána híg kénsavval kell kimosni.



45. ábra. A katódakeretek elhelyezése.

Ösőbb gyapotszövet, amelyik a gyapot tokrészekét is tartalmazza és éppen ezért sötét pontok láthatók benne, káros az elektrolízisre és ezért nem készíthető belőle diafragma. A szerves anyagok a katóda külsejére ugyanazt a hatást gyakorolják, mint a vas, azaz keménynyé, törékennyé teszik azt és a szerves anyagokat tartalmazó nikkelle könnyen repedezik. Ha a leváltott nikkelleben kARBONT találunk, akkor az azt jelenti, hogy az elektrolitba szerves szennyezések vannak.

A leváltott nikkelle aránylag ritkán, de nem kívánatosan szennyezi a cink, arzén és az ólom.

Ha az elektrolit 1 literjében 0,01 g-nál több cink van, akkor a katóda felületén sötét sávokat és foltokat láthatunk (36). Az arzénnek a katódanikkelle szilárdságára gyakorolt káros hatását Morohov jegyzi fel (37); szerinte a katolít 1 literében legfeljebb 0,01 g arzén lehet. Az ólom is igen nagy mértékben csökkenti a katódanikkelle szilárdságát, ezért az elektrolitban még nyomokban sem szabad lennie. Ezért nem szabad a berendezésnek olyan részét, amelyik az elektrolittal érintkezik, ólomból vagy ólomtövezetből készíteni.

A nikkelle a vasesoport többi féméhez hasonlóan sok hidrogént képes oldani. Hessenbruch szerint (38) az elektrolitnikkelle hidrogéntartalma

79 térfogat-%-ra is felmehet. Klausmann, Villon és Lantony szerint a hidrogéntartalom sokkal magasabb, 660 térfogat-% is lehet.

Az elektrolit hőmérsékletének emelkedésekor a katódanikkelle hidrogéntartalma csökken. Ugyanekkor a fém keménysége csökken, a nikkellekristályok nagysága pedig nő. A fém keménysége azonban nincs szoros összefüggésben az oldott hidrogén mennyiségével, ugyanis az elektrolitnikkelle keménysége nem változik, ha belőle a hidrogént alacsony hőmérsékleten (165 C°-on) való hevítéssel távolítjuk el.

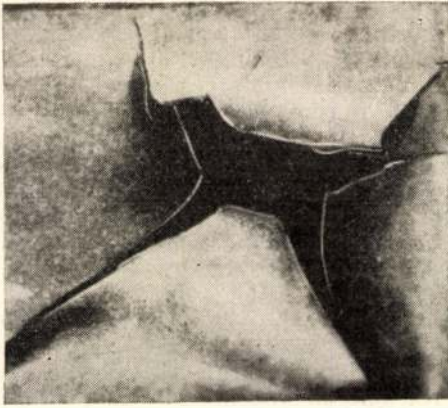
A katódán vastag és egyenletes szerkezetű nikkelle csak megszakítás nélkül végzett elektrolízissel lehet leválasztani. Ellenkező esetben a nikkelle rétegekben válhatik le. Az árammegszakítás miatt keletkező rétegek felülete könnyen felismerhető a katódanikkelle keresztirányú csiszolatán.

A ki nem izzított elektrolitnikkelle Brinell keménysége a 245–365 értéket is elérheti. Izzítás után a keménység 35-re esik le. Az elektrolitnikkelle keménysége a hőmérsékleten kívül az elektrolit p_H-jától is függ; a legpuhább fémeket 5,5 p_H-nál kapjuk. Ammóniumsók és koloidos anyagok adása erősen növeli a keménységet és vastag elektrolitnikkelle képződése esetén repedéseket okoz.

A katódanikkelle vastagsága a raffinálásnál kb. 15 mm-re nő meg.



46. ábra. A normális katóda felülete.



47. ábra. Szerves anyagokkal szennyezett oldatból levált katódanikkel.

60 kg súlyú nikkelt 12 mm vastagságban, 130 ampére/m² áramsűrűség mellett az 1,28 m² felületű katódára

$$t = \frac{60 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 96500}{130 \cdot 1,28 \cdot 24 \cdot 3600 \cdot 59 \cdot 0,94} = 14-15 \text{ nap alatt}$$

válíék le.

Rendes viszonyok között a levált nikkelt felülete ezüsthöz hasonló, matt és egyenetlen elosztott, kicsiny, rügyhöz hasonló kinövésekkel van borítva. Hogy a katódák szélein a dendrites kristályok keletkezését és így a diafragma elrongálódását megakadályozzák, a katódák széleire falécekből keretet szerelnek; ezek a keretek a diafragmán belül foglalnak helyet. A diafragmák keretünk és a faléckereteknek a felépítését a 45. ábra mutatja.

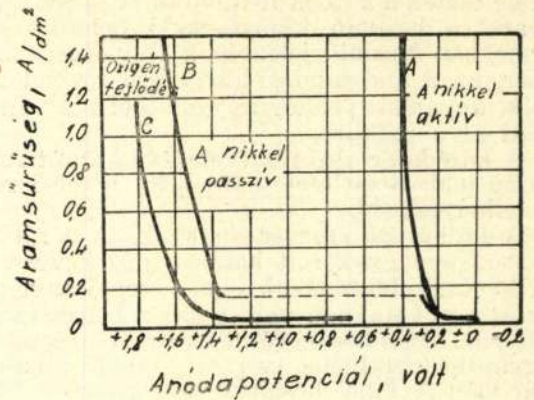
Vastag katódák készítése végett külön kádakban anyalemezeket készítenek. Az anyalemezeket alumíniumból vagy rozsdamentes acélból készített katódákra választják le. Az anyalmez vastagsága 0,5–0,6 mm. Az alumínium- vagy acélkatódákról az anyalemezek különbözőbb fáradság nélkül lehúzóhatók.

Normális vastagságú katóda felületét a 46. ábra mutatja. A 47. ábra pedig szerves anyagokkal szennyezett oldatból kielektroizált és megrepedezett katódanikkel külsejét szemlélteti.

Az anódán lejátszódó folyamatok

A nikkelt az anódán elég nagy polarizáció fellépése közben oldódik és ez a polarizáció bizonyos feltételek mellett az anódát teljesen passzívvá is teheti. A nikkelanódán mérhető polarizáció az elektrolízis feltételein kívül az anódák kémiai összetételétől és elkészítési módjától is függ. A polarizáció hengerelt anódáknál nagyobb, mint öntöttek használata esetén. Paul el közlése szerint (42) a 0,25% oxigént tartalmazó nikkelt jobban oldódik, mint a tiszta fém. Az oldódást megkönnyítő hatása van még a kénnek és a karbonnak is, ha kis mennyiségben van az anódában (pl. a kén kb. 0,05%).

A nikkelt passzívvá válását elősegíti az alacsony hőmérséklet és a tiszta szulfátos elektrolit alkalmazása. Az anóda passzívvá válásával arányosan nő annak potenciálja és ez a növekvő érték végül is eléri az oxigén leválási feszültségét, 1,7–1,8 voltot. Ilyenkor az anóda már nem oldódik és az anódán majdnem csak az oxigénfejlődés folyamata játszódik le.



48. ábra. Az elektrolitban lévő kloridok hatása az anódán fellépő polarizációra.

Az „A”-görbe egyszer normál NiSO₄, 0,25 normál NH₄Cl, 0,75 normál H₃BO₃ oldatot; a „B”-görbe egyszer normál NiSO₄, 0,75 normál H₃BO₃ oldatot jelenti; a „C”-görbe pedig az oxigén által a nikkelanódán okozott potenciált mutatja.

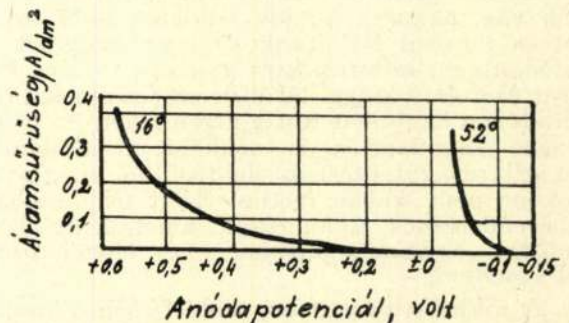
Az elektrolit hőmérsékletének emelésével és fémkloridok adásával lehet megakadályozni a passzívizálódást és lehet csökkenteni az anódán fellépő polarizációt. Oxidálószerke jelenléte elősegíti az anóda passzívvá válását. A bromidok (részben a jodidok is) ugyanolyan hatásúak, mint a kloridok (csökkentik a polarizációt). A fluoridok nem gyakorolnak nagy befolyást az anóda potenciáljára. A p_H-nak a raffinálásánál fenntartott értékek között való ingadozása nincs hatással a nikkelanódán mérhető polarizációra.

21 °C hőmérsékletű elektrolit alkalmazása esetén a hengerelt nikkeltből készített anódán mutatkozó polarizációt Thomas és Bloom adatai szerint (43) a 48. ábra mutatja.

A diagrammból látható, hogy a kloridokat nem tartalmazó elektrolitban már kis áramsűrűségnél is passzíválódik az anóda.

A nikkelanódán mérhető polarizációnak a hőmérséklettel való változását (egyszer normál nikkeltkloridoldatban) Förster adatai szerint a 49. ábra mutatja.

Förster rámutat arra, hogy az a fémklorid-mennyiség, amely az anóda passzíválódását meg tudja akadályozni, az SO₄-koncentrációtól függ és ennek növekedésekor nő. Kevés fémklorid jelenléte esetén a passzívvá váló anódákon elemi klór fejlődése figyelhető meg (44).



49. ábra. A hőmérséklet emelkedésének hatása az anódikus polarizációra.

Professzor N. P. Fedoitev és B. Artamonov közlése szerint (45), ha a szobahőmérsékletű anolitban kétszer annyi szulfátion van, mint klórion, a nikkelanódiá még nagy áramsűrűség-nél (pl. 100 ampére) dm^2 -nél) is oldódik. Ha pedig az anolitban csak negyedannyi klórion van, mint szulfátion, akkor a passzíválódás már 10–25 ampére/ dm^2 anódikus áramsűrűségnél is megfigyelhető. A nikkelfinálás szokásos módjánál (50 °C hőmérséklet, kb. egyszer-normál szulfátkoncentráció és 130–160 ampére/ dm^2 anódikus áramsűrűség) az elektrolit 1 literébe 3–5 g nátriumkloridot kell adni. Förster véleménye szerint a nikkelanódák passzívává válása összefüggésben van az anódákön képződő nikkeldioxidréteggel.

A nikkelfinálási útton való raffinálásánál igen nagy jelentősége van az anóda összetételének. A G. I. P. H. (Szovjet Állami Vegyipari Kísérleti Intézet) által (6) végzett elemzések szerint nikkelanódákban 2,1–2,6% réz, 1,3–2,5% vas, 0,11–0,34% kén, 0,1–0,16% szilícium, 0,04–0,6% karbon van.

A raffinálási kísérletekből megállapítható, hogy az anódában lévő kobalt az anóda százalékos kobalttartalmának megfelelő mértékben oldódik; a vas is oldatba megy; az anódaiszapban az anóda összetételéhez viszonyítva kis mértékben feldúsul a vas, ez azzal magyarázható, hogy az oldatban lévő vas része oxidálódik és hidrolízis következtében leválik. A réz nagy része (az anódának az elektrolitba érő részén lévő réz súlyának 30–50%-a) az anódaiszapba megy. Az iszap szemlélésekor könnyű észrevenni a sok, csillogó rézkristályt. Valószínű, hogy az oldatban lévő rezet az anódaiszapba kerülő nikkelfinálási cementálja le.

A nem fémes szennyezések közül a szilícium egész mennyisége az anódaiszapba kerül, a kén és a karbon egy része (a kénnek 20%-a, a karbonnak pedig 50%-a) oxidálódik az anódán; ezzel magyarázható az anódikus áramkihozatal csökkenése. Az anódikus áramkihozatalt nehéz közvetlenül meghatározni, mert a fém egy része lepereg az iszapba; az anódikus áramkihozatalra igen nagy értékeket kapunk; ennek az értékét kiszámíthatjuk, ha ismerjük a katódikus áramkihozatalt és az elektrolit összetételének (szabad savtartalmának vagy nikkeltartalmának) a változását. Számítás szerint az anódikus és a katódikus áramkihozatal között az eltérés 0,5–1%. A nikkelfinálás szokásos módjánál az anódikus áramkihozatal 96,5–97%.

Az anódán végbemenő másodlagos folyamatokat kísérletekkel még nem világították meg eléggé. Az anóda rendes (nem passzív) állapotában klór és oxigén nem fejlődik az anódán, mert ennek potenciálja nem haladja meg a 0,3–0,5 voltot és így még csak meg sem közelíti a klórnak 1,36 voltot kitevő és az oxigénnek 1,6–1,7 voltra rugó leválási feszültségét.

Valószínű, hogy a karbon és a kén oxidálódik az anódán. Kén-tartalmazó anódák oldásánál a kénnek az oxidációja kimutatható, ugyanis az elektrolitban a kénsav mennyisége nő (31).

Az anódák a már említett elemeken kívül különböző mennyiségű, platinacsoporthoz tartozó fémet (platinát, palladiumot, irídiumot) is tartalmazhatnak. A szulfidos ércet feldolgoz-

sakor készített nikkelanódában a platinafémek közül rendszerint a palladium a legtöbb, a platina a legtöbbször a palladiumnak csak tizedrésze, az irídium pedig csak nyomokban található.

Az elektroliziskor a platinacsoport fémjei az anódaiszapba kerülnek. A nikkelanóda nem egyenletesen oldódik. Ezért sok fém jut az anódaiszapba és sok az anódamaradvány. Az iszap és az anódamaradvány mennyisége elsősorban az anóda összetételétől függ. A gyakorlatban a jobb minőségű anódáknál az iszap súlya az anóda elektrolitba nyúló részének 6–7%-a. Nagy karbon-tartalom (0,6%) esetén az anódaiszap mennyisége is sok, még a 20%-ot is elérheti. Az anódamaradvány súlya (fülekkel felfüggesztett anódáknál) az anóda elektrolitba merülő részének 17–20%-a. Az elektrolizisből kikerült termékek mennyiségét a 33. táblázat mutatja.

33. táblázat

Az elektrolizisből kikerülő termékek mennyisége

T e r m é k	%
Katódanikkel	74,0
Selejt és hulladék	1,5
Anódamaradvány	14,2
Dús anódamaradvány	0,6
Szokásos iszap	3,3
Dús iszap	0,1
Cement-réz	3,7
Kobaltcsapadék	1,5
Vasas csapadék	0,6
Veszteség	0,5
Összesen	100,0%

Az elektrolit

A nikkelfinálási útton való raffinálásánál alkalmazott elektrolitnak a következő követelményeket kell kielégítenie:

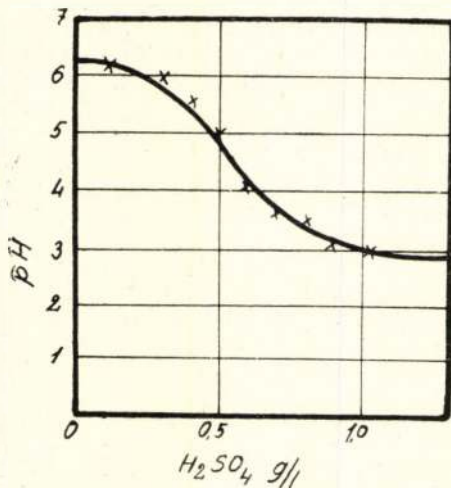
1. nagy nikkelfinálási koncentráció kell,
2. szennyezést (rezet, vasat, kobaltot, szerves anyagokat, stb.) nem szabad tartalmaznia,
3. az anódák passzíválódásának elkerülése végett fémkloridoknak kell jelen lenniük,
4. a hidrogénionkoncentráció állandó értéken való tartása végett savanyító pótlékot (bórsavat) kell adni és
5. az elektrolit vezetőképességének növelése végett a vezetőképességet növelő sókat kell az elektrolitba juttatni.

A követelményeknek megfelelően az elektrolitban találunk nikkelszulfátot, nátriumszulfátot, nátriumkloridot és bórsavat. A galvanotechnikában olyan gyakran alkalmazott ammóniumsókat itt nem alkalmazzák, mert az ammóniumsót tartalmazó elektrolitokból kemény és a nagy belső feszültség miatt repedezésre hajlamos nikkelfinálási válik le.

Az elektrolit összetételének az alkalmazott munkamóddhoz kell igazodnia. Manapság a nem gyorsított ütemben dolgozó üzemekben a következő összetételű elektrolitot használják:

$\text{NiSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$. . .	191,5 g/l (40 g/l Ni)
$\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$. . .	91,5 g/l (40 g/l Na_2SO_4)
NaCl	3,0 g/l
H_3BO_3	20,0 g/l

Az elektrolízis munkahőmérséklete kb. 60 C°. A hőmérséklet további emelésének az elektrolit fokozott párolgása és nagy fűtőanyagfogyasztás lenne a következménye. A felsorolt feltételek mellett az anódán és a katódán 130–150 ampére/m² áramsűrűséggel célszerű dolgozni, de ez minden zavar nélkül felemelhető 250 ampére/m²-re is.



50. ábra. A p_H változása savadáskor.

Hogy a katódán a kívánt folyamatok játszódjanak le, a katólit p_H -ját feltétlenül az 5,5 érték közelében kell tartanunk. Az elektrolit p_H -ja a kádon való áthaladás közben változik; ennek oka az, hogy az elektródákon másodlagos folyamatok játszódnak le. Tapasztalati tény, hogy ha óránként és m² katódafelületenként a kádon 15,5–16 liter elektrolit áramlik át, és 130 ampére/m² áramsűrűséggel dolgozunk, a katódaterbe 3,5 p_H -jú oldatot kell vezetni.

A tisztításhoz menő anolit mennyisége óránként és kádanként 20 liter, vagy óránként, 100 kg termelt nikkelle vonatkoztatva 14.000 liter.

Ilyen körülmények között a katódaterben a katólit p_H -ja 5,5 lesz és a nikkelle a katódán a legmegfelelőbb módon válik le. A katódaterben a p_H azért nő, mert a katódán másodlagos folyamatként hidrogén fejlődik és a hidrogénfejlődéssel párhuzamosan növekedik a hidroxilion-koncentráció. Az anolitban egészen más jelenség észlelhető: az elméletinél alacsonyabb anódikus áramkihasználás miatt az anolit szabad savtartalma nő és a kádból kifolyó elektrolit p_H -ja 4-re csökken le. Az 50. ábra azt mutatja, hogyan változik az oldat p_H -ja az oldathoz adott kénsav mennyiségének a függvényében.

Ennek a diagramnak a felhasználásával a kádba vezetett elektrolitba adandó sav mennyisége számítható. Mivel a szennyezések eltávolítása közben az oldat szabad savtartalma csökken, a megtisztított elektrolit p_H -ja kb. 4,5 lesz.

Ezek szerint a tiszta elektrolit p_H -jának 4,5-ről 3,5-re való csökkentése végett 1 m³ elektrolithoz 250–300 g, 1,84 fajsúlyú kénsavat kell adni.

Üzemben a nikkelleaffinálásnál az említett-nél nagyobb áramsűrűséggel is lehet dolgozni. Az elektródákon lejátszódó folyamatok tárgyalásánál láttuk hogy bizonyos esetekben az áramsűrűség 1000 ampére/m²-re is emelhető. A megfelelő áramsűrűséget gazdasági szempontok szemelött tartásával lehet kiválasztani. A kiválasztásnál a következőket kell szem előtt tartani:

1. az áramsűrűség növelésekor a kádfeszültséget is növelni kell és (mivel az áramkihozatal csak kissé változik) nagyobb lesz az elektromosenergia-fogyasztás is;
2. az 1 tonna nikkellere eső épület és berendezés amortizációs költsége (az épületek és a kádak 1 m³-e teljesítőképességének növekedésével arányosan) csökken.

Tehát az épületek és a berendezés költségadatainak, valamint az elektromos energia árának ismerete alapján ki lehet számítani a leggazdaságosabb áramsűrűséget.

A kádfeszültséget elsősorban az elektrolit vezetőképességétől és a választott áramsűrűségtől függ; ezt mutatja a 34. táblázat is.

Ezért nagyon fontos az elektrolit összetétele. A nikkelsulfátoldatnak a vezetőképessége kicsiny. Klein adatai szerint (47) 18° C hőmérsékleten ez a vezetőképesség a következő:

A nikkelle-sulfátoldat				
normalitása	0,5	1,0	2,0	3,0
Ohm ⁻¹ .cm ⁻¹	0,015	0,0254	0,0385	0,0452

34. táblázat

A feszültség eloszlása a kádban mV-ben

Feszültség	$D_k = \text{ampére/m}^2$	
	130	150
Az anódikus potenciál legyőzésére	208	216
A katódikus potenciál legyőzésére	517	524
Az elektrolit ellenállásának legyőzésére	1084	1250
A diafragma ellenállásának legyőzésére	357	360
A vezetékek és kontaktusok ellenállásának a legyőzésére	120	139
Összesen	2286	2489

Hammond (48) 25° C hőmérsékleten a következő értékeket találta:

A nikkelsulfátoldat				
normalitása	1,0	2,0	3,0	4,0
Ohm ⁻¹ .cm ⁻¹	0,0291	0,0450	0,0526	0,0547

(Folytatjuk)

Bjeljajev — magyarul

(Könyvismertetés)

Bjeljajev: Könnyűfémek kohászata. Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat, 1950.

A könyv a múlt év utolsó napjaiban jelent meg. Terjedelme 398 oldal. A fordítás alapjául az orosz nyelvű eredeti mű 1949. évi 3. kiadása szolgált.

A magyar könnyűfémipar nagyütemű fejlődése mellett nagy örömmel üdvözöljük e műnek magyar fordítású megjelenését. Ez kétségtelenül nagy mértékben meg fogja könnyíteni ez iparág műszaki kádereinek képzését és továbbképzését.

A művet a mai szakirodalomban egyedülállóan tekintjük. Egyik fő érdeme, hogy a legkorszerűbb technikai fejlődés szempontjainak figyelembevételével összefoglalja a könnyűfémkohászat elméleti és technológiai kérdéseinek komplexumát a bauxit minőségi kérdéseitől, a elektróda gyártástól, a kryolith szintézisétől kezdve a fontosabb timföldgyártási eljárások részletein keresztül az alumínium elektrolízisig és az alumínium raffinálásig s eléggé részletesen tárgyalja a magnézium elektrolitikus és termikus kohászatát is. Másik nagy előnye a könyvnek, ami általában a szovjet szakirodalmat jellemzi, hogy az elméleti fogalmak és problémák világos feltárása mellett a technológiai gyakorlatot alaposan, kellő részletességgel és az ipari tapasztalatok felhasználásával ismerteti. Így a tankönyvjelleg mellett a mű elolvasása a gyakorlat problémáival küzdő üzemmérnök számára is hasznos tájékoztatást és segítséget nyújt. Az egyes jelentősebb tárgykörökkel kapcsolatban megtaláljuk a szükséges elméleti jellegű áttekintést, amely tisztázza az illető technológiai folyamattal, vagy részlettel kapcsolatos fontosabb változók összefüggéseit, a folyamat hatásfokára kiható tényezők változásának függvényeiben a folyamat hatásfokát stb., ezt követi az apparatúra és a technológiai művelet gyakorlati leírása.

A szerző a technológiai kérdésekkel kapcsolatban kitér a gazdaságossági összefüggésekre, így az anyag- és energiamegtakarítási lehetőségekre, továbbá az önköltség vázlatos felépítését is ismerteti.

Az anyagot 157 ábra és grafikon teszi szemléletessé.

Mielőtt a könyvben foglalt tárgyi anyagot kísérelnénk meg áttekinteni, a szovjet könnyűfémkohászat fejlődésével foglalkozó fejezeteknél kell egy percre megállnunk.

„Az alumíniumipar megszervezése a Szovjetunióban a szovjet kohászat ipari győzelmét jelenti, ennek megvalósítása azonban csakis a szovjet szocialista államban volt lehetséges. Öt év alatt (1928—1932-ig) a Szovjetunióban hazai technológiai nyersanyagok felhasználásával új iparág létesült, amely termelési méreteinél fogva rövid időn belül elfoglalta az első helyet Európában. Ez a tény példátlan a kohászat történetében és élesen bizonyítja a szovjet szocialista gazdálkodás előnyeit a kapitalista gazdasággal szemben“, majd

„A Szovjetunióban a magnéziumipar létrehozatala a szovjet kohászat kiváló eredményeinek köszönhető. E kérdés az alumíniumipar létrehozásával egyidejűleg, vagyis valamivel az első ötéves terv előtt nyert elismerést s első eredménynek a harmincas években egymás után üzembe helyezett két hatalmas magnéziumkohót tekintjük. A szovjet kohászok a hazai magnéziumipart teljesen önállóan állították fel, eredeti technológiát dolgoztak ki s figyelembe vették a hazai nyersanyagok sajátosságait. Mindezen felül a Szovjetunióban a magnéziumipar felvirágoztatásához

sokkal kisebb idő szükséges, mint a kapitalista államok bármelyikében.“

Ezek a mondatok a szocialista iparfejlesztés nagy tettei felett érzett büszkeséget és lelkiesedést tükrözik. A könyv minden részletén pedig érezhetjük, hogy az nem öncélú elméleti műnek készült, hanem éppen ezt a példátlan ütemű építést kívánja szolgálni. Éppen azért bizonyos, hogy a mű magyar nyelvű megjelenése nagy segítségünkre lesz könnyűfémiparunk szocialista ütemű fejlesztésének munkájában.

A könyv az alumínium kohászata mellett a magnézium, berillium, az alkáli földfémek és a lítium kohászatát is tárgyalja. Az anyag döntő része (9—283. oldalig) azonban az alumínium kohászatát. A magnézium kohászattal 73 oldalon át foglalkozik a szerző.

Az alumínium kohászattal foglalkozó rész a geokémiai és ásványtani bevezetés után igen részletesen tárgyalja a timföldgyártást, az elektródák és fluoridok gyártását, végül az elektrolízist. A timföldgyártással kapcsolatban a Bayer-féle és a mézszódás zsugorítási eljárás tárgyalása igen részletes és kimerítő. Különösen a bauxitfeltárás, a kikeverés és kalcinálás műveletével kapcsolatos fizikai-kémiai változások és összefüggések tárgyalása igen alapos. Pl. a kikeverést kiragadva, itt a szerző külön tárgyalja az $\text{Na}_2\text{O}/\text{Al}_2\text{O}_3$ mólviszonyt, a koncentráció, a hőmérséklet, az oltóanyag mennyiség, az oltóanyag minőség, a keverés módjának és az alumínátlúg szennyezőinek szerepét és hatását a művelet lefolytatására.

A magas kovasavtartalmú bauxitokra gazdaságosabban alkalmazható zsugorítási eljárással kapcsolatban hasonló részletességgel, különösen az olvadáspontról viszonyokat tárgyalja az Al_2O_3 , CaO , SiO_2 , Fe_2O_3 komponensekből álló rendszerekre.

A magyar iparfejlesztési lehetőségek szempontjából érdekes a szóda fellárással kombinált Bayer-eljárás tárgyalása amelynél a Bayer-eljárás nátronvesztését NaOH helyett az olcsóbb szóddal pótolják (lásd a könyv 21. pontját).

Ugyancsak figyelemre méltóak a bauxit nedves őrlésére, a levegő-kikeverésre, a folytonos feltárással vonatkozó részletek. Timföldgyártásban foglalkoztatott szakembereink ma gyakorlatból csak az eredeti Bayer-eljárást ismerik, így számukra igen értékes és új részletek megismerését jelenti a száraz mézszódás zsugorítási eljárásról szóló fejezet (VI. fejeze) amelyből a zsugorítási folyamat, majd a zsugorítási termék kioldásának kémiai folyamatai, kémiai-fizikai viszonyai és technológiai kérdései teljes részletességgel tűnnek ki.

A hazai gyengébb minőségű bauxit feldolgozási lehetőség szempontjából ilyen ismeretek elsajátítása feltétlenül hasznos. Ugyanebból a szempontból érdemelnek figyelmet a kalcium-aluminátos Kuznyecov—Zsukovszkij-féle eljárás és a kombinált lúgos eljárásokról szóló fejezetek.

A fluoridokkal foglalkozó részben különösen az elektrolízis szempontjából felmerülő követelmények részletei és a folytpábazison történő kryolith szintézis tárgyalása érdemel figyelmet. A szódas feltárással dolgozó lúgos kryolith szintézis elkerüli a hidrogén-fluorid gázzal való műveletek készüléki és egyéb nehézségeit és kellemetlenségeit.

Az elektródákról szóló fejezet az elektróda-gyártás nyersanyagait, a gyártás műveleteit, annak fizikai-kémiai és technológiai problémáit tár-

gyalja. Ezen kívül eléggé részletesen kitér a grafitozott elektródák gyártási technológiájára.

Az alumínium-elektrolízis elméleti alapjaival foglalkozó fejezet a kryolith-tímföld olvadékok elektrolízisének bonyolult fizikai-kémiai viszonyait logikus, didaktikailag is helyes sorrendben tárgyalja. Az olvadáspont, és oldhatósági, fajsúly- és viszkozitás-viszonyok mellett igen részletesen tárgyalja a felületi feszültségi viszonyokat, mint az olvadék elektrolízisek egyik alapvető, eddig nem kellően méltatott problémakörét.

A szovjet kutatók munkájának nyomán vált világossá a tímföld és nátriumfluorid felületi aktív szerepe a kryolith-olvadékokban, a felületi feszültség és nedvesítés jelenségeinek összefüggése az anódeffektussal, a katódszénben mutakozó adszorpcióval.

Az elektrólit vezetőképességére, a bontási feszültségre vonatkozó fejezetek számadatai igen sok, gyakorlatilag is használható értéket nyújtanak. A reakció-mechanizmus és az anódeffektus bonyolult kérdéseit tárgyaló fejezetek pedig a legújabb kutatási eredmények és szempontok felhasználásával tűnnek ki. Így a klasszikus „fémkőd” felfogás mellett már a fémnek, az elektrólitban egy vegyértékű alakban való oldódása is tárgyalásra kerül.

A gyakorlati szakember számára igen hasznos az áramhatásfok alakulására ható tényezők, a hőmérséklet, az áramsűrűség az elektródatávolság és az elektrólit összetétele hatásának részletes tárgyalása.

Az alumínium elektrolizáló kádkonstrukciókkal és alumínium elektrolízis gyakorlati technológiájával foglalkozó fejezet a szovjet tudomány és ipari gyakorlat egybeforrottságát tanúsítja. A kemencekonstrukciók között ismerteti a könyv az 50.000 A-es, egy anódás vízszintes tüskékkel ellátott, önsülő anódájú kemencetípust.

A szerző az elektrolízis technológiájának további fejlődése szempontjából reményteljesnek tartja a felülről bevezetett, függőleges tüskékkel ellátott, önsülő anódájú kemencéket.

Ennek a szerkezeti megoldásnak előnyét a könyv elsősorban a fűrdő felülről való jó lefedésének lehetőségén keresztül a fajlagos áramfogyasztás csökkentésében, a szerkezet egyszerűségében és az alumíniumköpeny elmaradásában látja.

Az alumíniumkohók üzemi technológiájáról szóló fejezet részletesen tárgyalja a kemencék indítását, indítás utáni és normális üzemét. Ezekből a fejezetekből különösen érezhető, hogy a szerző gyakorlati tapasztalatok talaján áll. Az önköltségsökkenés és racionalizálás lehetőségeire vonatkozó megállapítások hazai kohóinkra is teljes érvényűek:

„Az alumínium önköltségsökkentésének elsősorban a felesleges tímföld- és villamosenergia-vesztések legmesszebbmenő csökkentéséből kell kiindulnia.

E kérdésekre tehát figyelemmel kell lenni, mind a kohókádkak megtervezésénél és felszerelésénél, mind pedig üzeménél. Az anyagfelhasználás csökkentését célzó intézkedések között megemlíthetjük az anyagszállításnál és a kádakba adagolásnál a célszerű eljárások alkalmazását (pl. kohóba való pneumatikus tímföldszállítás, hordozható tartályok alkalmazása, a kádak bunkerekkel, kifolyókkal és tömlőkkel való felszerelése stb.), melyek megelőzik a káros tímföld- és fluorvesztéseket (elporlódás). Itt megemlíthetjük még a kryolithnak a kádból kiváló gázokból és a salak-

ból (széntartalmú habból) történő regenerálását is.

Fontossági szempontból az alumínium önköltség számításánál második helyen áll a villamosenergia értéke. Az egy tonna alumíniumra eső fajlagos energiafelhasználás csökkentését a kádkonstrukciónál (a környező közeg hőfelvételével kapcsolatos hővesztés csökkentése, a kád áramkörében pl. csatlakozásokban fellépő haszontalan feszültségek megszüntetése, a kádkézelés gépesítése szerelésnél stb.) a földbe elmenő áramvesztés megszüntetése révén (és az üzemnél) anódeffektusok számának és időtartamának csökkentésével, az elektrólit legkedvezőbb hőmérsékleten való tartásával stb. kell végrehajtani.”

Az alumínium-elektrolízis technológiájához csatlakozva tárgyalásra kerül az alumínium elektrolitikus raffinálásának technológiája, a szénnel való alumínium redukció lehetősége, a szilícium-alumínium ötvözetek elektrótermiája.

Külön fejezetet foglalnak el a szilikó-alumíniumból fémszűrővel előállított szilumin és a szilikó-alumíniumból való alumíniumkinyerés módszerei.

A magnéziumkohászattal kapcsolatban egyformán részletesen, a gyakorlati szakember számára is újat mondva, tárgyalja a szerző a nyersanyagok előkészítését elsősorban a vízmentes magnéziumklorid előállítását, az elektrólitikus és a termikus redukciós eljárásokat. A magnézium-elektrolízis elméletével, fizikai-kémiai alapjaival foglalkozó fejezet, az olvadék-elektrolízisek általános problémakörének megfelelően, az alumínium-elektrolízissel foglalkozó azonos fejezethez hasonlóan épült fel. Az olvadáspont, a viszkozitás, a gőznyomás-viszonyok mellett is részletesen tárgyalja a szerző a felületi feszültségi viszonyokat. Ezt követik a bontási feszültség, az elektromos vezetőképesség az elektrólit összetétel függvényében, a magnézium fém elektrólitban való oldhatóságának kérdése, majd különböző tényezők hatása az áramhatásfokra.

A termikus magnézium redukcióval kapcsolatban figyelemre méltók ennek a fejezetnek zároszávai:

„Az utóbbi években (különösen az 1941–45. évi háborúval kapcsolatban) a termikus eljárással történő magnéziumelőállítás hatalmas méreteket öltött s ugyanakkor technológiai folyamatának egyszerűsége, veszélytelen volta és a szükséges berendezések biztonsága a további fejlődésnél nagy kilátásokat biztosítanak számára.”

A kalcium a berillium, a bárium, továbbá a litium kohászásával ezek kisebb jelentőségének megfelelően rövidebb, de a korszerű fejlődés legújabb eredményeit összefoglaló fejezetek foglalkoznak.

A könyv külalakjával kapcsolatban úgy hiszük, hogy ez az értékes mű jobb papírt érdemelt volna. Elég sok a többé-kevésbé értelemzavaró sajtóhiba, így az első pillantásra felűnik a 260. oldalon lévő kemence-ábra megfordítása, a 254. oldalon lévő ábra nyilván feleslegelt szövege vagy a 300. oldalon lévő grafikon alatti kémiai reakció egyenlet értelmellensége.

Hasonló kiadványoknál a jövőben sokkal nagyobb súlyt kell helyezni a jó nyomdai munkára és kívánatos lenne, ha a mű alaposan elkészült sajtóhiba-jegyzéke sürgősen rendelkezésre állna.

A munka a Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat kiadásában, a Franklin-nyomdában készült. Ára 50.— Ft.

Szakál Pál.

ALUMÍNIUM

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: Solt Sándor.

Szerkesztőség: V. Szalay-u. 4. Telefon: 129-696. — Kultúra Nyomda VIII., Conti-n. 4. Felelős nyomdavezető: Heitter Imre

ALUMINIUM

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

A 175 százalékos felajánlás-teljesítés!

HORVÁTH PÁL

17.000 tonnával több bauxit, 176 tonnával több timföld, 100 tonnával több alumínium.

650 to. szén-, 105 to. kriolith (importanyag), 50 to. színesfémegtakarítás.

Igy sorolhatnánk azokat az eredményeket, melyeket az alumíniumipar dolgozói Pártunk II. Kongresszusának tiszteletére terven felül teljesítettek. Pártunk II. Kongresszusának jelentőségét mi sem fejezhette ki jobban, mint az a versenylendület, mellyel a Kongresszus tiszteletére, dolgozó tömegeink terven felüli teljesítésben, anyagmegtakarításban, felajánlást tettek és a vállalásaikat túlteljesítették.

Pártunk Kongresszusának középpontjában a békeharc elmélyítése és megerősítése volt, amelyhez dolgozó népünk munkája jobbatételével, eredményeink további emelésével járult hozzá, hogy ezzel a béketábort erősítse.

Ez a versenylendület továbbfokozása volt annak a munkalendületnek, mely hazánkban Pártunk szervezésével és irányításával 1945. óta folyik. 1945. óta sok állomása, ünnepe volt már népünknek, melyeket a nagyszerű eredmények elérésével tett emlékezetessé. Rákosi elvtárs kongresszusi beszédében mutat ennek előnyére azzal, amikor megállapítja, hogy bár mi még nem tartunk ott, mint a Szovjetunióban, ahol a szocialista verseny már a munkások természetévé vált »de nálunk is kezd meghonosodni az a jó szokás, hogy a dolgozó nép minden nagy évfordulót, vagy fontos eseményt, munkafelajánlással ünnepel.«

Az alumíniumipar dolgozói 1945. óta a Párt vezetésével a nációk által megbénított termelés helyreállításért harcoltak először. A tönkretett gépek, gépek és kohók helyrehozásával az eldugott anyagokkal megindították a termelést, majd fokozatos munkával elértek oda, hogy napról napra emelik termelésüket és egyre több »magyar ezüstöt« adhattunk országunk újjáépítéséhez, a 3 éves terv eredményes időelőtti befejezéséhez.

A »magyar ezüstre« iparunk fejlődésében, a szocializmust építő 5 éves tervünkben mindig nagyobb szükség van. Az alumíniumipar dolgozói ezt megértették és munkájukon gondolkozva, új munkaviszonnyal munkafolyamatukat lerövidítve napi termelési eredményeket 1945. óta megsokszorozták.

A sztálini-műszak, mint ahogy az egész magyar iparban, az alumíniumiparban is felszínre hozta a munka hőseit, az alumíniumipar sztahanovistáit. Sztahanovistákat a bauxitbányászat terén, az alumíniumkohók terén. Ezeknek az eredményeknek fontos összetevőjeként említette meg Rákosi elvtárs ugyancsak a kongresszusi beszédében, hogy »gyökerében megváltozott a felszabadult munkásosztály beállítottsága a szocialista munkához. Dolgozóink egyre többen értették meg, hogy a munka nálunk nem kényszerű robot többé, hanem felszabadult dolgozók becsületének és dicsőségének ügye.«

Csak egy felszabadult, saját hazáját, otthonát építő munkásosztály tud úgy alkotni, mint ahogy azt a szovjet munkásosztály a Nagy Októberi Forradalom óta az egész világnak bebizonyította, és ennek nyomán a felszabadult népi demokráciák munkásosztályai.

A kongresszusi munkaverseny eredményeinek alapját elsősorban ebben kell keresnünk. »Vidámabb az élet, könnyebben és jobban megy a munka«, ahogy ezt Sztálin elvtárs mondta.

Iparunk eredményének döntő alapja, hogy üzemi pártszervezeteink jó politikai munkája nyomán a dolgozók megértették, hogy ez a verseny a Párthoz való viszonyt tükrözi, hogy ez a verseny egyben a békeakaratot fejezi ki.

Elsősorban pártszervezeteink politikai munkájának eredménye, hogy a Hofherr-gyár dolgozóinak felhívására az egész ipar dolgozóinak 86%-a konkrét felajánlással csatlakozott és ezt a sajátmaguk által tett vállalást magas százalékkal túlteljesítették.

A kommunista munkások ebben a versenyben megértették, hogy nekik kell a felajánlásban és a teljesítésben élenjárni. A kommunista példamutatás a pártonkívülieket magával ragadta és a Pártkongresszus tiszteletére folyó versenyben egysorba álltak a párttagokkal. A pártonkívüli tömegek tisztában voltak azzal, hogy a Pártkongresszus nemcsak a kommunisták jövőjének adja meg perspektíváját, az egész magyar dolgozó népnek, melyért szívesen vállaltak feladatokat.

Hozzájárul továbbá üzemeink eredményéhez az, hogy a műszaki értelmiség megértette a kongresszusi verseny jelentőségét, megértették azt, hogy termelés és anyagtakarékosság vonalán eredményeket csak a műszaki értelmiségnek és a fizikai dolgozóknak, szoros együttműködésén keresztül érhetünk el.

Iparunkban a termelésben dolgozó műszaki értelmiségnek 90%-a vett részt a kongresszusi versenyben. 53%-ban egyéni vállalással, a kisebbik része komplex-brigádokban. A kongresszusi hét alatt a műszaki értelmiség éjszakai inspekciónal állandóan segítségére volt a fizikai dolgozóknak és éberen örködött afelett, nehogy üzemkiesés megakadályozza a vállalat teljesítését.

A műszaki értelmiségnek ez a munkája tükrözi azt, hogy a Pártot és a dolgozó népet becsüli, hogy fejlődésünk érdekében áldozatok vállalására képes.

Voltak azonban nehézségek is ezen a téren. Akadtak olyan üzemek, ahol a műszaki értelmiség a munkaversenyt a termeléstől elválasztotta, azt a szakszervezet feladatának tekintette. Ezt a téves álláspontot a pártszervezetek felvilágosító munkája nyomán sikerült megváltoztatni és ezek a dolgozók is megértették azt, hogy a munkaverseny a tervre épülve, a termelést viszi előre s az nem elválasztható.

Döntően hozzájárult eredményeikhez, hogy az üzemi pártszervezetek, szakszervezetek és a vállalat vezetősége szorosan együttműködött. Nem az események után kullogott, hanem a versenyt menetközben, naponta az üzemi háromszög kiértékelte, és a következő napok feladatait meghatározta. Ezeknek a kiértékeléseknek nyomán a vállalat vezetősége a súlypontokat a következő napokra meg tudta adni, esetleges szervezési átcsoportosító munkákat tudott végezni. A pártszervezet és a szakszervezet pedig aktívain keresztül a felvilágosító munkát irányítani tudta. Ezeknek a kiértékeléseknek nyomán a vállalatvezetőség, párt- és szakszervezet tudta, hogy kikkel kell egyénileg foglalkozni, kik azok, akik lemaradtak, kik azok, akik a kongresszusi versenyben az élen járnak. Ezen keresztül minden nap, sőt sok esetben naponta többször ismertették a dolgozókkal az elért eredményeket. Sok vállalatnál az

üzemi háromszög a műszaki értelmiséget és a sztahanovistákat is bevonta ezekbe a kiértékelésekbe.

Nem utolsósorban járult hozzá az eredményhez a jól megszervezett ellenőrzés. Napi teljesítmények faliújságon, mikrofonon történő ismertetése találkozott alulróljött ellenőrzéssel, nem egy üzemben fordult elő, hogy a dolgozók saját maguk vezette eredményeket egyeztették a vállalat nyilvántartásaival. A felülről jött ellenőrzés: minisztérium, szakszervezet is továbbment az eddigiekben, amikor nemcsak a hibákra hívta fel a figyelmet, hanem a hibák kijavítására, a helyszínen mindjárt javaslatot tett a kiküldött személy és a másik üzemben szerzett tapasztalatainak átadásával hozzájárult az eredmények megvalósításához.

Az egész dolgozó nép figyelemmel kísérte az elért eredményeket és a kiváló versenyzőket szeretetével halmozta el. A tatabányai Alumíniumkohó legjobb kohászát az úttörők virágcsokorral köszöntötték.

Az iszkaszentgyörgyi bánya legjobb vájárját az MNDSz asszonyok ugyancsak virágcsokorral várták a műszak befejezése után. A falu, a város dolgozóinak családja büszke arra, hogy a szocializmust építő országnak élenjáró dolgozókat, sztahanovistákat adhat.

A hibákat kijavítva újabb eredményekért indulunk harcra az április 4-e és május 1-i munkaversenyen.

Ezeknél az eredményeknél nem szabad megállnunk. A Szovjetunió kiváló dolgozóitól tanulva, tapasztalataikat hasznosítva iparunk termelésének további emelését és az alumínium önköltségének csökkentését tekintjük feladatunknak. Az alumíniumipar összes dolgozója a kongresszusi verseny alatt egybekovácsolódva áll a békeharc mellett Pártunk vezetésével a nagy Szovjetunió oldalán.

Alumínium ötvözetek hegesztése argon-ívvel

Dr. BURAY ZOLTÁN

79:669.716

Бурай Зольтан.

Агроно-дуговая сварка алюминиевых сплавов

Автор сообщает проведенные эксперименты относительно аргонодуговой сварки листов промышленного качества толщиной 2,6 и 10 мм следующего состава: Al-Mg-Si; Al-Mg₃ и Al-Cu-Mg. Сварку выполняли с одной стороны с применением электрод с основного материала, а с другой стороны — Al-3Si. После рентгена швов проводили испытания на прочность и изгиб. А также проводили испытания на твердость, на микро-разрыв и микроскопические. Автор установил, что с более малым понижением прочности можно выполнять сварку листов Al-Mg-Si. Более трудна сварка листов Al-Cu-Mg. В каждом случае с применением своих электрод получили лучшие результаты, но менее чувствительна на трещины электрода Al-3Si.

by dr. Z. Buray

Argonarc Welding of Aluminium Alloys.

In this paper author renders a description of his investigations and experiments of welding 2,6 and 10 mm commercial Al-Mg-Si, Al-Mg₃ and Al-Cu-Mg sheets and plates, by the Argonarc welding process. It was partly done with welding rods made of the same alloys, partly with Al-3Si rods. After completing X-ray examinations the mechanical properties of the welds were tested with transverse-tests. To ascertain the influence in the annealed area, metallographical as well, as hardness tests and microtensile tests were effected. Finally, spectral analyses were made to control whether there were any burns.

The results show: Al-Mg₃ alloys may be welded with the least decrease of tensile strength; while the welding of Al-Mg-Si is easier, but there is considerable softening of the material; there is a narrow annealed area, when welding Al-Cu-Mg, but the welding of this alloy is comparatively more difficult.

Better results were obtained with welding rods made of the same alloy, but markedly less sensitivity to cracking was observed with Al-3Si rods.

Az alumínium hegesztése az eddigi ismert hegesztési eljárásokkal különböző nehézségekbe ütközött, ezeket a nehézségeket többé-kevésbé sikerült ugyan kiküszöbölni, a tökéletes megoldásuk azonban mindaddig nem sikerült, amíg a védőgáz alatti hegesztéseket fel nem fedezték. Ez a hegesztési eljárás, amelyet a Szovjetunióban Argono dugovaja szvarka-nak és Amerikában Argonarc-nak neveznek, a könnyűfémek hegesztését forradalmasította.

A hegesztés nehézségei és megoldásuk

Az alumínium és ötvözetek hegeszthetőségét ezek fizikai, kémiai, mechanikai és metallográfiai tulajdonságai határozzák meg és a hegesztés kivételét éppen ezek az acélananyagoktól erősen eltérő tulajdonságok nehezítik meg. Közismert, hogy az alumínium olvadáspontja 658°C , szemben az acélok kb. 1400°C -os olvadáspontjával. Ez a tény, magában, a kis fürdőhőfokot követelné, tekintettel azonban, hogy az alumínium melegvezetése háromszorosa, fajhője pedig kétszerese az acélénak, így a bevezetett melegmennyiség igen gyors elvezetésével, a helyi megömlesztésre lényegesen nagyobb melegmennyiséget kell közölni az anyaggal. Szintén az alumínium egyik fontos tulajdonsága, hogy az acélhoz képest kb. kétszerese a hőtágulása, ennek következtében a vetemedési és zsugorodási hajlam jóval nagyobb.

Az alumínium kémiai tulajdonságai közül annak az oxigénhez való nagy vegyrokonsága okoz különös gondot a hegesztőnek. Tudjuk, hogy az alumínium felületét egy kb. $0,1-0,2\ \mu$ vastagságú és kb. 2050°C olvadáspontú oxidréteg borítja. Ez az oxidréteg az alapanyaggal kohéziós kapcsolatban van és esetleges eltávolítás után azonnal újra keletkezik. Ezt a magas olvadáspontú réteget megömlesztési, éppen az alumínium alacsony olvadáspontja miatt, nem lehet, ezért szükséges a tökéletes hegesztési kötéshez ennek a rétegnek valamilyen eljárással való eltávolítása. Ez az eltávolítás mind a gáz-, mind az ívhegesztéseknél különböző hegesztőporok alkalmazásával kémiai úton történt. Viszont éppen az oxidáló anyagoknak agresszív kémiai sajátosságai követelik meg, hogy hegesztés után azoknak még a nyomait is gondosan eltávolítsuk. A védőgáz alatti hegesztésnél a gáz-ionok homokfűvószerű bombázása ezt a vékony oxidréteget feltépi és eltávolítja, a semleges védőgáz jelenléte pedig a továbbiakban a megömlött fém újraoxidációját meggátolja.*

Az alumínium metallográfiai és mechanikai tulajdonságaiból három nehézség következik a hegesztő számára. Ezek a repedékenységre való hajlam, az ötvözetek kilágyulása és az ötvözőanyagok kiégése. A repedékenységek maguk lehetnek ún. meleg repedékenységek, kiválási repedékenységek és a porozitásokból adódó repedékenységek. Meleg repedékenységek nevezük az ötvözetek repedés-érzékenységét a szolidus és likvínus hőmérséklete közötti mezőben. A szolidus felett az ötvözeteknek szilárdsága és nyúlása gyakorlatilag O-nak mondható, viszont

éppen ebben a szakaszban következik be a lehülő ömledék tekintélyes zsugorodása. Ezért azok az ötvözetek, amelyeknek szolidusa és likvidusa között nagy a hőfokkülönbség, hegesztésre sokkal érzékenyebbek, mint azok, amelyeknek hőfokkülönbsége ebben a szakaszban kicsi. Másrészt, amennyiben az anyagnak aránylag kis része van csak felmelegítve a szolidus hőfok fölé, vagy pedig a lehülés elég gyors, ezt a repedés-érzékenységet kellőképpen le lehet csökkenteni. Éppen az ívhegesztések, amelyeknél a hőközlés kis területre szorító nagy hőfokú hőmennyiségből adódik, alkalmasak a melegrepedékenységre érzékenyebb ötvözetek hegesztésére.

A másik repedékenységi hajlam a kiválási repedékenységre, amelyet a Nemesíthető ötvözetek, amelyek korlátolt oldódású vegyes kristályos szakaszúak, hajlamosak erre a szolidus hőfok alatti repedékenységre. Azon a hőfokon, ahol a hegesztett ötvözet korlátolt oldóképességének határa van, megindul az oldott alkotó vagy intermedier vegyület kiválása az alumínium térrácsából. A kiváló fázis általában intermediervegyület; igen kemény, a szemcsehatárok mentén helyezkedik el és ezáltal a szemcsék közti kohéziós kapcsolatot megbontja. Ugyanezért, éppen a kiválások következtében, tekintélyes térfogatváltozás lép fel, amely az ezen a hőfokon amúgyis kis szilárdságú- és a szemcsehatárok mentén elhelyezkedő kemény kristallitok zavaró befolyása következtében még meggyengült anyagban könnyen repedést idéz elő. Egy gyors lehülés és aránylag szűk felmelegített szakasz ezt a repedékenységi hajlamot szintén csökkenti.

A hegesztés közben előálló porozitások szintén megbontják az anyag folytonosságát és a zsugorodások következtében fellépő feszültségek hatása alatt könnyen repedéseket okozhatnak. Ezek a porozitások egyrészt a hengerelt anyagban az öntött blokkból bekerült és finoman elhengerelt gázokból adódhatnak, amelyeket a hegesztés hőhatása kiterjedésre kényszerített és az anyagot helyenként szétnyomják. De bekerülhet magából a hegesztési ömledékből, illetőleg az atmoszférából az ömledékbe gáz, amely a hirtelen lehülés következtében nem tud a felszínre feljönni és bezáródik. Természetesen, amennyiben a hegesztést és környékét semleges védőléggel burkolja, ilyen gázelnyelődés nem állhat elő.

Az alumínium-ötvözetek egy része, az ún. n. nem hőkezelhető ötvözetek, szilárdságukat a hideg megmunkálás mértéke szerint kapják. Ezek az ötvözetek 200°C felett felmelegítetten és ezen a hőfokon bizonyos ideig tartottan, kilágyulnak. Azok a hegesztési módok, amelyek aránylag alacsony hőfokon kis hőmennyiséget közölnek az anyaggal, éppen a fent vázolt fizikai tulajdonságok miatt széles sávban a hegesztés mellett felmelegítik az anyagot a kritikus 200°C fölé, azonkívül a széles felmelegítési szakasz egy eléggé lassú lehülést is eredményez, így a kilágyulás a hegesztés két oldalán elég nagy mértékű. Az ívhegesztéseknél a kilágyulás mértéke erősen csökken a gyors hőbehatás, a keskeny hőbefolyásos zóna és a gyors hőelvezetés következtében. A másik típusú ötvözetek szilárdságukat hőkezeléssel érik el. Ezek a 200°C körüli hőmérséklet hatására szintén

* Lásd: *Buray*: A könnyűfémek hegesztésének fejlődése, 1944—49-ig. Alumínium, 1949. I. évf. 1. és 2. szám.

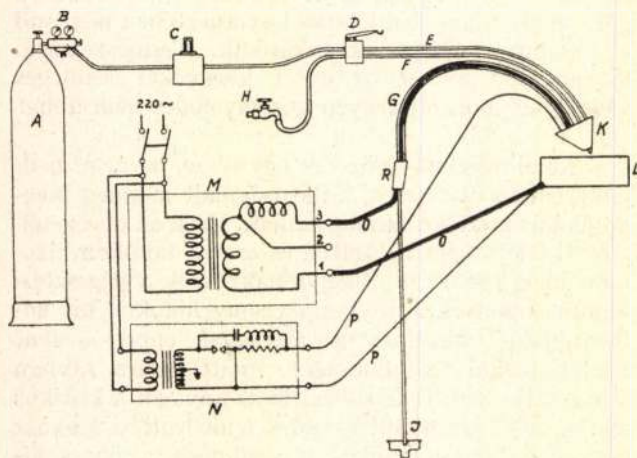
kilágyulnak, a természetesen öregező ötvözetek azonban, amennyiben 500° C körüli hőmérsékletre gyorsan elvonódik a hő, a hegesztés melletti zónában újra felnemesednek. Ez a felnemesedés csak igen gyors hőelvonásnál, tehát kis hőbehatásos zóna esetén fog bekövetkezni. Ugyancsak kis hőbehatásos szakaszánál a gyors hőelvonás következtében a kilágyulás ezeknél az ötvözeteknél egész csekély.

A hegesztés ömledékében egyes ötvözők, ha huzamosabban van az anyag megömölve, könnyen kiégnek. Kiegészre különösen a magnézium hajlamos magasabb magnéziumtartalmú hidronáliumoknál. Amennyiben azonban az ömledék lehülése gyors és maga a megömlesztés is gyorsan megy végbe, a kiégési veszélyt nagy mértékben lehet csökkenteni. A kiegészre meggátlására célszerű a hegesztőpálcát a kiegészre veszélyes ötvözővel erősebben felötvozni.

Az előzőekben vázolt hegesztési nehézségeket az Argon-ív hegesztéssel a ma létező hegesztési eljárások közül a legjobban lehet kiküszöbölni. A hegesztés elektromos ivhegesztés, ahol az ívet a wolfram elektróda és a hegesztendő tárgy között húzzuk. Ennek következtében az anyaggal közölt hőmennyiség a lehető legnagyobb és a hőhatás a legpontoszerűbb. Ennek következtében a repedékenységi veszély, a kilágyulás, az ötvözőelemek kiégése, valamint a zsugorodások következtében beálló vete-medések mértéke a legkisebbre csökkentett. A hegesztést és környékét az egész folyamat alatt burkoló semleges védőgáz egyrészt a felületet borító oxidréteget az elektromos ív hatására eltávolítja, másrészt meggátolja az újraoxidáció kívül a levegőből történő gáznyelődést is. A hegesztéshez használatos gáz vagy hélium vagy argon.

A készülék leírása

A Fémipari Kutató Intézet tulajdonában levő hegesztőkészülék az 1. ábra szerinti elrendezésben argon védőgázzal működik. Az 50 m³-es gázpalackból (A) nyomásreduktorok (B) segítségével 1 atm. nyomással kijövő gáz mennyiséget egy gázfolyás-



1. ábra.

- | | |
|------------------------|----------------------------------|
| A Argontartály. | J Vízvezető. |
| B Nyomáscsökkentő. | K Hegesztőpisztoly. |
| C Gázfolyásmérő. | L Munkadarab. |
| D Víz- és gázkapcsoló. | M Hegesztő transzformátor. |
| E Gázvezeték. | N Nagy frekvenciás stabilizátor. |
| F Vízvezeték. | O Hegesztő kábel. |
| G Víz kifolyó. | P Nagy frekvenciás vezeték. |
| H Vízcsap. | R Biztosíték. |

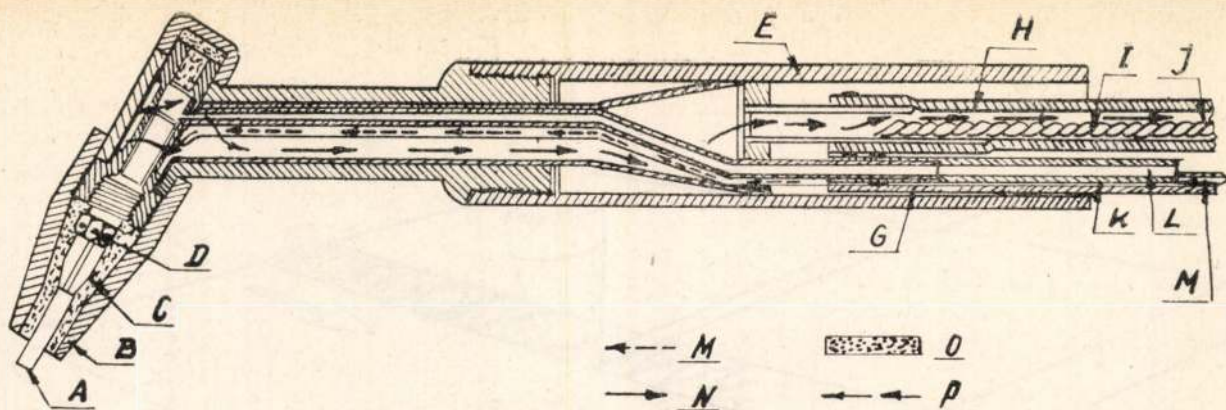
mérővel (C) ellenőrizzük. Ezután a gáz egy műanyag csövön (E) keresztül jut a hegesztőpisztolyba. A hegesztési áramot egy fokozatmentes szabályozással ellátott hegesztő transzformátor (M) szolgáltatja, melynek szekundér oldalán 50–300 ampér áramerősséget lehet levenni. Az áram bevezetésére szolgáló kábel (O) egy vízhűtéses műanyagcsőbe (G) van elhelyezve, amely egyben a hegesztőpisztoly hűtésére alkalmazott víz kivezetésére is szolgál (I).

Ezzel a megoldással a kábel jó hűtése következtében lehetővé vált egy, a szükségesnél lényegesen kisebb keresztmetszetű hegesztőkábel alkalmazása, amivel a hegesztőpisztoly súlya és annak kezelése lényegesen könnyebbé vált. Tekintve, hogy az esetleges vízhűtés megszakadása a kábel azonnali kiégését vonná maga után, el van helyezve egy 30 ampéres biztosító (R) a kábel és a víz szétválása előtt. Az argonfogyasztás csökkentésére egy egyszerű kikapcsoló szelep (D) szolgál az argon (E) és a bevezető víz (F) kikapcsolására, ez a szelep a pisztoly (K) ráakasztásával egyidejűleg elzárja az argon és a vízfolyást. Az iv tartására az ivgyújtásra és a levegő ionizálására egy nagyfrekvenciájú stabilizátor (N) szolgál. A stabilizátor kb. 1,5–2 kilociklusú nagyfrekvenciás áramot szuperponál a hegesztőívre oly módon, hogy az áram vezetésére szolgáló vezeték (P) egyik pólusa a hegesztőpisztoly wolframpálcájára, a másik pólusa a hegesztendő tárgyra (L) kötött. Ez a nagyfrekvenciás áram feleslegessé teszi a hegesztés megkezdéséhez egyébként szükséges nagy gyújtófeszültséget és a váltóáramú hegesztésnél félperiódusonként szükségessé váló újragyújtást a levegő ionizációjával elvégzi, amivel az iváthúzás már kb. 10–15 mm távolságban a munkadarabtól megtörténik. Így nincs szükség a wolframnak a hegesztendő anyaghoz való érintésére. Ez esetben u. i. az iv nagy hőfokán elgőzölgő alumínium kékeszürke lepődék formájában a wolframra lecsapódik és az így szennyezett elektróda hasonló színű lepődéket ad a varraton és környékén.

A hegesztőpisztoly egy fejrészből és egy fogórészből áll (2. ábra). A szigetelt fogórész magabafoglalja egyrészt a hegesztőáram bevezetésére szolgáló kábelt (I), amely a hűtővíz kivezető csőjében (J) van. Ezenkívül a pisztoly foglatában fut a hűtővíz bevezetőcső (M), valamint az argongáz bevezetőcső (L) is. A foglatat első részén, annak tengelyére kb. 120°-ra elhelyezett a wolfram tartóberendezés (C) és a gáz irányítására szolgáló kerámikus fúvóka (B). A wolfram tartócsavar furatos, amelyen keresztül áramlik az argongáz a fúvóka terébe. A csavar meglazításával a wolfram könnyen kiserelhető. A hegesztéshez szükséges wolfram 99% tisztaságú 1,5–5 mm Ø-jű rúd. A wolfram fogyasztás kb. 20 óránként 80 mm. A wolfram végének a fúvóka nyílásának síkjából 1–3 mm-re kell kiállnia. A fúvóka a nagy hőhatás elviselésére kerámikus anyagból, esetleg kvarcból készül, de még így is aránylag elég gyorsan tönkremegy. A hegesztéshez használatos fúvókák és hozzátartozó wolfram-elektrodák méreteit az I. számú táblázat mutatja.

I. táblázat.

Elektróda Ø mm	1,5	2,5	3,5	5,0
Fúvókanyílás Ø mm	8,0	8,0	10,0	13,0



2. ábra.

A Wolfram-elektroda.
B Kerámikus fúvóka.
C Szorítócsavar.
D Argongáz nyílások.

E Elektrod tartó.
F Vízfolyás.
G Gázfolyás.
H Műanyag cső.

I Hegesztőkábel.
J Vízkifolyás.
K Vízbefolyás.
L Gázvezeték.

M Vízvezetés útja.
N Víz-kivezetés útja.
O Gáz-cirkuláció.
P Víz-cirkuláció.

A hegesztéshez szükséges argon 99,8% tisztaságú legyen. Az argonban levő szennyezések (N,H,O) a hegesztési varratba kerülve, ott gázzárványokat idéznek elő, másrészt a hegesztés környékét szürkés-kék lepedékkel borítják.

Az ötvözetek hegesztése

A különböző ötvözetek hegeszthetőségének megállapítására hosszabb kísérletsorozatot indítottunk el a Kutató Intézetben. A kísérletsorozat célja az antikorodál, hydronálium és dural-típusú lemezek hegeszthetőségének megállapítása, a hegesztés körülményeinek megvizsgálása, a szilárdsági és kilágyulási viszonyok megállapítása, valamint a hegesztések korrozioérzékenységének megvizsgálása voltak. A kísérletek utóbbi része még folyamatban van.

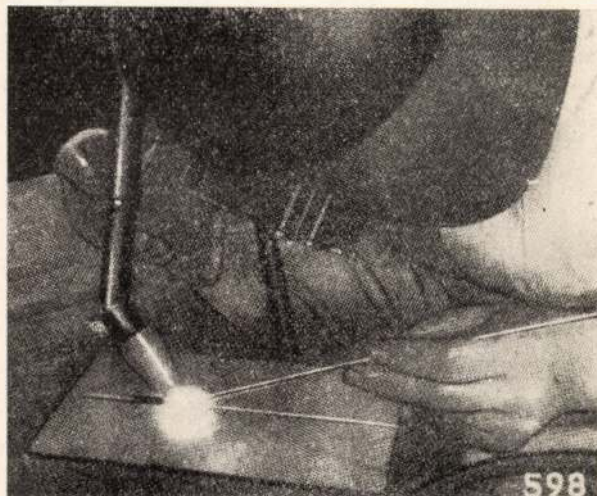
A fenti háromféle ötvözetű és háromféle vastagságú kereskedelmi minőségű lemezanyagból hegesztési varratokat készítettünk, részben a lemezanyaggal megegyező összetételű, részben alumínium-szilícium hegesztőpálcával. A varratokat a 2 mm-es lemezknél tompán illesztettük, a 6 és 10 mm-es lemezknél 30°-ban V alakban leléztük. A 2 és 6 mm-es lemezeket egy oldalról hegesztettük, míg a 10 mm-es lemezeket a V alak feltöltése után a gyökoldalán is utánahegesztettük. A lemezszelek előkészítésére útmutatást a 3. számú ábra ad.

A hegesztés megkezdése előtt célszerű a lemez-élek környékének megtisztítása, mindennemű olajtól, zsírtól és piszoktól. Ez kémiai vagy mechanikai úton történhetik. Az oxidréteg vastagságának csökkentésére ajánlatos — különösen ott, ahol a lemezek éleit nem munkálták meg — a lemezszelek durva megreszelése. Ezzel egyrészt az argonfogyasztást csökkenthetjük, másrészt a hegesztési sebességet növelni tudjuk.

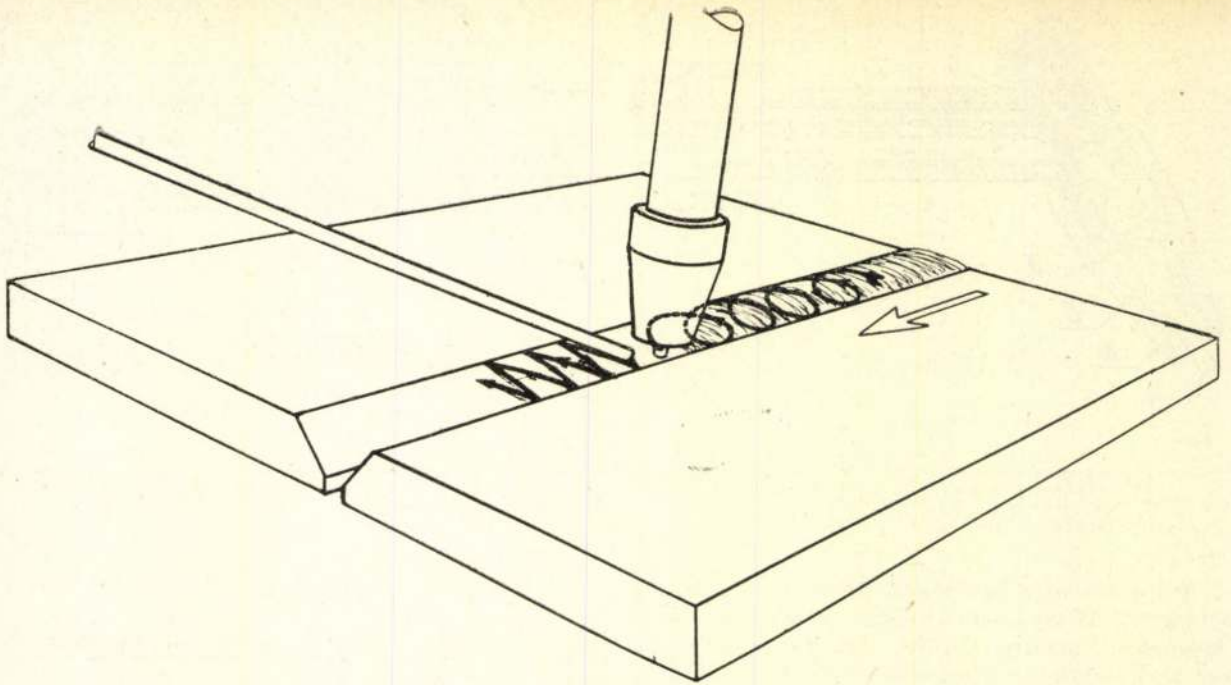
Az ily módon előkészített lemezek hegesztését jobbról-balra történő pisztolymozgatással mindhárom anyagvastagságnál töltőpálca adagolásával végeztük. A pálcát a pisztoly előtt vezettük, míg a pisztollyal kis amplitudójú keresztirányú lengőmozgást végeztünk. (Pisztoly tartására és vezetésére lásd a 4. és 5. számú ábrát.) A pálcát az anyagpótláson kívül a fürdő hőfokának a szabályozására is szolgál. Az alumínium jó hővezetőképessége következtében u. i. a túlmelegedett fürdőbe bemártott

3. ábra. Lemezsél kiképzés Argonív hegesztésnél.

Lemezsél	Illesztés megnevezése	Lemezvastagság v mm
	0,25—1,5	90° perem
	1—2	tompa
	2—6	tompa
	5—10	V varrat
	8—12	X varrat



4. ábra.



5. ábra.

hideg pálcá annak hőfokát pillanatok alatt lehűti. A hegesztendő tárgy előmelegítésére jelen kísérletnél nem volt szükség. A hegesztéshez a lemezeket megfelelő befogó szerkezetbe helyeztük, így fűzésre nem volt szükség. A hegesztés után a kész darabok a levegőn önmagukban hűltek le.

A különböző hegesztési próbáknál mért áramerősséget, argonfogyasztást, valamint hegesztési sebességet a II. számú táblázat tünteti fel. Meg kell jegyezni, hogy a mérések mindegyike 12 hegesztés középértékéből adódik. Egy-egy hegesztés 180, 230, illetve 300 mm hosszú volt, a lemezvastagságok szerint. A táblázatban szereplő két utolsó rovat a wolfram-elektroda és a hegesztőpálcá vastagságát adja.

II. táblázat.

Anyag vast., mm	Ötvözet	Pálcá anyaga	Heg. áram Ampér	Argon fogy. l/ó	Heg. seb. cm/p	Wolfram vastags. mm	Heg. pálcá vast. mm
2	antikorod.	u. a.	125	240	32	3	3,5
	»	SiAl	125	222	26	3	3
2,5	hydronál.3	u. a.	128	270	23	3	3
	»	SiAl	128	240	23	3	3
2	dural	u. a.	125	260	22	3	3
	»	SiAl	125	222	25	3	3
6	antikorod.	u. a.	240	300	17	5	5
	»	SiAl	240	300	18	5	5
6	hydronál.3	u. a.	250	360	15	5	5
	»	SiAl	250	360	16	5	5
6	dural	u. a.	250	360	16	5	5
	»	SiAl	250	360	16	5	5
10	antikorod.	u. a.	290	420	9	5	5
	»	SiAl	290	420	8	5	5
10	hydronál.3	u. a.	290	420	8	5	5
	»	SiAl	290	420	7	5	5
10	dural	u. a.	290	420	8	5	5
	»	SiAl	290	420	7	5	5

A II. számú táblázatból látható, hogy az egyes anyagoknál ugyanolyan anyagvastagságon belül is az argonfogyasztásban és a hegesztési sebességben lényeges különbségek mutatkoznak. Ez abból követ-

kezik, hogy az egyes anyagok nem egyformán hegeszthetők. Legkönnyebb az antikorodál anyagokat és ezeket is a legkellemesebb a saját anyagból készült hegesztőpálcával hegeszteni. Csaknem ilyen könnyen készíthető a kötés a hydronárium anyagokkal is. Dural anyagok hegesztése igényel a legnagyobb gondosságot. Az anyagok hegeszthetősége az alábbi összeállítás szerinti sorrendben alakult:

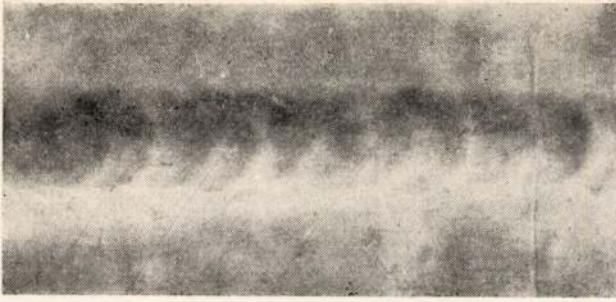
- antikorodál lemez — antikorodál pálcával
- hydronárium lemez — szilíciumos pálcával
- antikorodál lemez — szilíciumos pálcával
- hydronárium lemez — hydronárium pálcával
- dural lemez — szilíciumos pálcával
- dural lemez — dural pálcával

Nagyon lényeges a hegesztéseknél az argonfolyásnak helyes beállítása, túl sok argon pazarlás, míg túl kevés argonnal nem lehet elérni a kellő tisztítási hatást, a varrat környéke szürke lepődékes lesz és a varratban gázzárványok jelennek meg. Hasonlóképpen lényeges az áramerősség helyes megválasztása is. Erre nagy befolyással van a hegesztő közügyessége, u. i. nagyobb áramerősségnél igen gyors hegesztési munkára van szükség. A túl gyors hegesztés hátránya kevéssé gondos hegesztőmunka mellett az, hogy az ömledékbe az argon által feltepett oxidrészecskék bekerülnek és a gyors dermedés következtében nem tudnak a felületre jönni s ezért a varratba befagynak. A túl lassú hegesztési munka hátránya a szélesebb varrat. Meg kell jegyeznünk, hogy a 2 mm-es lemezek hegesztéséhez a 80–90 Ampér a megfelelőbb. A rendelkezésünkre álló készüléknél, mely két lépcsőben — 50–120 és 125–300 Ampér — volt fokozatmentesen szabályozható, az alsó lépcső nem volt használható.

Vizsgálatok

a) Röntgenvizsgálat.

Az ily módon lehegesztett kísérleti darabokat röntgenvizsgálatnak vetettük alá. A varratok legnagyobb része a röntgenezés alapján kifogástalannak



6. ábra.

bizonyult (6. számú ábra). Előfordult azonban, mind az egyoldali, mind a kétoldali hegesztésnél, hogy a varrat gyöke nem volt tökéletesen beömlőve. Egy ilyen gyökhibás 6 mm-es hegesztés röntgenfelvételt a 7. ábra mutatja. Egyes esetekben az elégtelen védőgáz bevonat, vagy a kelletténél nagyobb hegesztési sebesség következménye gázzáródmányokban mutatkozott. Különösen sűrűbben fordultak elő gázzáródmányok a 10 mm-es varratok hegesztésénél, ahol a nagytömegű ömledék-mennyiség megömléséhez a tulajdonunkban levő 300 Ampéres készülék kissé gyengének bizonyult, így a vastag lemezek nagy hőelvonása miatt az ömledékek gyorsan megfagytak és sok helyen a lemezekben okkludált gázok nem tudtak a felszínig feltörni. Ugyan ezen ok miatt több helyen található oxid és salak bezáródások (8. számú ábra).

b) Szilárdsági vizsgálatok.

A hegesztések szilárdsági tulajdonságainak megvizsgálására a varratokból próbatesteket munkáltunk ki. Ezeket a próbatesteket minden lemezméretnél, minden anyagnál és mindkét hegesztési pálcával való hegesztésnél úgy munkálták ki, hogy minden próbából legalább 3–3 egyforma kerüljön ki az átlagértékek megállapítására. A kimunkált próbatestek az alapanyag szilárdsági tulajdonságainak; a hegesztőpálca, a hegesztési varrat, az ömledék és a hegesztési kötés szilárdsági tulajdonságainak, valamint a kötések hajlítoszilárdságának megállapítására szolgáltak. Az alapanyag szakító- és kötés szakító, valamint a varratszakításra szolgáló próbatest alakját a 9. ábra mutatja, az ömledékszakításra szolgáló mikro szakító próbatest pedig a 10. ábra szerinti méretben lett kimunkálva.

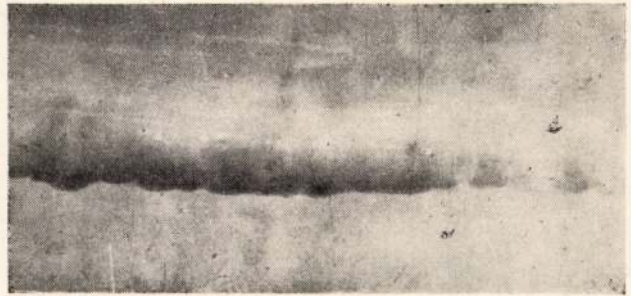
A szilárdsági vizsgálatok összefoglalt eredményeit a III. számú táblázat mutatja. A táblázatban szereplő minden érték legalább 3 mérés középértéke. A mérésekben szereplő hajlítóvizsgálatot a 11. ábra szerinti elrendezésben és méretezésben végeztük el az anyagokon.

A szakítószilárdságok értékeinek összehasonlításánál megállapítható, hogy a kötés szilárdsága általában alacsonyabbnak adódott, mint a varrat szilárdsága. Ez abból a tényből magyarázható, hogy a kötés-szakítópróbák általában a varratok mellett szakadtak, mivel a kilágyult szakasz szilárdsága az öntött, de az igen gyors lehűléstől finom szövet szerkezetű ömledék szilárdsága alatt volt. A varratszakítópróba és az ömledékpróba szilárdsági értékei között sokszor találunk eltérést, ennek oka egyrészt abban keresendő, hogy amíg a varrat-szakítópróba



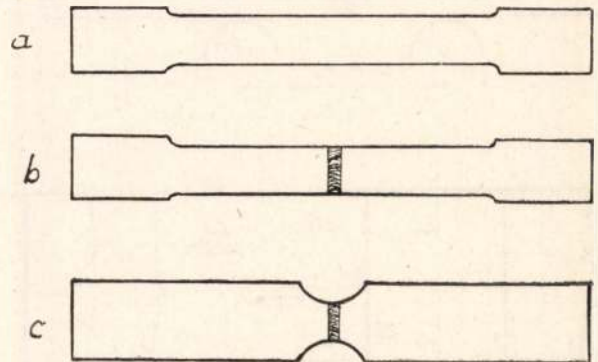
7. ábra.

egy teljes varrat-keresztmetszetre vonatkozott, addig a 1,5 mm \varnothing -jű kis — a nem egészen egyenmő ömledékből kimunkált — mikro szakítópróbák eléggé szóró értéket adtak, másrészt, amíg a varratszakítás a varratra merőleges, addig az ömledékszakítás

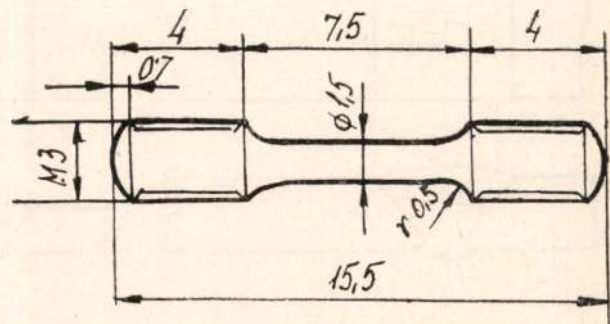


8. ábra.

a varrattal párhuzamos irányban történt. Ugyancsak a táblázatból látható, hogy a saját anyagból készült hegesztőpálca mindenütt jobb szilárdságú varratot adott, mint a szilíciumos hegesztőpálca. Ennek természetes magyarázata a táblázatból is látható



9. ábra.



10. ábra.

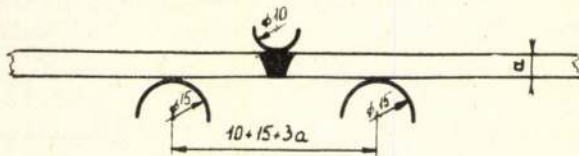
III. táblázat.

Lemez vas- tagság mm	Ötvözet	Pálca anyaga	Alapanyag szakítás			Hegesztőpálca szakítás			Kötés szakítás			Varrat szakítás σ_B	Ömledék szakítás			Hajlítás		Megjegyzés
			$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_{10}	$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5		$\sigma_{0,2}$	σ_B	δ_5	σ_H	szög	
2	Antikorodál	u. a.	26,3	33,4	17,5	26,5	33,0	16,6	17,5	22,7	6,2	28,0	12,9	23,4	18,5	62,5	90	nem tört
	»	SiAl	26,3	33,4	17,5	19,8	22,3	0,5	17,5	21,9	6,0	22,3	8,6	17,1	8,2	56,1	90	nem tört
2,5	Hydronárium 3	u. a.	22,0	31,0	9,2	22,0	31,0	9,2	—	24,1	11,1	24,8	13,9	21,8	18,3	48,5	90	nem tört
	»	SiAl	22,0	31,0	9,2	19,8	22,3	0,5	—	21,2	11,0	23,5	16,8	26,5	11,0	52,7	60	tört
2	Dural	u. a.	32,2	44,0	20,9	24,2	41,9	16,6	30,4	35,6	3,4	32,3	14,8	22,2	3,4	63,0	65	tört
	»	SiAl	32,2	44,0	20,9	19,8	22,3	0,5	29,5	32,0	3,0	31,6	11,6	21,2	7,5	60,0	75	tört
6	Antikorodál	u. a.	18,3	29,5	26,0	25,4	31,7	9,0	16,1	22,1	7,5	24,5	15,3	26,9	14,4	51,7	45	tört
	»	SiAl	18,3	29,5	26,0	15,0	15,4	10,0	15,8	21,1	6,0	23,2	13,0	21,2	13,0	46,8	28	tört
6	Hydronárium 3	u. a.	—	34,7	8,0	29,0	31,8	7,4	14,4	24,6	6,8	26,9	12,7	23,4	23,5	49,0	53	tört
	»	SiAl	—	34,7	8,0	15,0	15,5	10,0	—	21,3	4,4	22,7	16,8	26,5	9,2	69,0	25	tört
6	Dural	u. a.	25,4	43,0	23,4	—	41,2	22,6	24,4	29,1	3,3	31,0	17,9	31,3	14,9	58,5	25	tört
	»	SiAl	25,4	43,0	23,4	15,0	15,5	10,0	20,1	28,3	3,0	26,2	16,5	29,5	14,5	56,2	20	tört
10	Antikorodál	u. a.	16,9	28,2	26,3	25,4	31,7	9,0	—	20,0	5,5	19,5	14,0	25,0	15,7	45,0	20	tört
	»	SiAl	16,9	28,2	26,3	15,0	15,5	10,0	—	20,1	5,3	22,0	13,3	22,9	10,9	50,0	30	tört
10	Hydronárium 3	u. a.	16,2	25,7	19,5	29,0	31,8	7,4	14,1	24,1	11,3	25,0	11,5	23,2	24,5	56,0	45	tört
	»	SiAl	16,2	25,7	19,5	15,0	15,5	10,0	14,3	20,0	10,3	21,0	15,4	23,9	11,2	50,0	20	tört
10	Dural	u. a.	36,8	44,4	20,0	—	41,2	22,6	—	22,2	2,0	34,3	16,8	29,2	14,4	54,0	15	tört
	»	SiAl	36,8	44,4	20,0	15,0	15,5	10,0	—	22,8	1,5	35,8	14,8	26,0	12,0	53,0	10	tört

szilíciumos pálcának kisebb alapszilárdságából adódik.

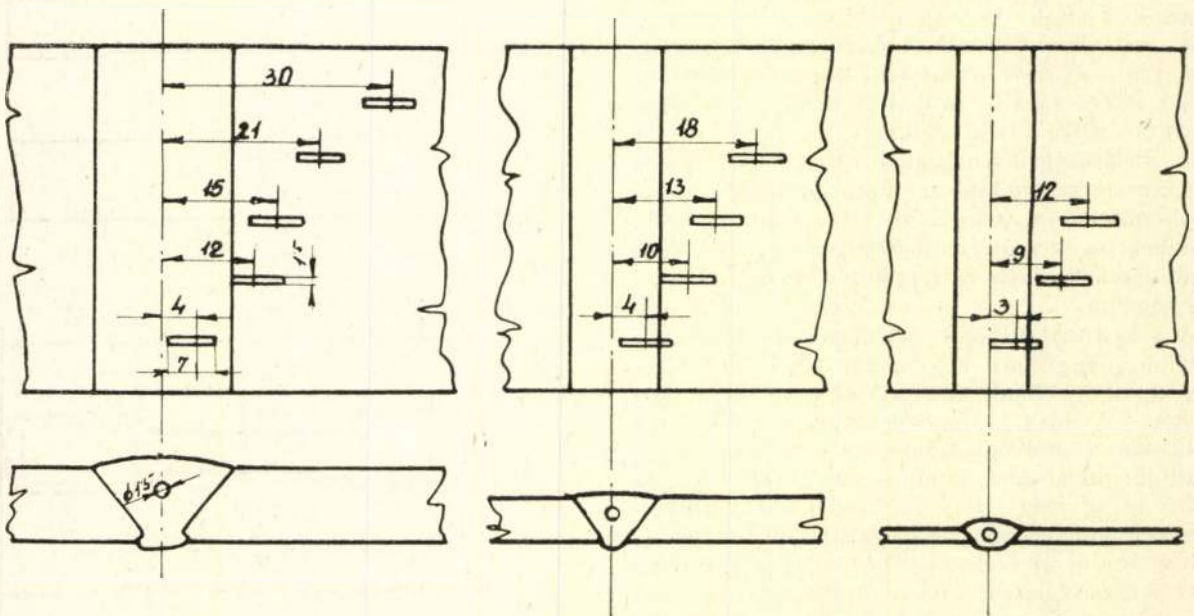
c) A kilágyulás vizsgálata.

A hegesztett kötés jósága mindig a leggyengébb pontjának a jóságától függ. Éppen ezért gázhegesztéseknél, ahol a hőbefolyásos szakasz és így a kilágyult

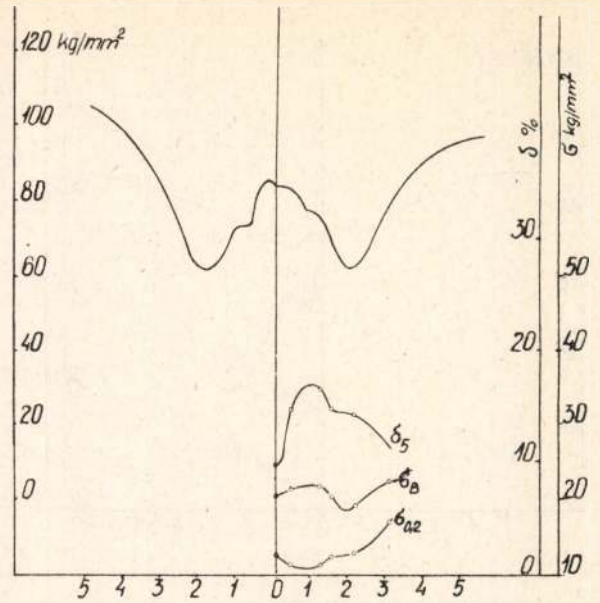
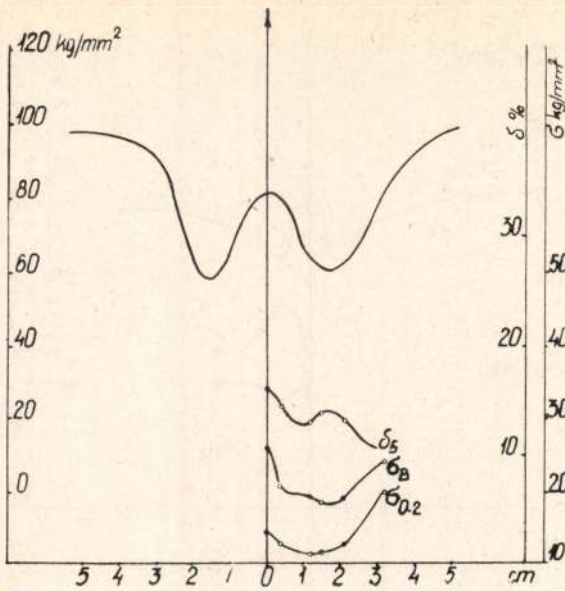


11. ábra.

rész igen széles, a hegesztések minősége sokkal rosszabb, mint az ívhegesztéseknél, ahol kis hőbehatásos szakasz és ezzel összefüggő keskeny kilágyulás jelentkezik. Az argonív hegesztés kísérleteinek egyik leglényegesebb pontja volt a kilágyulási mezők megállapítása. Éppen ezért minden anyagnál mindhárom anyagvastagság és mindkét hegesztőpálcával történt hegesztésnél megvizsgáltuk a hegesztési varrat kilágyulási szakaszait 3—3 próbatesten darabonként 20 helyen mért keménységi értékkel és ezek középértékéből megszerkesztettük a kilágyulási görbéket. Ezekon kívül a folyáshatár, a szakítószilárdság és a nyúlás változásának görbéit is felvettük. E célból mikroszakító próbatesteket mun-



12. ábra.

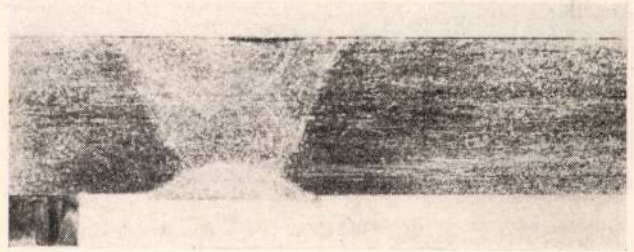


13. ábra.

káltunk ki, mind a varratból, mind az átmeneti zónából, mind pedig a hőhatásoknak kitett zónából. Ezeket a próbákat a különböző anyagvastagságnak megfelelően a 12. számú ábra szerinti elrendezésben vettük ki a hegesztésekből. A kilágyulási görbék alapján azokon a próbatesteken, amiken keménységi méréseket végeztünk, a jellegzetes területekről $300\times$ nagyításban mikrofelvevételeket készítettünk, az egész hegesztés áttekintésére pedig $2\times$ nagyítású makrokép készült.

A felvett görbékből jól kiolvasható a három ötvözet hegesztése közötti éles különbség. Az antikorodál, amely végleges szilárdságát egy homogenizálást követő mesterséges öregítés által éri el, a diagrammok szerint aránylag széles sávban mutat kilágyulást (13. ábra). Ennek okát abban kell keresni, hogy mindazok a területek, amik $200-250^{\circ}$ feletti hőmérséklet behatása alatt voltak, kilágyultak. A legnagyobb kilágyulás a varrat közepétől számítottan, 2 mm-es lemeznél 10 mm-re, 6 mm-es lemeznél 15–20 mm-re és 10 mm-es lemeznél szintén kb. 15–20 mm-re van. A kilágyulás aránylag kis mértéke és keskeny volta a hirtelen hőhatást követő gyors lehűlés következménye, így szemben a gázhegesztéssel, lényegesen kisebb kilágyulási sáv és lényegesen kisebb szilárdságcsökkenés mutatkozik. A 2 mm-es lemez aránylag széles kilágyulási sávja

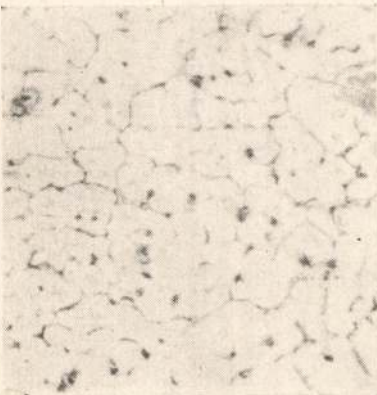
arrá vezethető vissza, hogy kényszerűségből a szükségesnél nagyobb áramerősséggel történt a hegesztés. Az antikorodál és szilíciumos pálcás hegesztés között a keménységben alig mutatkozik különbség, viszont a folyáshatár, a szilárdság és a nyúlás az antikorodál hegesztőpálcával készített ömledéknél lényegesen



14. ábra.

jobb, mint a szilíciumos pálcánál. A varrat makroképe (14. ábra) mutatja a keskeny megömlött sávot, mely igen finom szerkezetű (lásd 14/a. ábrát). 8 mm-re a varrat középvonalától (14/b. ábra) már egészséges, de kilágyult alapanyag struktúrát találunk. 30 mm-re a szerkezet már teljesen megegyezik az alapanyagával (14/c. ábra).

Szemben az antikorodállal, a 3% Mg-ot tartal-



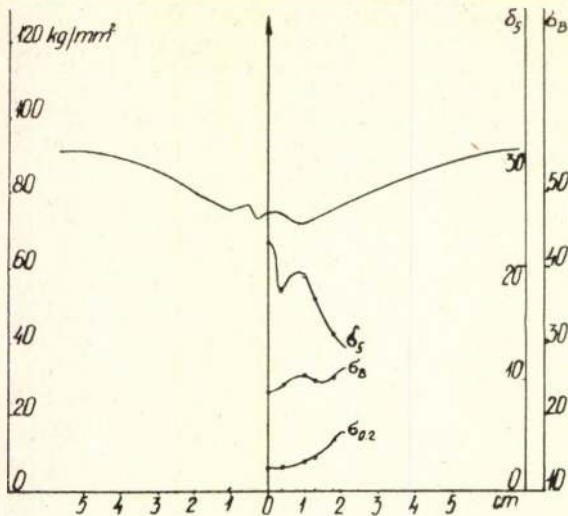
14. a) ábra.



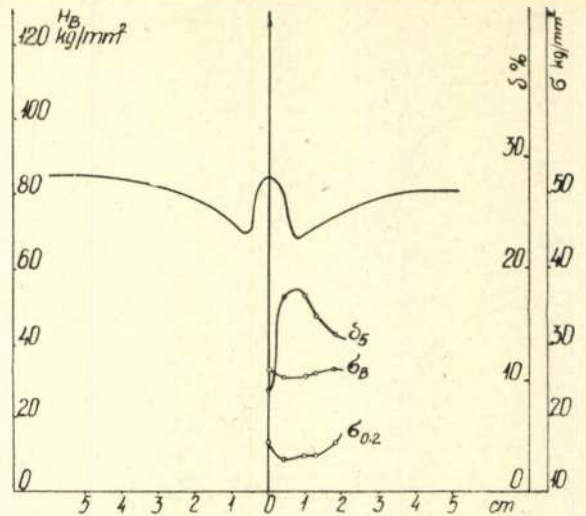
14. b) ábra.



14. c) ábra.

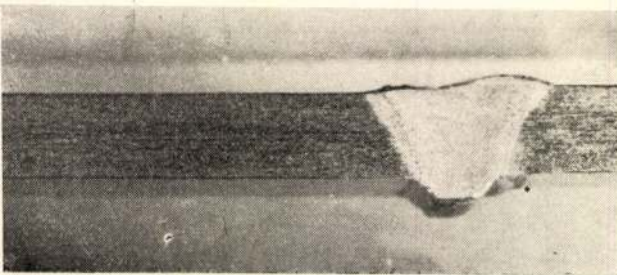


15. a) ábra.



15. b) ábra.

mazó félkemény hydronálium anyagok alig mutatnak komoly kilágyulást. Ez a jellegzetesség különösen nagyobb lemezvastagságoknál szembevetendő. A kilágyulás legmélyebb pontját általában minden esetben a hegesztési varrat legszélén éri el, de ez is aránylag kis mértékű (15. ábra). Jellegzetes különbség



16. ábra.

mutatkozik azonban a saját anyaggal és a szilíciumos pálcával történt hegesztés kilágyulási görbéje között. Addig u. i., amíg a saját anyaggal történt hegesztésnél a kilágyulás mértéke nem számottevő és az ömledék kilágyulása közel azonos a legmélyebb kilágyulási pontot mutató zónával, addig szilíciumos pálcánál az ömledék szilárdsága mindenütt jóval nagyobb, mint a legmélyebb kilágyulási pont szilárdsága és eléri az alapanyag szilárdságát is. Ezzel

szemben a szilíciumos pálcával hegesztett varrat nyúlása lényegesen kisebb, mint a hydronálium pálcával hegesztetté. A 16. ábra mutatja a szintén keskeny megömlött szakaszt. Az ömledék — ebben az esetben szilíciumos anyag — itt is igen finom szerkezetű (16/a. ábra). Az átmeneti szakaszban (16/b. ábra) jól látszanak az Mg és Mg₂Si kiválások. A varrat közepétől mért 10–12 mm-re már az alapanyaggal megegyező szemcseszerkezetet találunk (16/c. ábra).

Igen érdekes megfigyelni a duralanyagok kilágyulási görbéit (17. ábra). A dural is mint nemesíthető ötvözet, szilárdságát homogenizálással és pihentetéssel nyeri. Amíg az antikorodál csak nagyobb hőfokon történő öregítéssel kapja meg a végleges szilárdsági értékeit, addig a dural szilárdsága szobahőmérsékleten való hevertetéssel emelkedik. Ez a jelenség a kilágyult szakasz igen kis szélességében jelentkezik. Ennek a keskeny kilágyulású szakasznak a magyarázata éppen az, hogy a kb. 500°-ra felhevített részek a gyors hegesztés és az ennek következtében előálló gyors lehűlés folytán egy, a vízben hűtéshez hasonló gyors hőfok csökkenésen mennek keresztül és a szobahőmérsékleten való pihentetés után a rendes nemesített állapotot erősen megközelítő szilárdsági értékeket mutatnak. Ennek következtében az ömledék öntött szövetszerkezetének megfelelően aránylagosan kisebb szilárdsági értékein



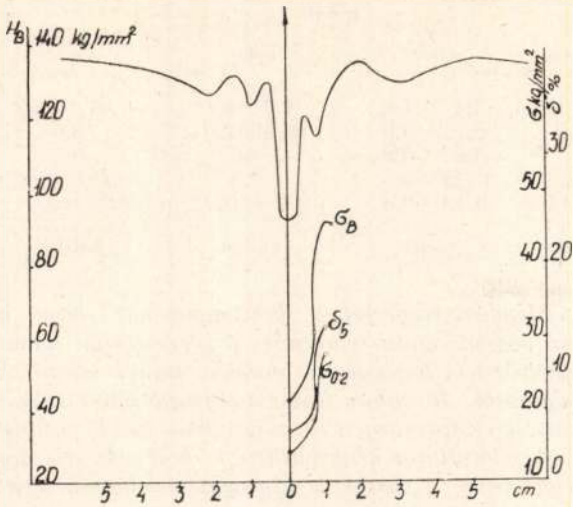
16. a) ábra.



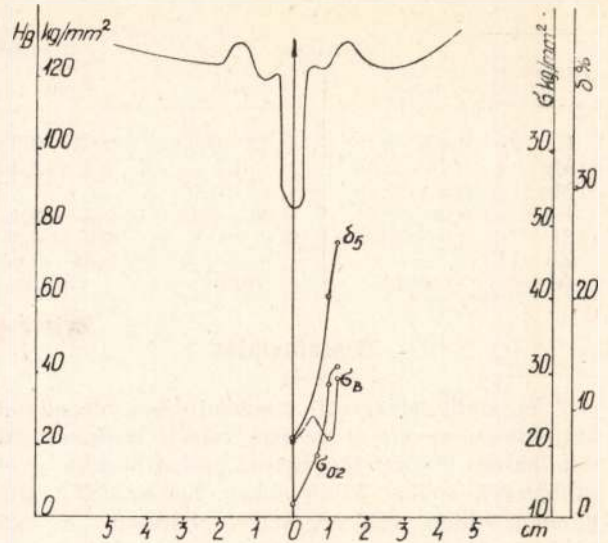
16. b) ábra.



16. c) ábra.



17. a) ábra.



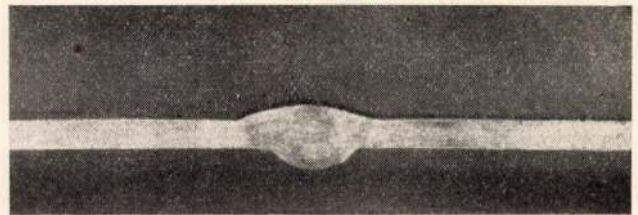
17. b) ábra.

d) Spektroszkópiai vizsgálatok.

Az esetleges kiégések megállapítására mind az alapanyagból, mind a hegesztőpálcából, mind pedig az ömledékből spektroszkópi próbatesteket mun-

kívül a varratnál közvetlenül már az alapanyagával közel azonos szilárdságú és nyúlású részek találhatók. A saját anyaggal és a szilíciumos pálcával történt hegesztés között alig lehet különbséget találni. A makrofelvételen látható (18. ábra) aránylag széles megömlött rész a már említett feleslegesen nagy áramerősség következménye. A gyors hegesztési sebesség azonban itt is finom öntött szövetszerkezetet eredményezett (18/a. ábra), a varrat közepétől számított 5 mm-re még látható ugyan a nagy hőhatás befolyása (18/b. ábra), 10 mm-re azonban a rendes nemesített anyag képét kapjuk (18/c. ábra).

A kilágyulási görbékre vonatkozóan meg kell jegyeznünk, hogy hidronálium anyagoknál a hegesztés utáni hidegmegmunkálással — pl. kalapálással — a varrat és környékének szilárdságát kb. az alapanyagéra lehet felemelni. Hasonlóképpen: a nemesíthető ötvözeteknél a hegesztés utáni újrahőkezeléssel az eredeti szilárdsági értékeket erősen meg lehet közelíteni. Kísérleteinknél azonban sem utólagos megmunkálást, sem hőkezelést nem alkalmaztunk, így az eredmények a legkedvezőtlenebb viszonyokat tüntetik fel. A gyakorlatban azokban az esetekben, amikor az utólagos megmunkálás, vagy hőkezelés lehetősége megvan, ezek szerint a varratok szilárdsági tulajdonságai még az előzőekben vázoltaknál is magasabb értékekre emelhetők.



18. ábra.

káltunk ki az elemzések elvégzésére, minden anyagnál, minden vastagságnál és mindkét hegesztőpálcára elvégeztük 3—3 próbát az elemzést. A vizsgálatok azt mutatták, hogy még a hidronálium anyagnál sem volt tapasztalható lényeges kiégés. A kísérletekhez használt kereskedelmi minőségű lemezanyagok és hegesztőpálcák átlagos összetételét a IV. számú táblázat mutatja.



18. a) ábra.



18. b) ábra.



18. c) ábra.

IV. táblázat.

Ötvöző	Antikorodál		Hydronárium 3		Dural		SiAl pálcá
	lemez	pálca	lemez	pálca	lemez	pálca	
Cu	0,03	0,02—0,03	0,01—0,02	0,01	3,4—4,6	4,0—4,1	0,01—0,02
Mg	0,76—0,85	0,7	2,7—3,3	3,0	0,7—0,9	0,9—1,0	0,6
Mn	0,8—0,86	0,7—0,9	—	—	0,6—0,8	0,6	0,1
Fe	0,26—0,6	0,26—0,45	0,3—0,4	0,23	0,25—0,5	0,3	0,3—0,6
Si	0,9—1,0	0,8—0,9	0,2—0,3	0,14	0,15—0,3	0,2—0,4	2,9—3,5
Zn	—	—	0,04—0,05	—	—	—	—
Al	többi	többi	többi	többi	többi	többi	többi

Összefoglalás

Az eddig elvégzett vizsgálatokból megállapítható, hogy az argon védőgáz alatti ívhegesztéssel mindhárom ötvözet lényegesen jobban, sokkal gyorsabban és sokkal könnyebben hegeszthető, mint minden eddigi más hegesztési eljárással. A saját anyagával hegesztett 3% Mg tartalmú hydronárium mutatja szilárdságilag a legjobb tulajdonságokat, különösen akkor, hogyha hegesztési varratot utólagos kalapálással munkáljuk meg. Antikorodál és dural — mint nemesített anyagok — természetesen a hegesztési öv környékén bizonyos kilágyulást szenvednek, a kilágyulás mértéke azonban kisebb, mint eddigi hegesztési eljárásával szemben kisebb. Dural anyagnál a szilárdságcsökkenés csaknem kizárólag az öntött szövetszerkezetű varratra szorítkozik, egyoldalú hegesztés esetén. Abban az esetben azonban, amikor vastagabb lemezeknél a varratot a másik oldalról is utána kell hegeszteni, ez a kész varrattal közölt újabb hőhatás az antikorodáléhoz hasonló kilágyulást eredményez.

Jóllehet a saját anyaggal történő hegesztés mind az antikorodálnál, mind a durálnál bizonyos mértékig jobb szilárdsági tulajdonságokat eredményezett, mégis egyrészt a hegesztés keresztülvitelének nehezebb volta, másrészt a fennálló repedési veszély elkerülésére, célszerű a szilíciumos hegesztőpálca alkalmazása.

Mindent egybevetten bebizonyosodott, hogy az argon védőgáz alatti ívhegesztés a kereskedelmi alumíniumötvözetek hegesztésére minden eddigi eljárásnál alkalmasabb. 10 mm-es lemezvastagságig nincs szükség a lemezek előmelegítésére, nem igényel oxidoldó porokat, melyek eltávolítása kényelmetlen, a hegesztés sebessége a legnagyobb, a varrat az argongáz védőhatása következtében a legtisztább. Az elektromos ív nagy intenzitású hőközlése következtében az ömledék megdermedése és a hőelvezetés oly gyors, hogy a kilágyulások a legminimálisabbak.

Az argonív hegesztő eljárás ipari bevezetésével számos olyan alumíniumszerkezet hegesztése válik lehetővé, amelyeknél eddig egyrészt a szilárdságcsökkenések nagy mértéke, másrészt az utólagos varrattisztítás nehézsége folytán tökéletes kötést előállítani nem tudtunk. Ezzel alumíniumiparunk ötéves tervének megvalósításánál újabb döntő eredményeket értünk el.

* * *

Ezúton kell köszönetet mondanunk a Fémipari Kutató Intézet munkatársainak és különösen Szakács Sándor, dr. Vargha György, Benkő Andor és Halmos György mérnököknek, akik oadaó munkájukkal egyrészt a hegesztések kivitelezésénél, másrészt a mikroszkópiai és szilárdsági vizsgálatok elvégzésénél nagy segítségünkre voltak.

HAZAI HIREK

Rövidesen megjelenik **Munkaügyi jogszabályok I.** A Munka Törvénykönyve, a 30/1951./I. 31./M.T. sz. rendelet, valamint a vállalatokra vonatkozó munkaügyi rendelet és O. M. B. határozatok. Az Országos Munkabér Bizottság Titkárságának hivatalos összeállítása lezárva 1951 február. 28-án. Kb. 520 oldal. Ára kb. 16 Ft. Jogi és Államigazgatási Könyv- és Folyóiratkiadó kiadása.

LAPSZEMLE

Hutnické Listy 1950. 12. számának tartalma. Dr. V. Zedník: Nyersvasban levő gázok befolyása a nyersvas és öntvény minőségére. — A. E. Dobner: Martin-öntecsek önköltsége meszes betét mellett. — Folyóiratszemle: A kohászati kemencék meleg technikájának 30 éves fejlődése. (Tartalmazza a Szovjetunióban lefolyt fejlődést.)

KÖNYVTÁRSZAPORULAT

- Wagener: Die Oxidkathode I., 1948.
 Tóth: Az öntödei selejt okai. 1950.
 Vogel: Wirtschaftliche Verwertung einiger bergmännischer und hüttenmännischer Abfallprodukte, 1950.
 Muravjev—Krilov: Kőolajtermelés, 1950.
 20. Cotel: Die Grundlagen des Walzens, 1951.
 Geleji: Kohógéptan, 1951.
 Bányászok, előre! 1950.
 Smarov: A vágár fűró munkája, 1951.
 Öntödék és gyári laboratóriumok tervezése, 1950.
 25. Moroz—Szibarov—Zsebrák: Könyvelési számvetel a széniparban I., 1950.
 Cohen: Rationelle Metallanalyse, 1948.
 Fachkunde für den Braunkohlenbergbau 1949.
 Bajmakov: Elektrolízis a kohászatban, 1946.
 Sztreclec—Taic—Guljanovszkij: Magnéziumkohászat, 1950.

Adatok az alumínátlúgok térfogatos meghatározásához

Dr. ZOMBORY LÁSZLÓ

Автор: Др. Зомбори Ласло

Данные к объёмному определению алюминатных щелочей.

von dr. L. Zombory.

Daten zur massanalytischen Bestimmung der Aluminatlaugen.

A közelmúltban ismertettünk egy, az alumínátlúgok térfogatos elemzésére kidolgozott eljárást.¹ A módszer lényege az alábbi pontokban foglalható össze:

1. az eddigi általában két beméréssel szemben *egy próbából* végeztük a meghatározásokat;

2. a meghatározásokat báriumkloridos oldatban végeztük, amelynek báriumklorid-tartalma cca 2% volt;

3. az alumíniumoxid-tartalom meghatározásánál bevezettük az ú. n. *F átszámtíási tényezőt*, amely az eddigi 0.017 g. Al_2O_3 /ml normál mérőfolyadék stöchiometrikus faktortól eltérő is lehet;

4. figyelembe vettük az egyes lúgok viszkozitásából adódó térfogatkülönbségeket.

A közleményünkben¹ jeleztük, hogy az eljárással továbbra is foglalkozunk. A folytatólagosan kapott eredmények az alábbi két tárgykörre vonatkoznak:

I. kísérletek a hozzáadagolt báriumklorid-oldat csökkentésére;

II. kísérletek viszonylag magas foszfát- és vanádát-tartalom mellett.

I. Meghatározások változtatott báriumklorid-mennyiséggel

Az ismertettett módszerünk¹ eredményeképpen megállapítható volt, hogy az eljárással az alumínátlúgok *lúgos nátron*-tartalma valamint *aluminiumoxid*-tartalma jól megismételhető és egyező eredményekkel meghatározható. A lúgok *szóda*-tartalma azonban, valamint az utóbbival a meghatározás szempontjából összefüggő *kauszikus nátron*-tartalom megbízhatóan pontos térfogatos meghatározására fenti módszer sem alkalmas. Ezért a szódát külön próbából határoztuk meg és az annak megfelelő nátron-tartalmat a talált lúgos nátron-tartalomból levonva kaptuk meg a kausztikus nátron-értéket. Fenti ténnyel kapcsolatban felmerült az a kérdés, hogy további egyszerűsítés és anyagmegtakarítás céljából nem lehetséges-e a hozzáadandó báriumklorid-mennyiség *csökkentése*, esetleg teljes *mellőzése*. Az eljárásunk kidolgozásánál u. i. az eredeti elgondolásunk az volt, hogy az oldathoz báriumkloridot a szóda térfogatos meghatározásának céljából adunk, amely ötlet a Cl. Winkler-féle térfogatos szóda-meghatározásnak is az alapját képezi. Ez az elképzelésünk nem vált be oly mértékben, amint ez különben a Winkler féle szóda-meghatározásnak is bizonyos hibája, hogy üzemi előírást adhattunk volna az eredmények alapján szóda illetve kausztikus nátron meghatározására. Cseppenként, igen óvatosan

titrálva normálsavval-forralás és lehűtés után — a báriumkloridos oldatot a kausztikus nátron-tartalomnak megközelítően megfelelő tájékoztató értéket kapunk, de ezek az adatok — tapasztalataink szerint — *nem teljesen pontosan ismételhetők*, tehát üzemi egyes (nem sorozatos) meghatározásokra nem egészen megbízhatóak.

Fenti megállapítás alapján kísérlet-sorozatokat végeztünk olyan irányban, hogy a báriumkloridot A. részben majd B. teljesen elhagyva és azonos körülmények között titrálva, milyen eredményeket kapunk az alumíniumoxid és a lúgosnátron meghatározására, összevetve a kapott adatokat az eredeti báriumkloridos módszerrel¹ kapott eredményekkel.

A). Meghatározások csökkentett báriumklorid-mennyiséggel.

A báriumklorid hozzáadásának mértékét vizsgálva sorozatos kísérleteket végeztünk az ismertett térfogatos meghatározási módszer¹ alapján, azonban a hidegen telített báriumklorid-oldatból az egyes lúgbemérésekhez adagolt mennyiségeket az eredetileg előírt 10 ml-ről fokozatosan, ml-ként leszállítottuk 1 ml-re. A kísérletsorozatunk *egybevágó végeredménye* az volt, hogy a kapott mérési adatok egymás között — ugyanazon lúgokra vonatkozólag — *jól egyeznek*, tehát a *hozzáadott báriumklorid-mennyiségnek* az alumínátlúgok lúgosnátron- és alumíniumoxid-tartalmának meghatározásánál — az általunk vizsgált és az üzemi viszonyoknak megfelelő összetételű törzslúgnál és üzemi lúgoknál is — *nincsen döntő jelentősége*.

Kevés (cca 1 ml) báriumklorid-oldat hozzáadása a gyakorlati tapasztalat szerint is előnyösnek látszik, mert a színátmenetek a báriumkloridos oldatban megállapításaink szerint *jobban észlelhetők*. További kísérleteket végeztünk a báriumklorid-oldat hozzáadásának *sorrendjére* vonatkozólag is. A kísérleteink szerint az eredményeket nem befolyásolja, hogy a báriumklorid-oldatot, mint az eredeti közleményben előírtuk¹, a savazás *előtt* adjuk a vizsgálandó lúgoldathoz, vagy pedig — miután a kausztikus nátront úgysem a savas titrálással határozzuk meg (noha, mint említettük, tájékoztató értékeket ez által is kaphatunk) — a báriumklorid-oldatot a *túlsavazás után* adjuk a rendszerhez és így egy forralást megtakarítunk.

B. Kísérletek báriumklorid nélkül.

A báriumklorid nélküli kísérleteket fentiekhez hasonló módon a következőképpen végeztük: a bemért lúgoldatot 50 ml-re felhígítottuk, majd n. sósavat adtunk hozzá addig, amíg a keletkezett alumíniumhidroxid-csapadék feloldódott. A hozzáadott n. savmennyiség minden kísérletnél azonos volt (20 ml). Ezután az oldatot a CO_2 eltávolítása céljából 2–3 percig forraltuk, majd lehűtve 5 csepp

metilnarancs jelenlétében n. lúggal átmenetig titráltuk. Ezt az átmeneti pontot ajánlatos *összehasonlító oldattal* ellenőrizni. A titrálendő oldathoz 3 csepp fenolftaleint adva n. lúggal addig titráltuk tovább, amíg az átmeneti pontnál a *világossárga* szín élénk *vörössárgába* ment át.

Meghatározásainknál az alábbi módozatokat vizsgáltuk:

1. a vizsgálandó lúgoldathoz a kiforrálás után először csak metilnarancsot adtunk és csak az átmeneti pont elérése után adtuk hozzá a fenolftaleint;

2. a lúgoldathoz hidegen hozzáadtuk a fenolftaleint, túlsavaztuk, kiforraltuk és a lehűtött oldathoz adtuk hozzá a metilnarancsot, vagyis a báriumkloridos eljárásnál követett módszert használtuk.

Az 1. és 2. kísérleteknél lényeges eltérést nem kaptunk, azonban feltétlenül szükséges, hogy mindig azonos eljárás szerint dolgozzunk, mert az *F tényező* (lásd alább) megállapítását *azonos* titrálási *körülmények között* kell végezni.

3. A fenolftalein-átmenetet, vagyis a titrálás végpontját hideg oldatban határoztuk meg, az eredmények az előbbiekkal egyeznek;

4. a fenolftalein-átmenetet forró oldatban határoztuk meg, oly módon, hogy a vöröses szín elérése után az oldatot lehűtöttük, majd n. savval az átmenetig visszatitráltuk;

4. ugyanúgy jártunk el, mint 4. alatt, csak az oldatot forralás előtt cca 100 ml-re felhígítottuk.

A 4. és 5. szerinti meghatározások üzemi pontossággal egyeznek. A hidegen (3), továbbá a melegen (4. és 5.) végzett meghatározások között cca 0,1 ml n. mérőfolyadék-különbség mutatkozott, amely, miután tízszeres hígítású oldatból 10 ml-es bemérésekkel dolgoztunk, cca 2 g/l Al_2O_3 , illetve cca 3 g/l lúgos Na_2O -mennyiségnek felel meg.

Igy tehát különösen nagyjelentőségű az említett dolgozatunkban ismertetett *F tényező* használata. A meghatározások egymás között ugyanis nagy pontossággal ismételtetők, azonban a titrálásoknak azonos körülmények között kell történni. *Tehát a meghatározásokat mindig olyan körülmények között kell végezni, mint amilyeneknél az F tényező megállapítását végeztük.*

Részünkről összes kísérleteinket *hideg*, cca 50 cm³ kezdő térfogatú oldatban végeztük és ilyen meghatározásokra vonatkoztattuk a gravimetrikusan megállapított alumíniumoxid-mennyiséget is.

Az eredmények összehasonlítását az alábbi táblázatokban közöljük. A táblázatban feltüntetett *»fogyott«* mérőfolyadék-térfogat megfelelő alap az összehasonlításra, miután azonos oldatokból, azonos

I. táblázat.

Lúgos nátron-meghatározások (bemérés 10/100/10 ml)

Lúgfajta	Báriumkloriddal fogyott ml	Báriumklorid nélkül fogyott ml
Törzsaluminátlúg	9,20	9,22
Dorr I.	4,20	4,23
Dorr II.	3,15	3,25
Sűrű lúg A	9,40	9,51
Sűrű lúg B	10,35	10,38
Kikeverés előtt	4,43	4,40
Kikeverés után	4,40	4,35

eszközökkel és ugyanazokkal a mérőfolyadékokkal dolgoztunk. Helykimelés céljából táblázatainkban csak kísérlet-sorozataink jól megismételhető eredményeinek középértékeit közöljük.

Amint a fenti adatokból látható, a lúgosnátron meghatározásánál a két módszerrel kapott adatok a megkívánt üzemi pontossággal egyeznek.

II. táblázat.

Alumíniumoxid-meghatározások (bemérés 10/100/10 ml)

Törzsaluminátlúg	5,27	5,13
Dorr I.	6,30	6,17
Dorr II.	4,80	4,50
Sűrű lúg A	7,16	6,90
Sűrű lúg B	6,34	6,17
Kikeverés előtt	6,71	6,60
Kikeverés után	3,45	3,40

A fenti adatokból is látható az *F tényező* fontossága. A báriumklorid nélküli módszerrel általában *alacsonyabb* értékeket kapnánk az alumíniumoxidra, ez a *hiba* azonban az *F tényező* bevezetésével *küszöbölhető*.

II. Aluminátlúg-elemzések viszonylag magas foszfát- és vanadát-tartalom mellett.

A már említett dolgozatunkban¹ kitértünk az általunk ismertetett eljárásnak az üzemi lúgok szennyezéseit tartalmazó oldatok elemzésére való felhasználására is. A kapott adatokat célszerűnek látszott kibővíteni olyan kísérletekkel, amelyekben a *foszfát* és *vanadát* járulékos alkatrészek hatását tettük *különösen* vizsgálat tárgyává.

Az elemzésekhez olyan két törzsoldatot készítettünk, amelyeknek 1 ml-re 2 mg P_2O_5 -öt illetve 2 mg V_2O_5 -öt tartalmazott nátriumsó alakjában. Ezek azok a szennyezési mennyiségek (cca 2 g/l), amelyeket a hazai üzemi lúgokban mint maximumot találtunk. Az oldatok foszfát-, illetve vanadát-tartalmát súly szerinti, illetve kolorimetrikus elemzéssel ellenőriztük.

A szennyező oldatok savfogyasztása a következő volt:

- a) 2 ml foszfát-oldat fogyasztott 0,10 ml n. savat;
- b) 2 ml vanadát-oldat fogyasztott 0,05 ml n. savat.

A meghatározásainknál a törzsaluminátlúgunkhoz (bemérés 10/100/10 ml) fenti oldatokból 1 ml-t adva kb. elértük a maximális üzemi szennyezést. Céljainknak megfelelően ezen mennyiségek *kétszeresét* is vettük egy-egy titráláshoz. A szennyező oldatok hozzáadását különbözőképpen csoportosítottuk. Meghatározást végeztünk külön foszfát- és külön vanadát-szennyezéssel, továbbá a két szennyezéssel együttesen is. A kísérleteink eredménye azonos volt a már említett dolgozatunkban közölt, a mesterséges szennyezésekkel végzett titrálások eredményeivel: az aluminátlúgoknak a mesterséges foszfát- és vanadát-szennyezésekkel *együtt meghatározott* lúgos-nátron értékei — a vizsgált üzemi maximális adatoknak megfelelő esetekben — jól egyeznek az aluminátlúg és a megfelelő mesterséges szennyezés-mennyiség *összesítve számított* lúgosnátron-értékeivel.

KÖZLEMÉNY.

1. Zombory László és Nagy Pál: Kohászati Lapok — Alumínium VI. 54. 1951.

A pörkölés hatása a bauxit feltárásánál

Dr. GEDEÓN TIHAMER

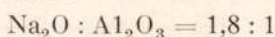
Bjeljajev: »Könnyűfémek kohászata« című közelmúltban megjelent könyvében azt olvassuk, hogy a diaszpórtartalmú urali bauxitot Bayer-eljárásban történő feldolgozásához 450–500° C között kell pörkölni, hogy a diaszpór kristályrácsát fellazítsák, viszont még ne kezdődjék meg a korund-rács kialakulása. Tudjuk, hogy az ily módon pörkölt bauxitot 13–15 Atm. nyomás alatt a Bayer-eljárással jó kitermeléssel dolgozzák fel a Szovjetunióban.

A magyar bauxitok között is tapasztaltuk a bauxit pörkölési hőmérsékletének igen nagy befolyását mind a feltárhatóságra, mind az alumínátlúgban a vörösiszap ülepedésére vonatkozóan. Ebben

Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Izz. veszt.	CaO	Cr ₂ O ₃	V ₂ O ₅	P ₂ O ₅
55,86	1,96	13,20	3,32	25,37	0,22	0,07	0,07	0,29

Ezt a bauxitot laboratóriumban kétféle hőmérsékleten pörköltük. Az első pörkölési hőmérséklet 250° C volt, amely hőmérsékleten pontosan 1½ óráig tartottuk az anyagot. A másik pörkölési hőmérséklet 100° C-al magasabb, tehát 350° C volt, szintén másfélórás időtartammal.

A bauxitot pörkölés előtt cementfinomságra porítottuk és így szárítottuk. A pörkölés hőmérsékletét nem a kemence térségében mértük, hanem az anyagba helyezett hőmérővel. Pörkölés után mind a kétféle módon nyert bauxitból a Bayer eljárás elve szerint oldási kísérletet végeztünk 40 Bé⁰-os marónátron oldattal



arányban vett lúggal. Az oldást forgó autoklávban 6 atm. nyomáson 3 órán át végeztük. Az oldási idő letelte után a zagyot 1 liter forróvízzel hígítottuk és szűrtük. Ezután mind a vörösiszapot, mind az alumínátlúgot megvizsgáltuk. Az alumínátlúg összetétele a következő volt:

pörkölési hőmérséklet ..	250°	350°
lúgsűrűség Bé ⁰	25,7	26,1
Al ₂ O ₃ g/l	91,8	97,9
SiO ₂ g/l	0,53	0,70
szabad Na ₂ O g/l	97,7	99,2
össz. Na ₂ O g/l	101,5	102,3
Na ₂ O : Al ₂ O ₃	1,75	1,67
TiO ₂ mg/l	22,5	37,0
Fe ₂ O ₃ mg/l	11,8	6,4
Cr ₂ O ₃ mg/l	33,5	63,5
V ₂ O ₅ mg/l	51,0	95,0
n/10 KMnO ₄ cm ³ /l fogy.	192,0	132,0
savanyú közegben •		
n/10 KMnO ₄ cm ³ /l fogy.	206,0	136,0
lúgos közegben		
feltárhatóság %	95,5	97,5

Amint a fenti táblázatból látható, mind a krómoxidnak, mind vanádiumoxidnak kétszeres mennyisége oldódott fel a marónátron oldatban, ha a bauxitot magasabb hőmérsékleten pörköltük. Sajnos, a

az esetben a bauxitban lévő vasoxid-tartalom, mint limonit volt jelen és 370–380° C hőmérsékleten pörköelve a limonit hematit módosulatba megy át. A hematit pedig az alumínátlúgban nagyon jól és gyorsan ülepszik.

A bauxit pörkölési hőmérséklete nemcsak a timföldtartalom oldhatóságát és a vasvegyületek ülepedésének meggyorsítását befolyásolja, hanem egyéb alkotórészeit is. Vizsgálataink során megállapítottuk, hogy a bauxit járulékos elegyrészei közül a krómoxid és a vanádiumoxid lúgban oldhatósága nagy mértékben fokozódik a pörkölési hőmérséklet emelkedésével. Kísérleteinkhez felhasznált bauxit összetétele:

titándioxid oldhatósága is emelkedett, viszont a vasoxid jelenléte a lúgban a felére csökkent. Figyelemreméltó a permanganát fogyasztás csökkenése, melyre egyébként a leszűrt lúg színéből is következtetni lehetett. Míg a 250° C-on pörkölt bauxitból kapott alumínátlúg barnássárga színű volt a feloldott humuszanyagoktól, addig a 350° C-on pörkölté tiszta zöldes színt mutatott. Bár a 350° C-on pörköléssel a bauxit szerves anyag tartalmát elégetni nem lehet, mégis olyan bomlási – szenesedési – folyamat megy végbe, mely a szervesanyag oldhatóságát erősen csökkenti.

Másik kísérlet sorozatunkban azt tettük vizsgálat tárgyává, hogy a bauxit oldásánál a nyomás növelésével lehet-e a vanádium oldhatóságát növelni. Ehhez a kísérlethez a következő bauxitot használtuk fel:

Al ₂ O ₃	SiO ₂	Fe ₂ O ₃	TiO ₂	Izz. veszt.	CaO	V ₂ O ₅
52,60	0,60	23,80	2,80	20,20	0,28	0,11

A bauxitot cementfinomságra történt porítás után 220–250° C között pörköltük, majd a szokásos módon 1,80 viszonyszámú 40 Bé⁰-os marónátron-oldattal elegyítettük és forgó autoklávban oldottuk. A felfűtés ideje mindig 2 óra volt, az oldás időtartama azonos nyomáson 3 óra. A különböző nyomáson a bauxit feltárhatósága, valamint a lúgban feloldott vanádiumpentoxid mennyisége a következő volt:

	6 atm.	9 atm.	11 atm.	13 atm.	20 atm.
Feltárhatóság %	91,7	92,2	92,7	93,2	94,7
V ₂ O ₅ mg/l	18,0	19,0	19,0	20,0	22,0

A kísérlet tehát azt igazolta, hogy a bauxit oldásánál alkalmazott nyomás növelésével a bauxit feltárhatósága sem növekedett lényegesen (hiszen hidrargillit típusú bauxitnál ez nem is volt remélhető), de nem emelkedett a vanádiumoxid oldhatósága sem.

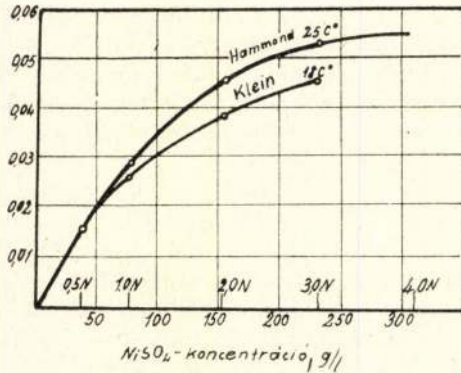
A nikkell elektrolitikus előállítása

DR N. P. FEDOTJEV — DR HORVÁTH ZOLTÁN

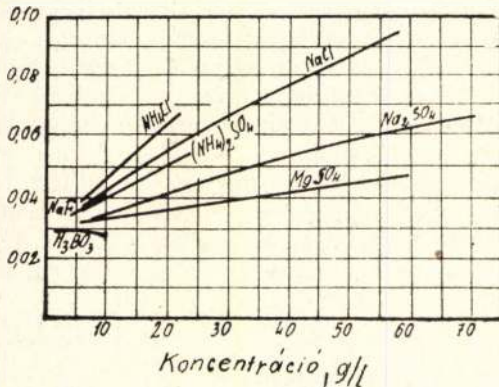
(Folytatás)

A Klein és Hammond által közölt eredmények alapján készült az 51. ábra.

Jól disszociáló sók jelenléte növeli a nikkelsulfátoldat vezetőképességét. Az egyszer-normál nikkelsulfátoldat elektromos vezetőképességének a különböző sók és borsav jelenléte által okozott



51. ábra. A NiSO_4 -oldatok fajlagos vezetőképessége.



52. ábra. Az egyszer-normál NiSO_4 -oldat vezetőképességének a változása az oldathoz adott pótlékok mennyiségének és minőségének a függvényében.

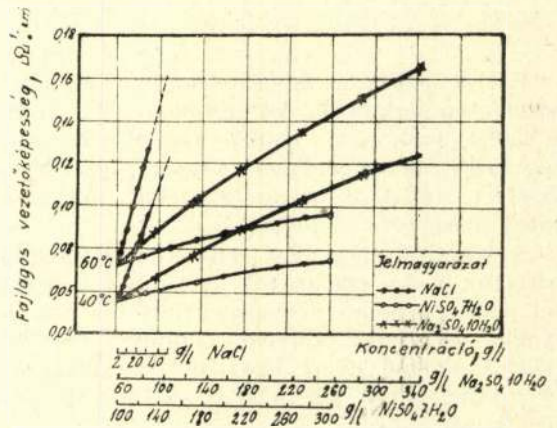
változását — Hammond adatai alapján — a.35. táblázat és az 52. ábra mutatja.

Magasabb hőmérsékleten professzor N. P. Fedotiev és V. V. Szvecsnikova végzett méréseket az L. H. T. I.-ben (36. táblázat és 53. ábra). Ezeknél a kísérleteknél a kiinduló »A«-val jelzett elektrolit

1 literében 100 g $\text{NiSO}_3 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, 57 g $\text{Na}_2\text{SO}_3 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$, 2g NaCl és 20 g H_3BO_3 volt.

Az 53. ábra azt mutatja, hogyan változik a kiinduló oldatnak a vezetőképessége nikkelsulfát, nátriumsulfát és nátriumklorid adására.

Hammond, valamint professzor N. P. Fedotiev és V. V. Szvecsnikova közlései azt mutatják, hogy az ammoniumklorid, ammoniumsulfát, nátriumklorid és nátriumsulfát erősen növeli a nikkelsulfát elektromos vezetőképességét. A 36. táblázatban feltüntetett értékek alapján ki lehet számítani a táblázatban nem szereplő oldatok elektromos vezetőképességét is, csak azt kell feltételeznünk, hogy



53. ábra. A nikkellektrolit vezetőképességének a változása az oldatban lévő pótlékok koncentrációjának a függvényében.

minden alkotórész hozzáadása a többiektől független vezetőképességváltozást idéz elő.

Pl. meg kell határozni a következő oldat vezetőképességét: 150 g/l $\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$, 93,5 g/l $\text{Na}_2\text{SO}_4 \cdot 10 \text{H}_2\text{O}$, 6,5 g/l NaCl és 20 g/l H_3BO_3 , a méréskor alkalmazandó hőmérséklet 60°C . Az 53. ábrában az »A«-oldat vezetőképességének a nikkelsulfát-koncentráció növelésekor bekövetkező változását feltüntető görbéjéből az olvasható le, hogy az »A«-oldat vezetőképessége 150 g/l nikkelsulfát-koncentráció mellett, 60°C -on $0,0807 \text{ ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$. A szóbanforgó oldatban literenként 4,5-g-mal több nátriumklorid van, mint az »A«-oldatban; ennek $0,0088$

35. táblázat

Az egyszer-normál NiSO_4 -oldat vezetőképessége különböző mennyiségű pótlékok jelenlétében, 25°C -on, $\text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$ egységben

N	Na_2SO_4	K_2SO_4	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	MgSO_4	NaCl	NH_4Cl	NiCl_2^*	NaF	$\text{H}_3\text{BO}_3^{**}$
0,1	0,340	0,0356	0,0357	0,0318	0,0371	0,0385	—	0,0347	0,0295
0,2	0,0382	0,0414	0,0417	0,0340	0,0445	0,0474	0,0368	0,0392	0,0294
0,3	—	—	0,0534	—	—	0,0654	—	—	—
0,5	0,0500	—	—	0,0396	0,0650	—	0,0488	—	0,2086
1,0	0,0666	—	—	0,0474	0,0954	—	—	—	—

* Az oldatban a nikkellkoncentráció NiCl_2 -adás után is egyszer-normál volt, ezt úgy érték el, hogy a beadott NiCl_2 mennyiségének növekedésével arányosan csökkentették a NiSO_4 mennyiségét.

** A koncentrációi mólokban van megadva.

ohm⁻¹ · cm⁻¹ elektromos vezetőképességemelkedés felel meg. A nátriumsulfát-koncentráció 36,5 g/l értékkel való nagyobbodása 0,0166 ohm⁻¹ · cm⁻¹ vezetőképességnövekedést jelent az »A« oldat vezetőképességével szemben.

36. táblázat.

Különböző összetételű nikkelelektrolitok vezetőképessége

Az oldat összetétele	A fajlagos vezetőképesség	
	40°	60°
A kiinduló »A«-oldat	0,0545	0,0723
»A«-oldat		
» + 25 g/l NiSO ₄ · 7H ₂ O ..	0,0583	0,0768
» + 50 g/l NiSO ₄ · 7H ₂ O ..	0,0614	0,0807
» + 75 g/l NiSO ₄ · 7H ₂ O ..	0,0635	0,0837
» + 100 g/l NiSO ₄ · 7H ₂ O ..	0,0691	0,0870
» + 125 g/l NiSO ₄ · 7H ₂ O ..	—	0,0898
» + 150 g/l NiSO ₄ · 7H ₂ O ..	0,0714	0,0918
» + 175 g/l NiSO ₄ · 7H ₂ O ..	0,0735	0,0945
» + 200 g/l NiSO ₄ · 7H ₂ O ..	0,0746	0,0952
»A«-oldat		
» + 3 g/l NaCl	0,0580	0,0767
» + 5 g/l NaCl	0,0621	0,0826
» + 8 g/l NaCl	0,0664	0,0881
» + 13 g/l NaCl	0,0740	0,0984
» + 18 g/l NaCl	0,0812	0,1078
» + 23 g/l NaCl	0,0875	0,1170
» + 28 g/l NaCl	0,0952	0,1263
»A«-oldat		
» + 34 g/l Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0,0660	0,0880
» + 68 g/l Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0,0762	0,1011
» + 13 g/l Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0,0887	0,1170
» + 170 g/l Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0,1020	0,1350
» + 227 g/l Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0,1150	0,1502
» + 283 g/l Na ₂ SO ₄ · 10H ₂ O	0,1242	0,1650

Tehát a szóbanforgó oldat elektromos vezetőképessége :

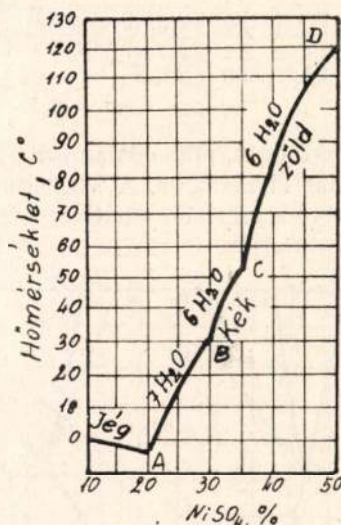
$$0,0807 + 0,0088 + 0,0166 = \text{ohm}^{-1} \cdot \text{cm}^{-1}$$

A kapott érték a méréssel talált 0,1033 ohm⁻¹ · cm⁻¹ értéktől 1%-kal különbözik. A sók koncentrációjának növekedésével a mért és a számított elektromos vezetőképesség értéke között a különbség mindig nagyobb lesz, mert a számításnál a sók aktivitásának a változását elhanyagoljuk. A borsav olyan kis mértékben változtatja meg az elektromos vezetőképességet, hogy hatása közelítő számításoknál figyelmen kívül hagyható.

Jóllehet az ammoniumsóknak jó a vezetőképessége, mégsem használják őket, mert növelik a levált nikkelt keménységét és belső feszültségét. Mivel a nagy nátriumklorid-koncentrációnak az anódában levő nemesfémekre, a katódán lejátszódó folyamatokra és az elektrolit tisztításának körülményeire gyakorolt hatását még nem ismerjük, azért ebből a

sóból csak annyit adnak az elektrolitba, amennyi az anódok passzíválódásának a megakadályozásához feltétlenül szükséges. Ez a mennyiség literenként 3–5 kg (49).

Ezek szerint a nikkelsulfátoldat vezetőképességét növelő sók közül a nátriumsulfát a legfontosabb és ennek az oldathoz adott mennyisége az oldhatóság határáig növelhető. A 37. táblázat Steel és Johnson szerint (50) a nikkelsulfát oldhatóságát mutatja. (Lásd az 54. ábrát is.)

54. ábra. NiSO₄—H₂O-rendszer egyensúlyi viszonyai.

A nikkelsulfát-nátriumsulfát-rendszer oldási viszonyait Koppel tanulmányozta (51). Megállapította, hogy 17° C hőmérsékletig az oldatból NiSO₄ · 7H₂O és Na₂SO₄ · H₂O keverékből álló szilárd fázis válik le. 17° C hőmérsékletig az oldóképességet az 55. ábra FG és F'G' politermikus görbéje ábrázolja ; 17° C-tól kezdve az oldat összetétele különböző lesz aszerint, hogy egyik vagy másik komponens van-e a feleslegben. Ha az oldatban a nikkelt és nátriumsulfát ekvimolekuláris viszonyban van, akkor az oldatban az NiNa₂(SO₄)₂ · 4H₂O összetételű kettős só van oldva. (Lásd az 55. ábrában a GI és G'I' görbét és a 38. táblázatot.)

Ha 17° C felett nikkelsulfát van feleslegben, akkor a szilárd fázis NiNa₂(SO₄)₂ · 4H₂O és Ni(SO₄)₂ · 7H₂O keverékből áll és a rendszer állapotát az 55. ábrában a GH és G'H' görbék szemléltetik.

Végül, ha 17° C felett nátriumsulfát van feleslegben, akkor a szilárd fázisban a kettős só mellett kristályos nátriumsulfátot találunk és az oldat összetétele (40. táblázat) az 55. ábrában a GKL és G'K'L' görbék között van.

Az oldat összetételének a meghatározásakor a diagram baloldalán (a megadott hőmérsékleten) a

37. táblázat.

A NiSO₄ oldhatósága a hőmérséklet függvényében

Hőmérséklet °C	0	15	30	31,5	32,3	44,7	50	53,3	60	70	80	89
100 g vízben lévő NiSO ₄ , g-ben	21,4	25,5	29,8	30,2 ¹	30,4	32,4	33,4	34,5 ²	35,4	37,3	38,7	43,4

¹ A kék NiSO₄ · 6H₂O-módosulat kristályosodásának kezdete.

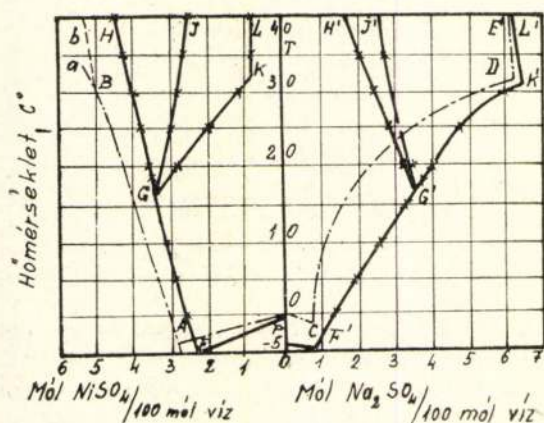
² A zöld NiSO₄ · 6H₂O-módosulat kristályosodásának kezdete.

38. táblázat.

 $NiSO_4-Na_2SO_4-H_2O$ -rendszer

Hő- mérséklet C°	100 g vízben lévő g		100 mól vízben lévő, g		Megjegyzés
	$NiSO_4$	Na_2SO_4	$NiSO_4$	Na_2SO_4	
	0	16,94	7,61	2,61	
5	17,99	10,95	2,94	1,93	
10	18,97	13,85	3,29	2,61	
20	18,76	17,21	3,41	3,40	A szilárd fázis: $NiNa_2(SO_4)_2 \cdot 4H_2O$. Az 55. ábrában a GI és G'GI-görbe.
25	17,85	16,54	3,18	3,21	
30	16,74	15,34	2,87	2,86	
35	16,28	14,91	2,75	2,74	
40	15,35	14,49	2,55	2,62	

nikkelszulfáttartalmat, jobboldalán pedig a nátriumszulfáttartalmat olvassuk le. A szaggatott vonalak a nikkel-, illetve a nátriumszulfátnak a vízben való oldhatóságát mutatják.



55. ábra.

A gyakorlatban az izotermák jobban használhatók, ezért az 56. ábrában Koppel adatai alapján a nikkelszulfát-nátriumszulfát oldódásának izotermáit találjuk 0 és 40° C között fekvő hőmérsékletekre (az összetétel 100 g oldatban levő, vizet nem tartalmazó só grammokban kifejezett mennyiségben van feltüntetve). A nátriumkloridnak és a bórsavnak a nikkel- és nátriumszulfát oldódására gyakorolt hatását még nem tanulmányozták. Feltehető, hogyha ezek a vegyületek kis mennyiségben vannak jelen, hatásuk is kicsiny.

Az elektrolit legmegfelelőbb összetételének a kiválasztásánál nemcsak a sók oldódását és a keletkező oldat vezetőképességét kell szem előtt tartani. Ugyanis a vezetőképességet növelő sók jelenléte hatással van az elektrolízisnél lejátszódó folyamatokra. Elektrolízisnél a katódához vándorol a nikkel, nátrium és hidrogén. A nátriumszulfát- (éppenig a nátriumklorid-) koncentráció növekedésekor az áramvezetésben fokozott mértékben vesznek részt a nátriumionok. A katódát körülvevő folyadékrétegből csak a nikkel és a hidrogén válik le, így ebben a rétegben megnő a nátriumion-koncentráció. Ezért igen nagy áramsűrűségnél, vagy sok az elektromos vezetést elősegítő só jelenléte esetén a katódát körülvevő folyadékrétegben az oldat nikkelben elszegényedik. Ilyenkor erős hidrogénfejlődés indul meg,

39. táblázat.

 $NiSO_3-Na_2SO_3-H_2O$ -rendszer

Hő- mérséklet C°	100 g vízben lévő, g		100 mól vízben lévő, g		Megjegyzés
	$NiSO_3$	Na_2SO_3	$NiSO_3$	Na_2SO_3	
	18,5	19,61	16,49	3,56	
20	20,13	16,15	3,67	3,21	
25	21,20	14,77	3,85	2,92	
30	22,60	12,80	4,07	2,51	
35	23,62	10,78	4,19	2,08	
40	24,92	9,39	4,41	1,81	

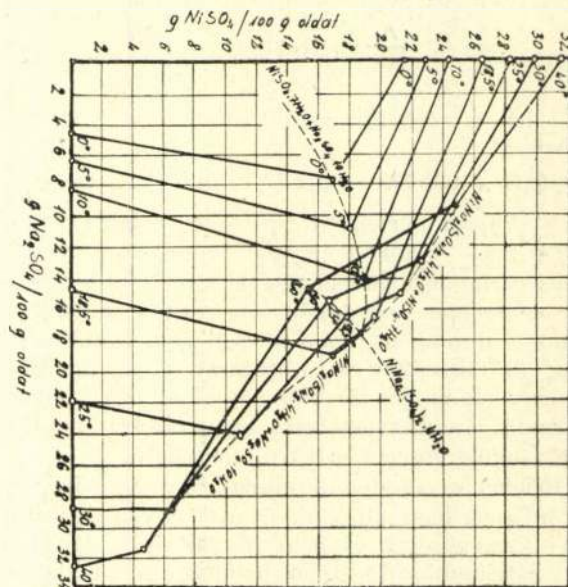
40. táblázat.

 $NiSO_3-Na_2SO_3-H_2O$ -rendszer

Hő- mérséklet C°	100 g vízben lévő, g		100 mól vízben lévő, g		Megjegyzés
	$NiSO_3$	Na_2SO_3	$NiSO_3$	Na_2SO_3	
	18,5	16,80	18,93	3,04	
20	15,49	20,18	2,80	3,97	
25	10,92	24,12	1,96	4,70	
30	6,40	28,71	1,15	5,60	
35	4,55	31,66	0,838	6,28	
40	4,64	31,38	0,843	6,21	

ennek következtében nő a hidroxilion-koncentráció és nikkeldioxidok válhatnak le.

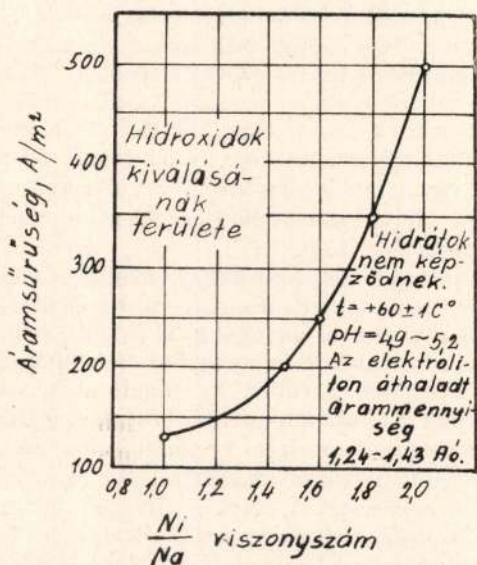
Az elmondottakból az következik, hogy minden áramsűrűségnek bizonyos betartandó nikkel- és nátriumkoncentráció-viszony felel meg; ha ez a

56. ábra. Az $NiSO_3-Na_2SO_3-H_2O$ -rendszer izotermái.

viszony nem megfelelő, akkor nincs rendes elektrolízis. Professor N. P. Fedotiev és V. V. Szvecznikova azt találták, hogy az áramsűrűség növelésekor a betartandó nikkel- és nátriumkoncentráció-viszonyt is növelni kell, különben nikkeldioxid válik le és a katódanikkell minősége romlik. Az áramsűrűség és az említett koncentrációviszony között mutatkozó összefüggést a laboratóriumi kísérletek eredményeinek a felhasználásával készített 57. ábra szemlélteti.

130 és 500 ampére/m² áramsűrűség között literenként 100, 150, 200 és 250 g kristályos nikkelszulfátot tartalmazó oldatban vizsgálják a legmegfelelőbb nátriumionkoncentrációt. A nikkel- és nátriumszulfáton kívül a vizsgált oldatokban literenként még 6 g nátriumklorid és 20 g bórsav volt. 60° C-on elektrolizáltak kavarrás nélkül.

Az ábrából látható, hogy a nikkel- és nátriumionkoncentráció legmegfelelőbb viszonya 130 ampére/m² áramsűrűségeknél éppen eggyel egyenlő. Ez az érték fokozatosan emelkedik és 500 ampére/m²-nél éri el a 2-t. Hanfsúlyozni kell, hogy a felsorolt eredmények csak a vizsgált oldattal megegyező összetételű oldatokra és ezekre is csak a fenti feltételek mellett érvényesek. Ha az oldat más alkotórészeket is tar-



57. ábra.

talmaz, akkor ez a törvényszerűség megváltozik. Így pl. az ammoniumsók jelenlétében az áramsűrűséget nikkeldioxid-leválás jelentkezése nélkül lehet növelni (45). Valószínűleg jó eredményeket kapunk akkor is, ha bórsav helyett fluoridot, pl. nátriumfluoridot adunk az oldathoz (52). Az ilyen elektrolitok azonban még nem képezték beható vizsgálat tárgyát, ezért még nem lehet őket ajánlani. Jóminőségű elektrolitokkal nyeresé végett nemcsak arra kell ügyelni, hogy az oldatban az egyes alkotórészek viszonya megfelelő legyen, hanem az oldatból az elektrolizist károsan befolyásoló alkotórészeket, szennyezéseket is el kell távolítani.

Az elektrolízis szokásos feltételei mellett az elektrolit réztartalma az anóda minőségétől függően 75–250 mg/l értékek között lehet. (Zeidler professzor szerint 1000 mg/l is lehet. — Szerkesztő.) A rézet az oldatból szulfid-, karbonát-, hidroxid- vagy szulfid-alkalakban lehet kiejteni. Ha gyengén savanyú oldatba kénhidrogént vezetünk, vagy nátriumszulfidot adunk, akkor a réz mennyisége leválik rézszulfid-alkalakban. Kiejtőszereként az Orford-eljárásnál keletkező »fej« is fel lehet használni. Ha a rézet szulfid-alkalakban választjuk le, a leválasztásnál megváltozik az oldat összetétele, ugyanis kénhidrogén alkalmazása esetén a kénsav-, nátriumszulfid (vagy »fej«) használatakor pedig a nátriumszulfát-koncen-

tráció növekedik. Ez okok miatt a rézszulfid-alkalakban való leválasztását csak kevés helyen alkalmazzák. A rézet az oldatból hidroxid- vagy karbonát-alkalakban nikkeldioxid- vagy bázikus nikkeldioxid-alkalakkal (3 Ni(OH)₂ · 2 NiCO₃ · 4 H₂O) lehet leválasztani. Ilyenkor az oldatból eltávolított rézzel egyenértékű nikkeldioxid-alkalatra megy. Az említett rézvegyületek 5,5–6 P_H mellett válnak le, ilyen körülmények között a vas hidrolizál. A következő táblázat azt mutatja, hogy az elektrolitból a szennyezések milyen messzemenően távolíthatók el, ha az oldatot bázikus nikkeldioxid-alkalakkal kezeljük (42).

Tisztítás előtt :

Cu	0,179 g/l
Fe	0,076 »
As	0,061 »
Sb	0,017 »

Tisztítás után :

Cu	0,03 g/l
Fe	0,002 »
As	0,0043 »
Sb	0,0049 »

Ennek a munkamódnak a hátránya az, hogy a leválasztás sokáig tart és hogy a rézet és a vasat összekeverten tartalmazó csapadékot kapunk. A legelterjedtebb és a legjobb munkamódnál a rézet poralakú nikkeldioxid-alkalakkal (cementálással) kiejtik ki szulfid-alkalakban (cementálással). A cementálásra használható poralakú nikkeldioxid-alkalakkal úgy készítik, hogy a nikkeldioxidot 700–750° C hőmérsékleten faszénrel vagy vízgázzal redukálják. Az első esetben a poralakú nikkeldioxidot az NiO + C = Ni + CO reakcióegyenletről számított mennyiségű faszén 3–4-szeresével keverik. A redukció 4,5 óra hosszat tart és a lehűlt nikkeldioxidot a felesleges szénrel vízzel való mosással választják el.

A nikkeldioxid felülete könnyen oxidálódik és az oxidáció miatt könnyen elveszíti reakcióképességét. Ezért ezt híg kénsavban tárolják. A cementálás sebessége a nikkeldioxid finomságától függ. A jó nikkeldioxid 35%-a átesik a 200 csokros szitán, 32% a 200 csokros szitán fennmarad, de a 140-esen átesik, 18%-a 70–100 csokros szitának megfelelő szem nagyságú és csak 10%-a marad fenn az 50 csokros szitán.

A cementálás gyorsabbá tétele végett az oldatot valamilyen mechanizmussal (pl. propellerrel keverő berendezéssel) erőteljesen kell kavarni; levegővel való kavarrás esetén az oldatban levő vas oxidálódik és a ferriszulfát feloldja a már lecementálódott rézet.

Az elméletileg szükséges nikkeldioxidmennyiségnek kb. az ötszörösét adják, a P_H-t 4 körül tartják és 80° C hőmérsékleten tisztítják az oldatot kb. 4 óra hosszat. A réz nagy része már az első két órában lecementálódik (az oldatban maradt réz mennyisége 10–15 mg/l-re csökken le), ezután a réztelenítés már lassúbbá válik. A nikkeldioxidfelhasználást az elméletinek 2,5–3-szorosára lehet csökkenteni, ha ellenáramban dolgozunk, azaz először a megelőző cementálásnál levált csapadékot adjuk a tisztítandó oldathoz és csak bizonyos idő eltelté után dolgozunk nikkeldioxid jelenlétében.

A réztelenített oldat vastalanítása oxidálással történik; ilyenkor a vas hidroxidalakban válik le. A vastalanításhoz kerülő oldat már csak 70–150 mg/l vasat tartalmaz, mert a vas egy része már a réztelenítésnél a rézzel együtt a csapadékba megy. A vastalanítást úgy végzik, hogy a réztelenített oldaton nikkelferulát jelenlétében levegőt fújtatnak át. Így a vas teljesen leválasztható, csak az a baj, hogy a művelet sokáig tart.

Gyorsabb oxidációt és vasleválást érünk el, ha a vas kiejtését $\text{Ni}(\text{OH})_3$ jelenlétében végezzük. Ebben az esetben a következő reakció játszódik le:



A fenti reakció lefolytatásához szükséges fekete nikkeldioxidot úgy állítják elő, hogy nikkelszulfát-oldathoz nátriumhipokloridot és nátriumhidroxidot adnak. A fekete nikkeldioxid előállításának és ennek a vegyületnek a nikkelektrolit tisztításánál való használatánál a feltételeit J. Pjeszin és O. Andrevna tanulmányozta részletesen (53). Ők megállapították, hogy a fekete nikkeldioxid tulajdonképpen a két-, három- és négyvegyértékű nikkeldioxidjának a szilárd oldata. Ez a szilárd oldat az előállítás módjától függően több-kevesebb aktív oxigént tartalmaz. A négyvegyértékű nikkeldioxid aktív oxigént tartalmazó hidroxidja nemcsak a vasat, hanem a kobaltot is oxidálja. A négyvegyértékű nikkeldioxid a vasat oxidálja, a kobaltot azonban csak nagyon kis mértékben.

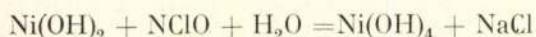
Az erőteljesen oxidálódó fekete nikkeldioxid előállításánál a következő feltételeket kell betartani:

1. a nikkelszulfátos oldathoz az



reakcióegyenlet szerint szükséges nátriumhidroxid-mennyiségnek az 1,1-szeresét kell adni.

2. az oxidáláshoz szükséges hipokloritmennyiség pedig az



reakcióegyenlet szerint elméletileg szükséges mennyiségnek a másfélszerese.

A munkahőmérsékletnek 15–20° C-nak kell lennie. A hipokloritoldatot nem egyszerre, hanem kis adagokban kell az oldathoz adni.

Ezeknek a feltételeknek a betartásakor olyan fekete nikkeldioxidot kapunk, amelyik 60–65% oxidálásra képes, aktív oxigént tartalmaz. Az aktív oxigéntartalom kiszámításánál tudnunk kell, hogy az Ni_2O_3 (azaz NiO 1,5) 50%, az NiO_2 pedig 100% aktív oxigént tartalmaz. Amikor a fekete nikkeldioxidból kimossák az anyalúgot, ennek aktív oxigéntartalma 4–5%-kal csökken. Ha a mosást nem vízzel, hanem 1%-os nátriumhidroxidoldattal végezzük, az oxigénvesztés kisebb. A fekete nikkeldioxidot víz alatt kell tartani. Az aktivitás idővel csökken (30 nap alatt 50–65%-kal). A fekete nikkeldioxidból annak vizes szuszpenzióban való forralásával teljesen el lehet tüntetni a négyvegyértékű nikkeldioxidot. Az aktív oxigéntartalom ilyenkor 40%-ra csökken.

A forralás után kapott, kis aktivitású, fekete nikkeldioxiddal a vasat és kobaltot tartalmazó ol-

dathól csak a vasat lehet leválasztani. Az elektrolit vastalanításánál az oldathoz a vas leválasztásához elméletileg szükséges mennyiségű fekete nikkeldioxidnak 1,1–1,3-szorosát adják és az 50–60% C° hőmérsékletű, 4–5 pH -jú oldatot 15–20 percig erőteljesen kavargatják levegővel (agitálják). Sok leválasztandó vas esetén ajánlatos a fekete nikkeldioxidot kis adagokban adni (így elkerülhetjük a kobalt leválását). A felsorolt feltételek betartása mellett a vas kobalttól mentesen válik le.

A 30–70 mg/l kobaltot tartalmazó vastalanított oldat a kobalttalanításhoz kerül. Itt a tisztítandó oldathoz minden kobaltmolekulára 4–5 molekula nikkeldioxidot adnak és a zagyot 55–60 C° hőmérsékleten, 4–5 pH tartása mellett levegővel kavargatják. A kobalt 2–3 óra alatt válik le teljesen. Kobaltban dús csapadékot csak akkor kapunk, ha a kobalttalanításhoz tiszta oldatok kerülnek. A vastalanított oldatot ezért nem szabad vaskeretes szűrőprezen szűrni és vascőveken vezetni. Ilyen munkamód mellett ugyanis az oldat ismét venne fel vasat és ez a vas a kobalttalanításnál a kobalttal együtt válnék le. Helyes munkamód esetén a csapadékban a kobaltnikkel-viszony 1 : 5.

Jóminőségű elektrolitnikkel előállítására végezték a réztől, vastól és kobalttól megtisztított elektrolitból még azokat a szerves anyagokat is el kell távolítani, amelyek a készülékek faanyagából és a diafragmák szűrők vásznából kerültek az oldatba. A szerves anyagoknak a katódanikkel minőségére gyakorolt hatása különösen az üzem megindításánál szembeeső, ugyanis ilyenkor az oldattal sok fa és vászon érintkezik egyszerre. A szerves anyagok mennyiségének növekedésével arányosan lesz simább és fényesebb a katódán levált nikkeldioxid. Ezekkel a jelenségekkel párhuzamosan nő az elektrolitnikkel keménysége és belső feszültsége; ez az utóbbi a katódáknak a rózsaóhoz hasonló szétnyílására vezet. Az oldatban lévő szerves anyagok mennyiségét még nem tudják jól, megbízhatóan és kényelmesen ellenőrizni. A leginkább ajánlható mód az, hogy az elektrolit egy részéből a laboratóriumban elektrolizáljuk ki a nikkeldioxidot és a levált elektrolitnikkel tulajdonságait vizsgáljuk. A szerves anyagokat az oldatból erős oxidálószerrel való oxidálással lehet eltávolítani. Erre a célra a klór, a permanganát és a nikkeldioxid (54) a legalkalmasabb. Ez a módszer azonban bonyolult és nem tisztítja meg teljesen az oldatot a szerves anyagoktól. Jobb az a módszer, amelyiknél az oldathoz m^3 -enként 3–4 kg aktív szenet adnak és a zagyot 3–4 óra hosszat erőteljesen kavargatják levegővel.

Az elektrolízis törzsfája

A nikkeldioxidos raffinálásakor alkalmazott műveletek törzsfáját az 58. ábra szemlélteti.

A 60–65° C-ra felmelegített tiszta oldat a nyomótartályból kerül az elektrolizáló kádak katódateribe. 130 ampere/ m^2 áramsűrűség alkalmazása mellett 1 m^2 katódafelülethez óránként 15–16 liter elektrolitot vezetnek. Az anódatérből a szennyes elektrolit a gyűjtőtartályba folyik, itt 80° C-ra melegítik fel és így kerül a réztelenítéshez, vastalanításhoz, kobalttalanításhoz, a szer-

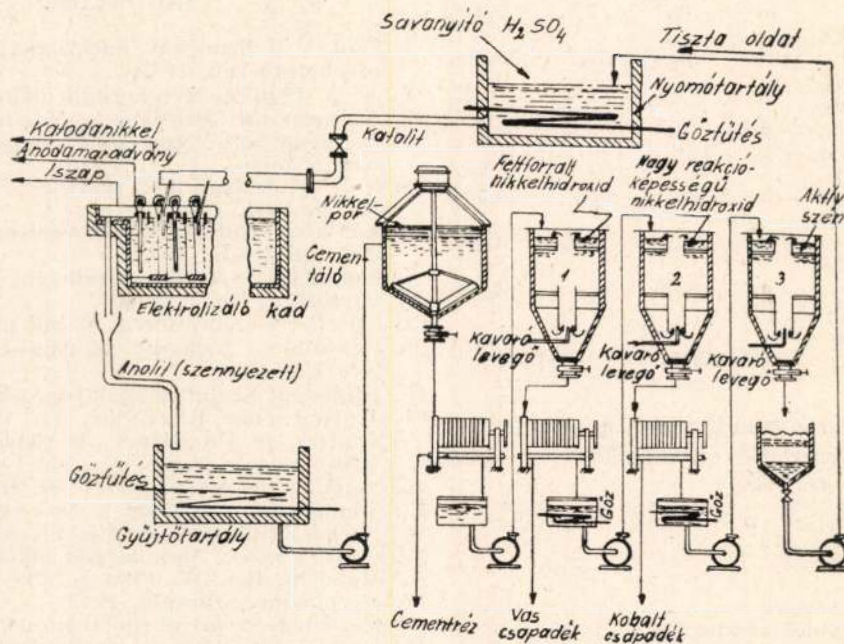
ves anyagok leválasztásához és ezek után újra a nyomótartályba jut. Az elektrolizáló kádakat vasbetonból készítik. A kádak belül saválló cementtel vagy bitumennel összeragasztott saválló téglákkal vagy kerámiai anyagból készített lapokkal vannak bélelve. A szennyezéskor eltávolítását végző berendezések vasból készülnek és belső oldalukon saválló cementtel összeragasztott, kerámiai anyagból készített lapokkal vannak borítva.

Az oldatokat faolttól vagy gumival bélelt vascsövekből készült vezetékeken vezetik. A réztelenítő, vastalanító és kobaltalanító berendezésben keletkező csapadékokat fából készített kerekkel felszerelt szűrőpréseken választják el. A centrifugális szivattyúkat szilexből készítik. A szelepeket melchiorból készítik, de ezek erősen korrodálódnak. Nem rozsdásodó acélt is lehet használni, de csak előzetes vizsgálat után. Tájékoztató kísérletek azt mutatták, hogy az oldatok maró hatását

Volt. A kádfeszültség a művelet vége felé megnő, mert az anódát vékony anóda-izsapréteg vonja be.

41. táblázat.

Felsorolás	1000 kg kalóriák száma
Bevétel:	
Joule-meleg	1100
A gőzzel behozott meleg	2700
Összesen	3800
Kiadás:	
A kád energiafogyasztása	1700
A vezetés energiaszükséglete	200
A cementálás energiaszükséglete	400
Az agitálás és a szűrés energiaszükséglete	1000
Egyéb	500
Összesen	3.800



58. ábra. Az elektrolízis törzsfája.

a V-4-A- és a Worthite-acélok jól állják, a parallel vizsgálat EJaI-T-acélból óránként és m²-ként 0,9 g oldódott. Mivel a króm az elektrolitban nem kívánatos, azért csak olyan acélok alkalmazhatók, amelyek az elektrolitban egyáltalán nem oldódnak.

A 70 m³ köbtartalmú Pachuca-kádokban lefolytatott tisztítás ideje alatt az oldat hőmérséklete 5–8° C-szal csökken. A szűrőpréseken a hőmérséklet 10–12° C-szal esik. A tisztítás végén kell gondoskodni az elektrolit újra való felmelegítéséről. Az elektrolizáló kád hőmérsékletének a felállításánál nem szabad figyelmen kívül hagyni a kádban szabadabbá váló, elég tekintélyes mennyiségű, Joule-meleg. Az energiamérlegre egy példa a 41. táblázatban látható.

A kádfeszültség a szokásos feltételek mellett végzett elektrolízisnél 2,1–2,5 Volt között ingadozik. Ilyenkor a katódafeszültség –0,6–0,7 Volt, az anódfeszültség pedig +0,25–+0,35 Volt. A feszültségese az elektrolitban és a diafrágnán 1,1–1,3

A nagy kádfeszültség oka az elektrolit kis vezetőképesége és a szükségesnél nagyobb elektrodátávolság is lehet. Az anódközépponttól anódközéppontig mért távolság 200 mm-re vehető fel (a művelet végén az anóda és a katóda között mérhető távolság nagyobb lesz, mint az elején, mert az anóda vékonyabb lesz).

A diafrágvásznakat évenként kétszer cserélik, 1 tonna nikkelre a kádban 3 m², a szűrőpréseken pedig 0,3 m² vászonfogyasztással kell számolni.

96%-os katódikus áramkihozatal és 2,3 Volt közepes kádfeszültség esetén (folytonos elektrolízis mellett) 1 tonna nikkel leválasztásához 2300 kWó elektromos energiamennyiség szükséges. A kád 94%-os áramkihasználás mellett óránként

$$Q = \frac{1,095 \cdot 0,94 \cdot I \cdot a}{1000} \text{ kg nikkelt termel.}$$

1 tonna katódanikkel előállításánál a következő mennyiségű anyagok fogynak :

kénsav	0,1 tonna
bórsav	0,015 tonna
nátriumsulfát	0,030 tonna
gőz	9,— m ³
víz	18,— m ³
levegő	1500,— m ³
víz	0,15 tonna

42. táblázat.

Az elektrolizáló kádra jellemző adatok

	Egység	I. számú orosz üzem	Port-Kolborni üzem	II. üzem Orosz-országban
A kádon áthaladó áram erőssége	amp.	5000	4800	5000
A kád befogadóképessége	m ³	8,7	7,1	7,4
A katódák felületeinek összege	m ²	38,4	37,7	38,4
A kád 1 m ³ -ében lévő katódák felületének összege	m ²	4,4	5,3	5,2
A kád napi termelése..	kg	131	126	131
Napi 1 t nikkelt termelésére eső kádtérfogat	m ³	66,5	56	56,7
1 m ² kádfelületre eső csarnokfelület	m ²	4,45	5,25	3,83
1 m ³ kádtérfogatra eső csarnoktér fogat	m ³	41,9	—	32
Napi 1 t nikkelt elektrolizálásra eső csarnoktér fogat	m ³	2780	—	1820

Az elektrolit nikkeltartalmának változása a művelet alatt, a nikkelttermelés százalékában

43. táblázat.

Megnevezés	%
Nikkeltkiadás :	
Elkerülhetetlen veszteség	0,4
Fekete nikkelt-hidroxidok készítéséhez ..	4,0
Összesen	4,4
Nikkeltbevitel :	
A neutralizáláskor a szabad kénsav által feloldott nikkelt	0,8
A kobalt és a vas leválasztásakor felszabaduló kénsav által feloldott nikkelt	2,2
Összesen	2,5

Megjegyzés : Amint a fenti mérlegből láthatjuk, kb. 4,4—2,5 = 2% nikkelt pótlásáról kell gondoskodnunk.

Az elektrolitnikkelt igen tiszta. Minden különösebb erőfeszítés nélkül lehet olyan fémet előállítani, amelyben 99,82—99,86% nikkelt mellett csak 0,02—0,03% kobalt 0,04—0,05% réz, 0,03—0,3% vas és 0,10—0,02% karbon van, a kén és a szilícium pedig olyan kis mennyiségben van jelen, hogy nem mutatható ki.

A karbontartalom azzal magyarázható, hogy az elektrolitnikkelt az oldatból szerves anyagokat adszorbeál. A szerves anyagok messzemenő eltávolításával lehet a karbontartalmat az említett értékek alá szorítani.

A nikkeltnek az elektrolizis tartama alatt bekövetkező eloszlásáról és vándorlásáról nincs pontos adat. Példaképpen közelítő értékeket tartalmaz a 43. táblázat.

Az elektrodáknál a kádakba való berakását és kiszedését rendszerint különleges daruk végzik. Ezek a kádak fölé épített pályán mozognak. A diafragmák kisebb rongálása végett az anódát és a katódát külön-külön rakják be, illetve szedik ki. A kihúzott katódákat forró vízben mossák le. Az anódamaradványt megtisztítják az anódaiszaptól és az anódára olvasztó kemencébe adják vissza. Az anódaiszapot mossák, azután olvasztják és nemesfémekben dús anódákat öntenek belőle. Ezekből az anódákból külön erre a célra épített kádakban elektrolizálják ki a nikkelt nagy részét és az ilyenkor keletkező nemes iszapot a nemesfémek kinyerését célzó műveletekhez adják.

IRODALOM.

1. Prof. V. I. Szmironov, Sachtnaja plavka mednüchi nikelvüch rud, 1939.
2. A. A. Cejdlér, Metallurgija nikkeltja, 1938.
3. Giprovetmet, Pererabotka okiszlennüch rud. 1935.
4. G. Vendeborn, Szpekanie metodom prosszaszütvanija, 1936.
5. Prof. V. I. Szmironov, sztatija, «Cvetnüe metallü» No. 9. 1941.
6. Szerikov, sztatija, Pabotü Uraljszkogo indusztrialnogo insztlituta. 1940.
7. Meljnickij, sztatija, Bjulletenij Szozjuznikeljolovoproekta, No. 3, 1940.
8. Guertler u. Sawelsberg, Metall u. Erz. 1932.
9. Berdnikov i Zacharov, sztatija «Cvetnüe metallü» No. 4, 1938.
10. Bjulletenij Szozjuznikeljolovoproekta, 1940.
11. Journal Four Electrique, 11, 1927 ; 37, 1928. Seances de l'Academie de Sciences, 185, 1927. 1046. «Compt. rend.» No. 85. 1467.
12. Vejli i Gije, Nikelj, perev. sz. franc., 1933.
13. Mining Journal, SzSUI. No. 5420, 1939.
14. Garnak, Gidrometallurgija nikelvüch rud, 1935.
15. G. G. Urazov, Metallurgija nikkeltja, 1935.
16. Metall u. Erz. 16, 1936. S. 435—441.
17. Mechanobr. Szbornik, 1933.
18. Bjulletenij Szozjuznikeljolovoproekta. No. 5, 1938.
19. Prof. V. I. Szmironov, sztatija, Rabotü Uraljszkogo industrialjnogo insztlituta.
20. Trudü Vszeszojuznogo teplotchniceszkogo insztlituta in F. Dzerzsinszkogo Processz gorenija uglja. 1938.
21. A. Gronningsater a. P. Drummond, Canadian Mining a. Metallurgical Bulletin, No. 358, p. 99—139 ; No. 363, p. 324—349.
22. C. A. Sachov, Metallurgija nikkeltja.
23. D. A. Diomidovszkij, Mednonikelevoe delo v Kanade Bjulletenij Szozjuznikeljolovoproekta. No. 7. 1946.
24. Canadian Mining Journal, 1937.
25. L. Guillet, Uszpechi v. oblaszti metallurgii nikkeltja i ekonomiceszkoe plozszenie poszlednej, perev SzNOP.
26. Dhavenas, Metallurgija nikkeltja, izd. francuzszkogo informacsiönno centra po nikkeltju, perev. SzNOP.
27. D. A. Dimidovszkij, Podgotovka sichtü, Bjulletenij Szozjuznikeljolovoproekta. No. 8, 1936.
28. L. N. Piszkunov, Metodü perrerabotki bogatüch mednüch i mednonikelevüch szulfidnüch rud. Bjulletenij Szozjuznikeljolovoproekta. No. 10 (18), 1937.
29. Ero-Mekinen, Outokumpu, Bjulletinij Szozjuznikeljolovoproekt, No. 3, 1938.
30. E. Prost, Metallurgie des metaux autres que le fer. avec «Complements», 1941.

31. Zsurin i Kavickaja, sztatjja, »Cvetnue metallü«. No. 1, 1940.
 32. Elektrochemie wässeriger Lösungen, 1922, S. 355.
 33. Comt. rend., 180, 1925, p. 737.
 34. Journ. Chem. Soc., London, 1926, p. 2887.
 35. Metal Industry, London, 22, 1937, p. 609.
 36. Billiter, Osznovü galjvanotechniki, ONTI, 1937, sztr. 184.
 37. Zsurnal prikladnoj chimii. XIII, 9, 1940.
 38. Metallkunde, XXI, 46, 1929.
 39. Giprocvetmet, Pererabotka okiszlenüch nikelvüch rud. 1935.
 40. Vojlj i Gije, Nikelj. perev. 1939.
 41. »Cvetnue metallü« No. 12ü 1941.
 42. Proizvodstvo kovkogo nikelja, pod red. A. A. Ceidlera. ONTI, 1935, szt. 135.
 43. Trans. Am. Elektroch. Soc. XLV. 1924. p. 203.

Könnyűfém tuskóöntödék korszerű berendezései

DENIFLÉE SÁNDOR

(Folytatás)

c) A kapcsolás és öntés.

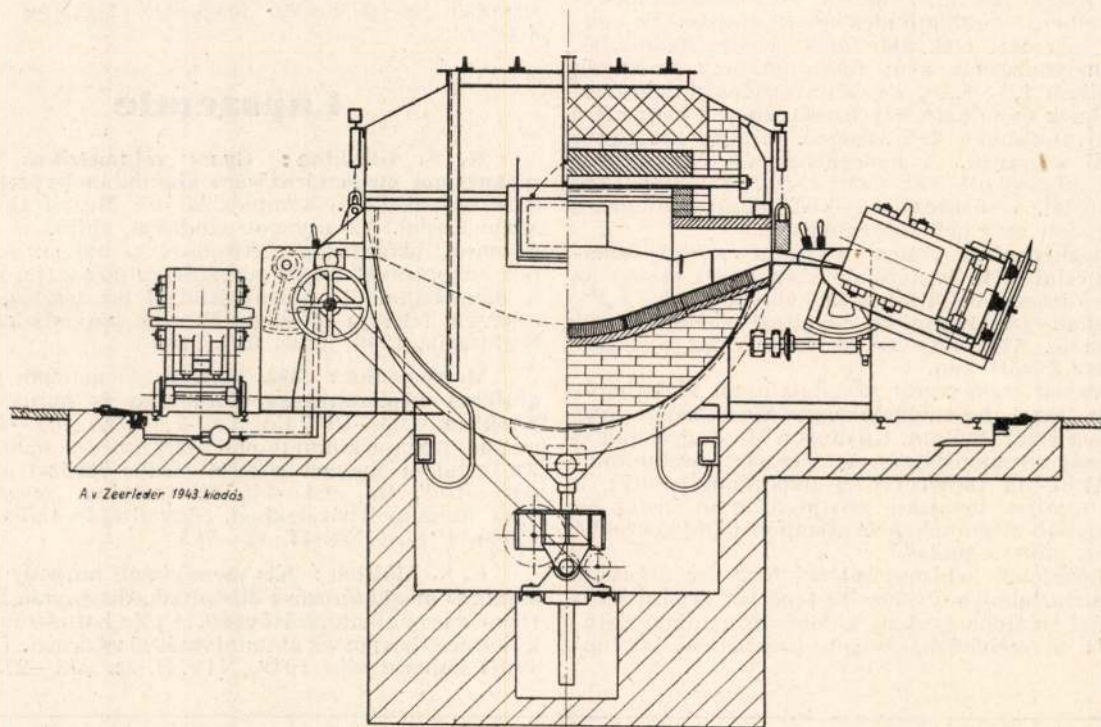
A kapcsolási elvre vonatkozólag meg kell jegyeznünk annyit, hogy a szomszédos fűtőellenállások között nagy feszültségkülönbség nem lehet, mert a fűtőelemeket tartó tűzálló téglák anyaga a hőmérséklet emelkedésével, főleg hosszabb használat után, vezetővé válik, úgyhogy nagy feszültségek esetében könnyen átütések keletkeznek, a keletkező zárlatok folyamánya pedig a tartótéglák és fűtőellenállások összeolvadása. Ez pedig kellemtelen üzemzavart jelent. A téglák vezetővé válását különösen elősegíti a rossz hőálló ellenállásanyag felületéről nagyobb mértékben lepattogzó oxidréteg, minek folytán a téglák felülete fémes zománcszerű réteggel vonódik be, amely az áramot vezeti.

A fűtőellenállások anyagának ismertebb gyártói főleg külföldiek. Meg kellene fontolni, hogy tekintettel az ipari villamos kemencék egyre nagyobb elterjedésére hazánkban is, nem volna-e célszerű

az ellenállásanyagoknak Magyarországon való minél hamarabbi gyártására berendezkedni.

Az öntés a tárgyalt ellenállásfűtési kemencéből a kemence billentése segítségével történik, a kiöntőcső, mint forgópont körül, vagy öntőüstbe s abból a kokillákba, vagy közvetlenül a kemencével együtt mozgó öntőgépen elhelyezett kokillába. Ez utóbbi elrendezés különösen nagyobb egységeknél van helyén, amelyekből egyfajta tuskót nagyobb mennyiségben kell önteni. Ebben az esetben a legcélszerűbb megoldás az, amely lehetővé teszi a kemencének mindkét oldal felé történő billentését, úgyhogy így mindkét oldalon lehet egymásután önteni. Ez a berendezés, amelynek vázlatát a 13. ábra tünteti fel, lehetővé teszi a kemence gyors kiürítését s különösen alumíniumkohókban válik be jól.

A villamos olvasztásra berendezett alumínium tuskóöntödékben a teknőalakú olvasztómedencéjű ellenállásfűtési kemencék hosszú ideig egyedural-



13. ábra.

mat élveztek, míg nem Russ 1935-ben megalkotta az első kisleveles indukciós olvasztókemencét, amely alumíniumolvasztásra alkalmas volt. Ezt a kemencét Russ a már mindenütt ismert *Ajax-Wyatt* indukciós kemencéből fejlesztette ki, amely az első világháború alatt keletkezett, s réz, valamint sárgaréz olvasztására kitűnően bevált s az egész világon hatalmasan el is terjedt.

Még hosszu időknek kellett azonban elteltie, amíg kialakult a mai idők korszerű indukciós

olvasztókemencéje, amely hamarosan a nagyteljesítményű alumínium tuskóöntődének legmegfelelőbb olvasztókemencéje lett. Annak, hogy éveknek kellett elteltie, míg ez a kemencéfajta kialakult s elterjedt, okai a kis öntési teljesítmény, amellyel e kemencék dolgoztak, s nem utolsó sorban a fenékben levő csatorna folytonos eldugulása, ami sok tisztítási munkát s idővesztést okozott.

(Folytatjuk)

Levelésládá

Kérdés :

Üzemünkben nagyobb mennyiségű, körülbelül 0,7—0,9% Fe-tartalommal szennyezett alumínium áll rendelkezésre. A többi rondító (Si, Cu, Zn stb.), a Fe-szennyezéstől eltekintve, a megengedett határokat nem lépi túl.

Kérdezzük, hogy a vassal szennyezett anyagot lemez és idomrud gyártásához fel lehet-e használni, illetőleg az anyagot milyen egyszerű eszközökkel lehetne újból félgyártmány gyártására alkalmas minőségűvé alakítani.

Felelet :

Az 1% Fe-tartalomkörű alumíniumanyag rudak, csövek és idomrudak sajtolására megfelel. Az aránylag magas Fe-tartalom csak az esetleges utólagos polirozásnál, illetőleg eloxálásnál okozhat nehézséget, ilyenkor ugyanis a vasaluminidok eloxálási hibaforrásként jelentkezhetnek. Az anyagok szilárdsági értékeit az 1% Fe körüli tartalom szintén előnytelenül befolyásolja, különösen akkor, ha a vasaluminidok durva, kemény kiválásként hegyezkednek el a lágy fémbe és ezáltal az anyag nyúlását csökkentik. Ismételt igénybevétel esetén a kivált kemény vasaluminidok fárasztási töréseket idézhetnek elő.

A lemezek gyártásánál a helyzet még előnytelenebb. Az aránylag nagy Fe-tartalommal szennyezett anyagból készült lemezek mélyhúzóhatósága a kivált kemény vasaluminidok miatt gyenge. Az esetben, ha a lemezt csak alárendelt célokra használják fel és mélyhúzásnak nem vetik alá, úgy az anyag maximálisan 1,0—1,2% Fe-szennyezéssel még hengerelhetőnek mondható. Ilyen esetekben a hengerlést sokkal óvatosabban kell végezni, mintha azt tiszta anyagból végeznék. A meleghengerlési és lágyítási hőfok a megszokott 340—360° C-ról 380—400° C-ra emelendő fel, a közbeeső lágyítási időtartamot pedig 30—40%-kal meg kell hosszabbítani.

Hideghengerlés esetén a lemez széleit állandóan figyelni kell és kezdődő szélrepedés esetén az anyagot közbeeső lágyításnak kell alávetni. 1,0—1,2% Fe-tartalmú szinalumínium alakítási ellenállásának nagysága az Al-Mg- és az Al-Mg-ötvözet alakítási ellenállása között van.

A vassal szennyezett szinalumínium alakíthatóságát és ezzel használhatóságát Mn adagolásával lényegesen lehet javítani. Ugyanis a Mn a mechanikai tulajdonság szempontjából veszélyes, éles vasaluminid-tüket Al-Fe-Mn ternerötvözet alakjában leköti; a hármas ötvözet lapalakú kristályformája pedig az anyag tovább megmunkálása szempontjából kevésbé veszélyes, mint a túalakú.

A kísérletek bebizonyították, hogy az aránylag magas vastartalmú anyaghoz történő Mn ötvözéssel a szilárdsági tulajdonságokat, különösen az alakíthatóságot és a mélyhúzóhatóságot lényegesen javítani lehet.

Lágy lemez szilárdsági értékei

Si	Fe	Mn	Szakítószilárdság kg/mm	Nyúlás % Lo=200 ^m	Brinell kg/mm ²	Erichsen 1 mm lemezen
0,16	0,27	—	8,2	46,5	22,0	10,5
0,18	0,20	0,48	9,3	45,0	25,0	10,1
0,18	0,21	0,45	10,2	47,0	28,9	10,2
0,23	0,27	1,53	11,3	46,0	29,5	9,9
0,25	0,59	—	10,0	38,5	25,0	8,3
0,25	0,52	0,69	11,0	42,0	28,4	9,3
0,27	0,57	0,93	11,3	43,6	29,3	10,0
0,32	0,63	1,43	11,7	45,1	30,0	20,0

Az Al-Mn-Fe ötvözetek meleg- és hidegmegmunkálhatóság szempontjából lényegesen előnyösebb tulajdonságúak, mint a hasonló Fe-tartalmú szinalumínium. Az ötvözetek melegmegmunkálási és lágyítási hőfoka 400° C, a lemezhengerlésnél közbeeső lágyítást beiktatni nem szükséges.

Fentiek szerint tehát a körülbelül 1% Fe-tartalmú anyagokat a legjobban olyként javíthatják fel, hogy a fémhez 0,6—0,8% Mn-t ötvöznek és az így előállított Al-Mn ötvözetet dolgozzák fel. A továbbfeldolgozás szempontjából döntően fontos, hogy a szinalumíniumnál megszokott 340—360° C hőfokkal szemben az Al-Fe-Mn ötvözetek lágyítási hőfoka 400° C.

Lapszemle

R. S. Gluskina: Gyors volumetrikus eljárás magnézium meghatározására alumíniumötvözetekben. A szerző módszere komplex Al-Fe-Mg citrátok képzésén alapul. Az anyagot szódával oldja, a leszűrt és mosott maradékot salétromsavval mossa; az oldathoz citromsavat ad és ammoniával lúgosítja. Ezután a magnéziumot ammonfoszfáttal leválasztja, 0,1 n. sósavval feloldja és lúggal titrálja. (Zavodszkaja Laboratorija, 1948, 5. sz. 624. old.)

M. Spalenka: Réz, horgany és mangán polarografikus meghatározása alumínium és horganyötvözetekben. 0,03—10% Cu, 0,1—1,5% Zn, 0,4—4% Mn meghatározása alumíniumötvözetekben; 0,007—4% Zn-tartalom meghatározása rézdús ötvözetekben és 0,03—10% Cu, 0,4—4% Mn-tartalom meghatározása horganyötvözetekben. (Zavodszkaja Laboratorija Chem. 1947. XXVIII. 42—51.)

E. S. Nikitina: Kis mennyiségű horgany mikrokémikus meghatározása difeniltiokarbazonnal. Difeniltiokarbazon alkalmazásával 0,1% Zn határozható meg kolorimetrikusan az alumíniumötvözetekben. (Zavodszkaja Laboratorija 1948. XIV. 3. sz. 272—275.)

ALUMINIUM

ALUMINIUM

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

A Fémipari Kutató Intézet közleményei

Feszültség alatti korrózió

GYENESNÉ, DR. HOLLÓ MÁRIA

Első rész

Feszültség alatti korrózió fogalma és mérése

Коррозия под напряжением

Первая часть: понятие о коррозии под напряжением и ее измерение.

Автор: Денешне Мария Голло.

Stress Corrosion. — First Part: Definition and Testing Methods of Stress-Corrosion.

by Mrs. M. Gyenes

Szinte minden ötvözetnél tapasztalhatjuk, hogy mechanikai feszültség hatására korrózió-érzékenysége megváltozik, megnő. A könnyűfémeknek főleg a repülőgépipar területén való fokozott alkalmazása irányította a kutatók figyelmét erre a jelenségre. Ma már a feszültség alatti korrózióknak (továbbiakban f. a. korr.) óriási, sokszor igen ellentmondó irodalma van, amely igen nagy kísérleti anyag feldolgozásáról számol be, de a jelenségek egyértelmű értelmezéséhez nem jutott el.

Alábbiakban ennek a szétágazó kérdésnek az irodalmáról szeretnék rövid áttekintést adni.

Alábbi cikk a f. a. korr. fogalmát és a mérési módszereket tartalmazza. Külön cikkben készülök foglalkozni részletesebben a f. a. korr. folyamatának elméletével, a korrózióérzékenységnek különböző tényezőktől való függésével, valamint beszámolni mérési eredményeinkről.

I. A feszültség alatti korrózió fogalma

A f. a. korr. fogalmát az egyes szerzők igen különbözően határozzák meg. Egyesek csak azokat az eseteket sorolják ide, amelyeknél a próbatestre kívülről statikus mechanikai feszültséget gyakorolunk, mások viszont különböző irányban bővítik a fogalmat. Idesorolják a korróziós fárasztás eseteit, mint Akimov (1), vagy a különböző tényezők által kiváltott belső feszültségek okozta korrózióérzékenységet, mint Franke (8).

A legtöbb szerző elfogadja az RKW—Veröffentlichung Nr. 117-ben közzétett meghatározást, amely f. a. korr. alatt lényegében a korróziós folyamatnak egyidejű mechanikai igénybevétel hatása alatti meggyorsulását érti (12). Német szerzők több-

sége szerint a f. a. korr. egyszerűen korróziós folyamat feszültség jelenlétében.

Szabatosabb meghatározást tartalmaz Perryman és Hadden cikke (6); szerintük a f. a. korr.: a mechanikai tulajdonságok erősebb csökkenése statikus feszültség és korrozív közeg egyidejű hatása mellett, mint amely bekövetkezne a két tényező elválasztott, de additív hatása esetén. Éppen ezért fenti szerzők a f. a. korr. érzékenység mérésénél úgy járnak el, hogy minden próbához párhuzamos kísérletet végeznek ugyanolyan korróziós közegben feszültség nélkül is és egyenlő ideig folytatott kísérlet után a két úton kapott szakítószilárdság csökkenés különbségét tulajdonítják a f. a. korr. hatásának, (ellentétben más szerzőkkel, pl. (12), ahol a kapott σ_B értékeket, ill. azok változását közvetlenül tüntetik fel, vagy hasonlítják össze másfajta korróziós vizsgálatok eredményeivel).

A legtöbb szerző, így Althoff (13), Brenner és Roth (2), Logan és Hessing (3), valamint Vossküher (5), a mechanikai tulajdonságok változásának mérésén kívül olyan típusú kísérleteket is végez, ahol adott közeg és terhelés mellett a próbatest élettartamát tünteti fel függő változóként az összetétel, vagy bármely más független változóval szemben; ezek a szerzők nincsenek tekintettel arra, milyen változások következtek volna be az anyagban közönséges, feszültség nélküli korr. esetén.

Akimov (1) a f. a. korr. mérőszámának megválasztásánál alkalmazott módszereket két csoportba osztja:

a) Mikor állandóan azonos terhelés mellett végezzük a mérést és a próbatest széteséséhez szükséges időt tekintjük változónak.

b) Mikor az idő állandó és a feszültség változik. Vagyis különböző terhelésnek kitett próbatesteket azonos ideig teszünk ki korrózióknak és azt a feszültséget keressük, amely adott közegben, adott idő alatt éppen tönkretesz. Természetesen ez a második módszer sokkal több mérést kíván, de a gyakorlatban sokszor szükséges.

Lényegében ezt a módszert alkalmazza Logan és Hessing (3) »Threshold Stresses« néven. Ez a maximális feszültség, amelyet bizonyos anyag adott

ideig, adott korrózió közegben el tud viselni törés, repedés bekövetkezése nélkül. Arra vonatkozóan is megoszlanak a vélemények, hogy az első repedés megjelenésének vagy a teljes törés bekövetkezésének idejét tekintések élettartamnak.

Perryman és Hadden (6) kísérleteinél az élettartam, tehát az idő a függő változó. Ők úgy járnak el, hogy abban az időpontban, mikor a feszültség alatt tartott próbatesten a repedés, vagy törés bekövetkezett, tehát a kísérlet véget ért, kivesszik az egyidejűleg korrózióknak kitett feszültség nélküli próbát is és annak szakítószilárdságát mérik. Ebben az esetben a feszültség nélküli korrodált próbatest szakítószilárdsága és a feszültség alatti próbánál alkalmazott feszültség közötti különbség adja meg kg/mm^2 -ben a f. a. korr. által okozott szilárdság csökkenését.

Visszatérve a feszültség alatti korrózió fogalmára, Vosskübler (5) sokkal általánosabban fogja meg a kérdést. A szemcsehatármenti korr. három alfaját különbözteti meg:

Spannungskorrosion = feszültség alatti korrózió,
Zwischenkristallin korrosion = kristályok közötti korr.

Schichtkorrosion = Réteggkorrózió.

Fentiek a repedés irányában és sebességében különböznek.

Míg a f. a. korr.-nál kb. 0,01 mm/perc sebesség mérhető, addig a másik kettőnél a repedés átlagos terjedési sebessége 0,01 mm/nap. A réteggkorrózió tehát sebességében megfelel a kristályközinek, csak abban különbözik tőle, hogy egy adott irányban folyik le.

Ahhoz, hogy szorosabban véve feszültség alatti korróziós hasadások leljenek fel szerintem 3 feltételnek kell teljesítenie:

- a) megfelelő korróziós közeg jelenléte,
- b) az anyag mechanikai igénybevétele,
- c) az anyag feszültség alatti korr.-ra érzékeny állapotban legyen a korr. időtartama alatt.

Eddigi tapasztalatok szerint azok az ötvözetek érzékenyek különösen a f. a. korr.-ra, melyek szobahőmérsékleten túltelített elegykristályokból állnak, ezek túltelítettségük folytán mikroszkópos méretekben inhomogénné válnak, főképpen a szemcsehatárok mentén történő kiválások által. A túltelítettség növekedtével nő a f. a. korr. érzékenység.

Al-Mg ötvözeteknél például a kivált β fázis Al_3Mg_2 -ből áll, mely savakkal szemben igen érzékeny.

A f. a. korr.-ós folyamat alapja lényegében a szemcse és a szemcsehatár között fellépő helyi elem. Érzékenyek tehát azok az ötvözetek, ahol a kivált β fázis és a szemcse között nagy a potenciálkülönbség.

F. a. korr.-ra érzékeny Al-ötvözetek főleg a következők:

Al-Mg-Zn ötvözetek (6–10% Mg+Zn, min. Mn és egyéb)

Al-Mg ötvözetek (3–9% Mg-ig, min. Mn. és maximum 1% Zn tartalommal.)

Al-Cu-Mg ötvözetek (3–4,5% Cu és 1% Mg-Mn tartalommal.)

Közvetlenül a f. a. korr. alatt Vosskübler is a statikus feszültség és korr. egyidejű behatását érti. De megemlíti Wiederholt (RKV Veröffentlichung Nr. 117 Leipzig 1938 B. G. Teubner 10/11) meghatározását is, amelyet helytelennek tart. Wiederholt-

nál is, mint Perryman és Hadden (6) cikkében f. a. korr. a fellépő rongálódásnak feszültség alkalmazása esetén való felgyorsulása a közönséges, feszültség nélküli korrózióval szemben.

Franke (8) belső feszültségeknek a korróziós folyamatra gyakorolt hatását vizsgálja, tehát azzal foglalkozik, hogy milyen változásokat hoznak létre mechanikai, termikus és kémiai kezelések az anyag belső feszültségi állapotában és ennek következtében az anyag fizikai és kémiai viselkedésében, többek között a korr. érzékenységében.

A belső feszültséget létrehozó tényezők osztályozásánál Orowan (11) szempontjait veszi alapul. E belső feszültségek szerint f. a. korr.-t hozhatnak létre. A f. a. korr. fogalmának meghatározásában Franke-nál külső erő nem szerepel. »A f. a. korr. fellépte általában többé-kevésbé összefüggő olyan zóna jelenlétére vezethető vissza, amely a fémfelület többi részével szemben anodikusan viselkedik.«

A f. a. korr. fellépte R. B. Mears, R. H. Brown és E. H. Dix elmélete szerint függ:

a) olyan területek (pl. keskeny, többé-kevésbé megszakított övek) jelenlététől, amelyek a részleges korr.-ra hajlamos mutatókat (pl. szemcsehatárok).

b) Olyan irányú, nagy feszültségek jelenlététől, amelyek az anyagot ennek az övek vagy zónának irányában elszakítani igyekeznek.

Idézett szerzők szerzők szerint a f. a. korr. támadása történhet a szemcsék mentén és a szemcséken keresztül is. Menete a fémekeket körülvevő korr. közegtől függ. A jelenséget kísérő elektrokémiai folyamatok szemcsehatárok mentén történő kiválással járnak. A kivált fázis anódos, vagy katódos természetű a korr. közegtől függ. A már egyszer letelezett repedés az erősödő feszültségtől tovább terjed.

Fenti elméletet alkalmazza Franke később egyes ötvözetekre is, figyelemmel követeve a hidegmegmunkálás és egyes ötvözetek hatását, mindvégig a »Spannung-korrozion« kifejezést használva, anélkül, hogy külső feszültség alkalmazását feltételeznék.

A f. a. korr. ebben az értelmezésben elveszti dinamikai értelmét és kizárólag metallográfiai tényezők által meghatározott folyamattá válik.

A f. a. korr. fogalma, mint fentiekből látható, nem alakult még ki egyértelműen. Ennek folytán úgy a kísérleti módszerek, mint azok kiértékelése és gyakorlati alkalmazása terén igen különböző nézetek uralkodnak.

II. Feszültség alatti korrózió vizsgálatának kísérleti módszerei

A kísérleti módszerek csoportosíthatók aszerint, hogy 1. milyen módon adjuk meg a próbatestnek a feszültség létrehozásához szükséges mechanikai igénybevételt és 2. milyen korróziós közeget alkalmazunk.

1. Kísérleti módszerek csoportosítása az alkalmazott próbatestek és a terhelés módja szerint.

Stiller (12) és Vosskübler (5) az első szempontok alapján két csoportba osztja a használatos módszereket:

A) Állandó terhelés melletti korr.

B) Állandó deformáció melletti korr. További alcsoportok *Vosskübler* szerint:

A. a) Hebelprobe — terhelőkaros próba (1. ábra). A lemezekre merőlegesen elhelyezett fatartókra akasztjuk a súlyokat, ezek nagyságát és a karhosszt változtatva érjük el a különböző feszültség-értékeket. *Vosskübler* szerint az egész szerkezetnek folyadék alatt kell lenni.

b) Húzófeszültség alatt vizsgálat, rugós terheléssel (3. és 4. ábra).

B) csoport: c) Fatömbbe, amelybe két párhuzamos vajatot vágnak, helyezik el a hajlítót próbalemezt (5. ábra).

d) Hurokpróba. Plasztikusan alakított és rugalmasan összefeszített lemez. Feszültség a hurok csúcspontjában a legnagyobb (7. ábra).

c) Villapróba préselt és kovácsolt anyagoknál. Az anyagból kivágott U-alakú test két szára csavarral összeszorítva (8. ábra).

A módszerek összehasonlítása

Stiller (12) idézve *Brennernek* egy külön kiadványban megjelent cikkét az A)-módszer előnyéről a következőket hozza fel:

1. A f. a. korr.-ra jellemző törési forma kifogástalan kialakulása (teljes törés vagy a terhelhetőségnek teljes kimerülése látható alakváltozás által).

2. A feszültség pontos beállításának lehetősége megfelelő súly megválasztásával. Így az a lehetőség, hogy különböző rugalmassági modulusú és folyáshatárú lemezeket azonos körülmények között, azonos igénybevételnek tegyünk ki.

3. A kísérleti idő lerövidíthetősége vagy kisebb feszültségek alkalmazásának lehetősége.

4. Kísérleti feltételek minimális szórása.

Az állandó alakítás módszerénél ugyanis a próbatestben uralkodó feszültség sohasem jól definiált. *Stiller* (12) itt saját mérési tapasztalataira hivatkozva megállapítja, hogy a hurokpróbával 3% NaCl+0,1% H₂O₂-ben végzett vizsgálatainál Al-Zn-Mg ötvözetek esetében már négy nap után mikroszkóppal észlelhető felületi bomlások voltak, de 20 nap után sem lehetett szabad szemmel a próbák felületén repedést észlelni. Ezek alapján olyan módszert keres, amelynél a f. a. korr. által létrehozott szerkezeti változások könnyű megítélése lehetséges, egyszerű és gyors kísérlet útján. Az állandó feszültség módszerének tulajdonított előnyök ellenére is, valószínűleg az egyszerűbb kísérleti berendezés miatt, az állandó deformáció módszerének csoportjában keresi a megoldást.

A fenti (*Vosskübler*-féle) csoportosításban c)-vel jelzett módszert alkalmazza, ahol nála a maximális deformáció kb. 0,3%. A fatömböt a próbatestekkel lefeléfordítva helyezi el 3% NaCl+0,1% H₂O₂ tartalmú oldatban. A próbák kiértékelése 1/2, 1, 2, 3 és 4 napos kísérletek utáni szakítópróbatest kimunkálással és a $\sigma_{0,2}$, σ_B és δ_{10} értékeinek mérésével történik. Négy napos kísérlet után az első két adatban alig kapott változást, míg a nyúlás 11–23%-kal csökkent az anyag összetétele és előléte szerint különböző mértékben. Jobb értékelhetőség végett a σ_B és δ_{10} szorzatát használja, *Qualitätskoeffizient* néven összehasonlításul, amelyben 10,8–25% csök-

kenést tapasztalt. Más anyagnál 15% szilárdság-csökkenést és a két adat szorzatában 41% csökkenést, tehát jól mérhető értékeket kapott négy nap alatt. Ezeket az eredményeket azonos oldatban végzett keverőkorrosziós kísérletekkel összehasonlítva, jól egyező eredményeket kapott. (A kísérleteket a hengerlés irányában és arra merőlegesen kivágott próbatestekkel egyaránt elvégezte, lényeges eltérés nem volt tapasztalható.)

Vosskübler (5) is jobbnak tartja az állandó terhelés módszerét, mert következtetni lehet általa az élettartamnak a terheléstől való függésére. Pontos méréseknél, mint a pH vagy a hőmérséklet hatásának vizsgálata alkalmasabb ez az eljárás, de sorozatmérésekre mégsem tartja ajánlatosnak, mert minden egyes próbatest elhelyezése pontos és körülményes berendezést kíván.

A B)-módszernél, azonos deformáció esetén az anyag rugalmasságától függ a feszültség. Hátránya még, hogy a feszültség az időben csökken és így a folyamat előrehaladtával csökken a törés veszélye is. A kísérleti feltételek tehát egyre enyhülnek. Előfordulhat, hogy kis repedések fellépte után és ellenére a korr. folyamat szinte leáll és a törés végül egyáltalán nem következik be.

Érdekes itt utalni *Althoff* (13) kísérleteire, aki villapróbákat végzett (Fliegwerkstoff 5425)Al-Zn-Mg ötvözetekben 70 fokos mesterséges tengervízben és 37 napnál egy határértéket tapasztalt. Azok a próbatestek, amelyek ezt az időtartamot túlélték, egyáltalán nem szakadtak, illetve törtek el. *Althoff* ezt a jelenséget a meleg következtében beálló regenerálódásnak tulajdonítja, amely folyamat a hőmérséklet emelésével gyorsul. (*Althoff*, Z. Metallkunde 38, 1947., Metallforschung 2, 1947. 365–383, — W. *Bunghardt*, Z. Metallkunde 39, 1948. 247–253.)

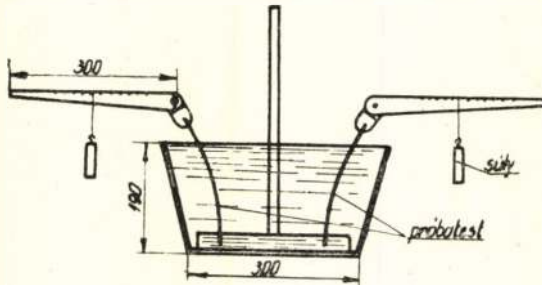
Vosskübler értékelésére visszatérve: Az A) módszer hátrányául hozza fel, hogy bár a kiinduló feszültség jól definiált, a korrosziós folyamat közben csökken a keresztmetszet és így a fajlagos, vagyis egységnyi keresztmetszetre eső feszültség megnő, tehát azonos terhelés esetén is nő a deformáció foka és a törés veszélye is. *Brenner* (Z. Metallkunde 30/1938/HV. 23. 9.) végzett ilyen irányú összehasonlító méréseket.

Tapasztalataik szerint f. a. korr.-ra érzékeny lemezeknél (Hy 9, 24 órás 100 fokos hőkezelés után) nincs lényeges eltérés A) és B) módszer között a korrosziós élettartam tekintetében. Mert a törés bekövetkezik, mielőtt még a jellemző változások: A)-nál a deformáció, B)-nél a feszültség mértékében megtörténtek volna. De pl. Hy 18-nál, hurokpróba esetén, amely 24 órai 100 fokos hőkezelés után is több 100 napos élettartammal bír, míg húzóigénybevételnél 28 kg/mm² terheléssel élettartama 100–200 órára csökken.

Megoszlanak a vélemények arra nézve is, hogy a f. a. korr. felléptéhez szükséges-e plasztikus deformáció vagy elegendő a rugalmas alakváltozás. A szerzők többségének tapasztalata szerint Al-ötvözeteknél a rugalmas alakváltozás elegendő. Ezen belül azonban egyesek határokat keresnek, amelynél a f. a. korr. érzékenység megindul. *Wassermann* (Jb. Dtsch. Luftf. Forsch. 1942. I. 717, 22) szerint 7 kg/mm² terhelés alatt nem észlelhető f. a. korr.

A) Állandó terhelés mellett végzett mérések.

a) Hebelprobe (l. 1. ábra), terhelőkaros próba alkalmazásával találkozunk *Brenner és Roth* (2) cikkében 10–15 kg/mm² terheléssel. A módszer részletes leírására vonatkozólag a szerzők korábbi cikkére utal (*Metallwirtschaft* 1937. 16, 1295). A módszer igen alkalmasnak tartja szállítás előtt az anyagok korrózióállóságának ellenőrzésére. Más módszerekkel jól egyező eredményeket kapott. Ugyancsak fenti szerzők alkalmaztak egy másik, ebbe a csoportba sorolható módszert; a lemez két végére merőlegesen egy-egy kart szereltek, a karok szabad végét összeerősítették és súllyal terheltek meg. A számított feszültség 30 kg/mm².



1. ábra. Brenner-féle berendezés feszültség alatti korróziós vizsgálatra, statikus terhelés mellett

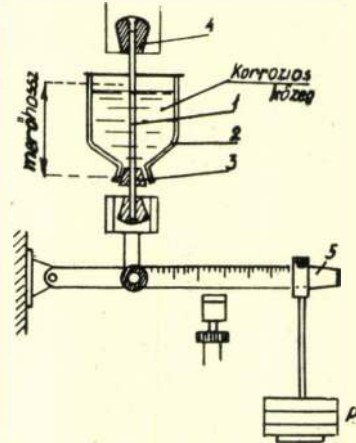
b) Húzófeszültség alatti vizsgálatot alkalmazta *Althoff* (13). Előre kimunkált szakítópróbatestet gumidugóval ellátott üvegedényben (FeCl₃ oldattal töltve) helyezett el és úgy szakította. Merte σ_B , $\sigma_{0.2}$ és δ_{10} csökkenését ugyanezen próbatestek levegőben történt szakításánál kapott értékekkel szemben. (0,8% Mg, 0,31% Mn és 0,27% Fe tartalmú Al-ötvözet). Különösen a nyúláscsökkenés volt jelentős, mintegy 50%-os. De kivizsgálandónak tartja még ezzel a módszerrel kapcsolatban:

1. A szakítás sebességének hatását,
2. A próbatest vastagságának hatását,
3. A próbatest hosszának hatását,
4. A hőmérséklet hatását.

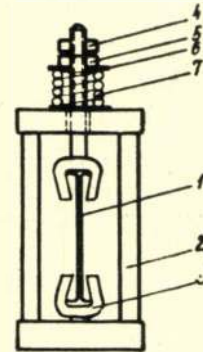
Ugyancsak a húzófeszültség módszerét alkalmazták *Logan és Hessing* (3) speciális nagy berendezésben. (Ennek részletes leírása: *J. Research NBS* 41 (1948) R. P. 1905). A készülékre automatikus számlálóberendezés van szerelve, mely a beerősítéstől az egyes próbatestek szakadásáig eltelt időt jelzi, illetőleg méri. Ez a készülék tengeri atmoszférában való mérésekre készült. Másik készülékük üvegedényeket tartalmaz, amelyeken keresztül vannak húzva a felül és alul megerősített próbatestek és melyekbe alulról, komprimált levegővel óránként négyszer 1–1 percre korróziós oldatot nyomnak. Mindkét esetben a próbatestek már előre szakítópróbatestnek vannak kimunkálva.

Akimov (1) könyvében húzófeszültség vizsgálatára alkalmas két készülék ismertetését találjuk. Egyik esetben (2. ábra) a próbatesteket egyenként gumidugó-tömítés segítségével speciális alakú, kifűrt üvegedényben helyezik el. A próbatest felül rögzítve van, alul pedig egy terhelőkarhoz csatlakozik, amelyen változtatható karhosszal súlyokat lehet elhelyezni. A próbatesten a mérőhosszt úgy

kell kimunkálni, hogy annak határai a folyadékfelszín alá, illetve az alsó rögzítés fölé essenek. A készülék megfelelő módosítással alkalmas arra, hogy különböző gázokat vezessünk bele korróziós közegként. Másik készülék (3. ábra) tömeges vizsgálatra is alkalmas. A feszültséget csavarmenettel hozza létre és nagyságát melléje szerelhető extenzométerrel méri, melyet természetesen a korróziós közegbe való behelyezés előtt el kell távolítani. A próbatestnek a befogó szerkezettel érintkező részeit lakkal szigeteli.



2. ábra. Akimov-féle szerkezet feszültség alatti korrózió mérésére
1. Próbatétel. — 2. Edény. — 3. Gumi, vagy parafadugó. — 4. Befogó fej. — 5. Terhelő kar



3. ábra. Feszültség alatti korróziós vizsgálat, csavarral történő terheléssel 1. Próbatétel. — 2. Állvány. — 3. Befogófej. — 4. Biztosítócsavar. — 5. Terhelő csavar. — 6. Lemez. — 7. Rugó.

Perrymann és Hadden (6) kísérleteikben (4. ábra) előzetesen kalibrált acélrugó adja a feszültséget. (A rugót, valamint a kimunkált próbatestet a mérőhossz kihagyásával kromátozott lanolin oldattal festették be korrózióvédelem szempontjából.)

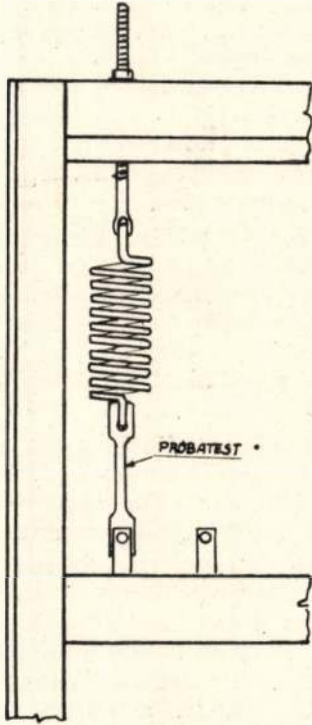
B) Állandó deformáció mellett végzett mérések.

c) Fatömbbe vágott két vátatba beillesztett, meghajlított próbatestek sorozata (5. ábra). Foglalkozott vele, mint fentebb említettem, *Stiller* (12), valamint *Brenner* (*Z. Metallkunde* 24/1932/145, 51) és *Luftf.* *Forschg.* 12/1935/107, 15.)

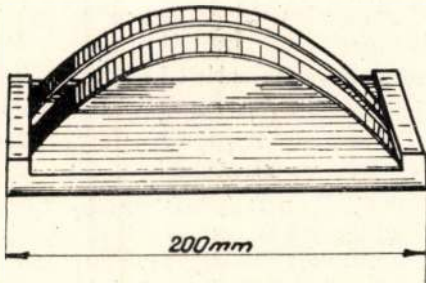
Akimov (1) is megemlíti ezt a módszert, de az általa említett szerkezetben a próbatestek fatömb helyett ebonit vagy acél kapsokban egyenként helyezkednek el. *Akimov* megjegyzi, hogy itt a felépő feszültség csak megközelítőleg számítható. A

módszer csak összehasonlításra alkalmas. Ismertet ezzel szemben egy másik hajlító módszert, ahol a feszültség számítható (6. ábra).

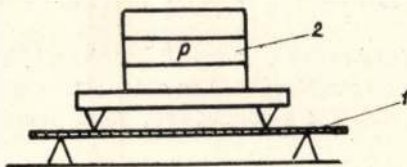
Ennek alkalmazását látjuk *Perryman* és *Hadden* (6) kísérletsorozatában is. Előnye, a szerzők szerint, hogy a két belső támaszpont között konstans a hajlítási momentum: így, ha a keresztmetszet



4. ábra. Feszültség alatti korróziós vizsgálat rugós terheléssel



5. ábra. Feszültség alatti korróziós vizsgálat állandó deformáció módszerével

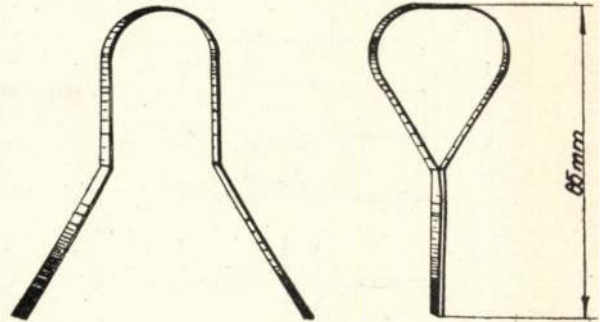


6. ábra. Sorozatmérésekre alkalmas berendezés
1. Próbatesszt. — 2. Súly

állandó, akkor a feszültség is állandó. Szokásosnál valamivel hosszabb szakító próbatessztet használnak, melyek a mérőhossz kivételével kromátos lanolinna vannak befestve. A fellépő feszültséget a szokásos hajlítási képletekkel számolták.

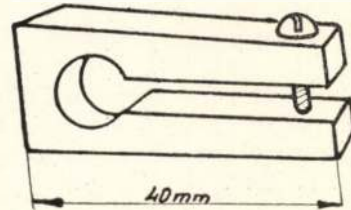
d) Hurokpróba (7. ábra). Fentiekben részletezett sok hibája ellenére talán a legelterjedtebb vizsgálati módszer. Foglalkoztak vele: *K. Matthaes* (Jb. Lienthalges. Luftf. Forschg.) 1936/404—30), *O. Scha-*

ber: (Z. Metallkde, 32/1940/210—6.), aki röntgenográfiai vizsgálatoknak vetette alá a hurokpróbát. A kapott feszültségértékek általában az arányossági határ közelében, de néha a szakító szilárdság közelében mozogtak. Tapasztalat szerint ennél a próbánál a feszültség igen gyorsan esik. Az első 10 nap alatt kb. a felére csökken.



7. ábra. Hurokpróba

Találkoztunk a hurokpróba módszerével *Althoff*nál (13), aki nem tartja kielégítő módszernek *Brenner* és *Rothen*ál (2), akik tengervízben és laboratóriumban (3% NaCl) használva fel a hurokpróbát, egyező eredményeket kaptak az a) alatt említett, általuk alkalmazott hajlítási módszerrel. Viszont ugyanazon anyagnál a szokványos terhelőkaros módszert alkalmazva 3% NaCl+1% HCl-ben sokkal rövidebb élettartamokat észleltek. Az idők viszont itt is a fenti három módszerrel arányosak. Hurokpróbát használnak 3% NaCl oldatba való váltakozó és folyamatos bemeztetésre, *Perryman* és *Hadden* (6), valamint *Gilbert* és *Hadden*. A módszert ezek a szerzők megbízhatónak tartották.



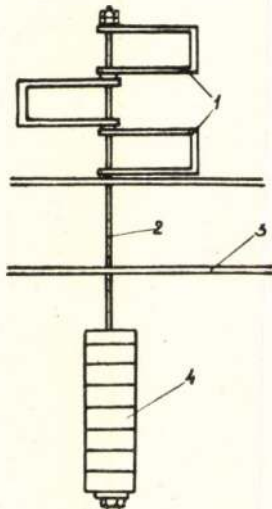
8. ábra. Villapróba

e) A villapróba (8. ábra) segítségével próbált *Althoff* (13) gyors módszert kidolgozni 70 és 100 fokok mesterséges tengervízben végzett, részint folyamatos, részint váltakozó bemeztetéses kísérleteivel. De eredményei sokszor ellentmondóak voltak, így maga is jobb módszert keresett. Természetesen préselt és kovácsolt anyagoknál, vagy ha bármely okból a lemez-hengerlés elkerülendő, ez a módszer nélkülözhetetlen. Különösen alkalmas arra, hogy pl. a préselt darabból különböző irányban villa-próbatessztet kivágva, figyelemmel kísérjük a korr. érzékenység változását az iránnyal. *Akimov*nál (1) egyszerű berendezés vázlatát láthatjuk (9. ábra), mely villa-próbatessztetekkel való sorozatmérésekre alkalmas.

Itt kell még megemlítenem, egy ezektől teljesen eltérő eljárást. *Jaquet* és *Weil* (4) a hidegen alakított rézötvezetéknel régen bevált higanyos eljárást igyekeznek Al-Mg ötvözetek f. a. korr. érzékenységének

megállapítására alkalmazni. Tizenkét perctől legfeljebb néhány óráig tartó, tehát gyors kísérlet ez, amelynél a megfelelően előkezelt próbatestet higany-sóoldatba mártják.

Párhuzamos röntgenvizsgálatokkal megállapították, hogy a higanyos kísérlet nem tekinthető gyorsított f. a. korr. érzékenység-vizsgálatnak. Bár a



9. ábra. Sorozatmérésekre alkalmas berendezés villapróbatestekkel
1. Próbatest. — 2. Rúd. — 3. Állványzat. — 4. Súly

létrejött repedések mindkét esetben a szemcsehatár mentén terjednek; a higanyos okozta korrózió mégis tisztán kémiai folyamat és gyorsabb, mint az elektrokémiai jellegű f. a. korr. A f. a. korr. a szemcsehatáron való új fázis kiválásával magyarázható (1. fentebb) és így a kémiai heterogenitás erősen befolyásolja, megváltoztatva a kivált fázis összetételét is és így a szemcse és szemcsehatár közti potenciálkülönbséget. Míg a higanyos okozta repedés független a kémiai összetételtől, viszont a kristályszerkezet egyenlenségei annál jobban befolyásolják.

A higanyos eljárás tehát hozzásegít a fém mikrostruktúrájának megismeréséhez, de nem alkalmas közvetlenül f. a. korr. vizsgálatra.

2. A feszültség alatti korróziós vizsgálatoknál alkalmazott oldatok és egyéb kísérleti körülmények csoportosítása.

A) A kísérleti körülmények tekintetében megkülönböztethetjük az alábbi megoldásokat:

a) Tartós, folytatólagos bemerítés valamely korr.-ós közegbe.

b) Váltakozó bemerítés (általában 5–10 perces időtartamra, utána 25–50 perces száradás). Ez adja a legrövidebb élettartamot. Annál erősebb a hatása, mennél többszöri a bemerítés, de úgy, hogy éppen meg tudjon száradni a próbatest két bemerítés között. (Optimális óránként kétszer.)

c) Különböző oldatokkal történő permetezés. Többnyire mesterséges tengervízzel vagy csak egyszerűen 3%-os NaCl oldattal.

d) Különböző atmoszférákban való vizsgálatok.

B) A korróziós közeg tekintetében az alábbiakkal találkozunk:

a) 3%-os NaCl-oldat. Ezt használja *Brenner* és *Roth* (2), valamint *Perryman* és *Hadden* (6) kísér-

leteikben. Utóbbiak részint permet alakjában alkalmazták, részint váltakozó bemerítéssel. A permetes eljárást nyitott ajtóknál, fűtetlen helyiségben végezték, mely éppen csak az esőtől volt védve, de a külső nedvességtartalom-változását megérezte. (Napjában csak kétszer permetezték.) Száraz időben kevesebb törést észleltek, mint nedvesben. De a törések száma akkor volt maximális, mikor nagy nedvességtartalom után száraz időjárás következett be. Az ezekből származó szórások elkerülésére minden észleléshez öt azonosan terhelt próbatestet használtak; ezek terhelését úgy választották meg, hogy a korr. időtartama elég hosszú legyen ahhoz, hogy mindenfajta időjárásnak ki legyen téve.

b) 3% NaCl+1% HCl-t alkalmaztak korróziós közegként többek között *Brenner* és *Roth* (2) 9% Mg tartalmú Al-ötvezetéknel; ezek élettartama f. a. korr.-ra érzékeny állapotban 1–2 napos volt. A kísérlet gyors volta mellett más módszerekkel és a gyakorlati felhasználásban tapasztalt eredményekkel jól egyező értékeket adott.

c) 3% NaCl+0,1% H₂O₂ egyike a leggyakrabban használt korr.-ós oldatoknak. A legtöbb szerző kísérletezett vele különösen egyéb eljárások, pl. keverőkorrózióval való összehasonlítás alkalmával.

d) Mesterséges tengervíz használta *Althoff* (13) fentebb már részletezett kísérleteiben 70° C-on állandó bemerítés mellett és 100° C-on váltakozó bemerítéssel. Mindkettőnél jellegzetes határértékeket tapasztalt, amelyek természetesen nem az alkalmazott oldatra, hanem a hurok-, illetve villapróbára és részben az alkalmazott hőmérsékletre jellemzőek.

e) Természetes tengervízben végeztek kísérleteket *Brenner* és *Roth* (2), míg *Logan* és *Hessing* (3) tengeri atmoszférának tették ki próbatestjeiket.

f) Utóbbi két szerző (3) alkalmazott még 3,5% NaCl+2% K₂CrO₄ oldatot folyamatos és váltakozó bemerítéses kísérletekben.

Eredményeik más módszerekkel nem egyező értékeket adtak, sőt egyes esetekben nem tapasztaltak f. a. korr.-t, csak pittingeket. Ez érthető, ha megfontoljuk, hogy K₂CrO₄ inhibitorként szerepel.

Megismételve a kísérleteket 0,01% NaCl, valamint 0,01% NaHCO₃ oldattal igen jó eredményeket kaptak.

g) FeCl₃ oldatot használta húzófeszültség alatti vizsgálataihoz *Althoff* (13) és ezzel a módszerrel igen jól tudta követni a mechanikai tulajdonságok változását.

Az oldatok és egyéb kísérleti körülmények megválasztásánál irányadó szempont, hogy gyors, összehasonlító módszert keresünk pl. felpárhuzamosított korrózióellenállóságának ellenőrzésére, vagy tudományos kísérletsorozattal akarjuk a f. a. korr. változását figyelemmel kísérni pl. az alkalmazott hőkezelés vagy a közeg pH-jának függvényében.

A szakirodalomban található kísérleti adatok és azok értékelése, valamint az elméleti megfontolások egyaránt arra mutatnak, hogy az eddig ismert és használt vizsgálati módszerek egyike sem képes egyértelmű képet adni valamely anyag f. a. korr. érzé-

kenységéről. Az állandó deformáció módszerénél a feszültség legtöbb esetben már kezdetben sem jól definiált, de ahol a kezdeti állapotra számítható, ott is csökken a korrózió előrehaladtával. Az állandó terhelés módszerénél a kezdeti feszültség jól definiálható, de a keresztmetszet fokozatos csökkenése folytán az egységnyi keresztmetszetre eső feszültség egyre nő. Így a két módszer annál eltérőbb eredményeket ad, mennél hosszabb időtartamú a kísérlet.

Megbízható eredményt csak úgy kaphatunk, ha több módszert alkalmazunk párhuzamosan és vizsgálatainkat mikroszkópiai felvételekkel egészítjük ki, figyelemmel kísérve ily módon az interkristallin korrózió folyamatát.

IRODALOM

1. G. B. Akimov: Teoria metodi izsledovanija korrozioi metalloy, Moszkva 1945. (A fémek korróziójának elméleti és kutatási módszerei.)
2. P. Brenner és W. Roth: Recent Developments in Corrosion Resistant Aluminium-Magnesium Alloys: Journal of the Institute of Metals, Vol. 74. Part 4. 1947.
3. H. L. Logan és H. Hessing: Stress Corrosion of Wrought Magnesium-base Alloys: J. of Research of the National Bureau of Standards, Vol. 44. 233—243. 1950. márc.
4. P. A. Jaquet és A. R. Weil: Sur la fissuration d'un alliage Al-Mg au contact du Mercure: Revue de l'Aluminium 172. 1950. dec. 442. és 1951. jan. 4—10.
5. H. Vosskübler: Erscheinung und Deutung der Spannungskorrosion bei Aluminium-Knetlegierungen: Werkstoffe und Korrosion I. évf. 1950. ápr. 143—153., máj. 179—184, aug. 310—320, szept. 357—366.
6. E. C. W. Perryman és S. E. Hadden: Stress-corrosion of Aluminium 7% Magnesium Alloy: Journal of the Institute of Metals, 1950. máj. 207—235.
7. P. T. Gilbert és S. E. Hadden: Theory of the Mechanism of Stress Corrosion in Aluminium—7% Magnesium Alloy. The Journal of the Institute of Metals. 1950. máj. 1250. sz. cikk. 237—261.
8. E. Franke: Der Einfluss innerer Spannungen auf den Korrosionsvorgang: Werkstoffe und Korrosion: I. évf. 10. (1950.) 404—412.
9. Gerhard Derge: Relation between Cristal Structure and Corrosion: Transaction of the Electrochemical Society 75. 1939. 449—462.
10. A. I. Golubjev: Aluminium ötvözetek interkristallin korróziója. II. Al-Mg-Zn-ötvözetek. Zhur. Fiz. Khim. 1116—20 (1949).
11. E. Orowan: Classification and Nomenclature of Internal Stresses: Symposium in Internal Stresses of Metals and Alloys. Inst. of Metals 1947. 291.
12. H. Stiller: Beitrag zur Spannungskorrosion von Blechhalbzeugen einer Al-Zn-Mg-Legierung im Vergleich zu Al-Cu-Mg Legierungen: Aluminium 5. évf. 6. 1943. Jun. 240—246.
13. Althoff: Kurzprüfung der Spannungskorrosion: Metall 4. évf. 1950. júl. 13/14. sz. 267—273.

A vegyi csiszolás és fényesítés alkalmazása metallográfiai vizsgálatoknál

Dr. VARGHA GYÖRGY

Применение химической полировки и шлифовки при металлографических испытаниях.

Автор: Дьердь Варга

После обдирочной шлифовки образцы обрабатываются в шлифовочной ванне, а в случае требования закаливаются в растворе келлера. Метод можно применять и в случае литых материалов, и различных алюминиевых сплавов.

Chemical Polishing in Metallographical Praxis.

By Dr. G. Vargha.

After mechanical grinding the aluminium specimens are treated in a chemical polishing bath and if necessary etched warm in Keller's etch. The macrostructure as of cast specimens as well as of alloys containing copper and silicon are ready revealed.

Die Anwendung des chemischen Schleifpolieren in der Metallographie.

Von Dr. Ing. G. Vargha.

Nach mechanischem Schleifen werden die Aluminium Probestücke in einem chemischem Schleifbad behandelt und nötigenfalls in warmer Keller'schen Ätzlösung geätzt. Die Makrostruktur wird sowohl bei gegossenen als auch bei kupfer- und siliziumhaltigen Legierungen gut entwickelt.

Az Alumínium és Könnyűfémipari Kutató Intézet 1950. évi eredményei között szerepel az alumínium vegyi csiszolásának és fényesítésének kidolgozása és az eljárásnak ismertetése az ipar és

a tudományos élet képviselői előtt. Amilyen nagy jelentőségű ez az eljárás az ipar vonalán — a munka megkönnyítése, ezáltal a termelékenység fokozása és a dolgozók egészségének kímélése és védelme szempontjából — éppen olyan jelentősége van a tisztán tudományos kutató munka módszereinek továbbfejlesztése tekintetében is.

Közismert dolog, hogy az alumínium és általában az összes könnyűfémötvözetek előkészítése metallográfiai vizsgálatra: a próbatestek csiszolása és fényesítése egyaránt kényes, nehézkes és időrabló művelet.

A csiszolás, amely látszólag könnyen és gyorsan elvégezhető, ha nem a kellő gonddal és érzékkel történik, a »reticulage«-nak nevezett és nemcsak mikroszkópi, hanem gyakran makro-vizsgálatoknál is észlelhető zavaró jelenség mutatkozik. Ezek a »hálózatszerű« fehéren csillogó párhuzamosan és a csiszolási irányoknak megfelelően egymásra merőlegesen futó vonalak a tárgynak a csiszoló vászonra történő erős nyomása következtében keletkeznek és a terrácsszerkezetnek nagymérvű és mélyreható — gyakran 10-ed mm-ekre terjedő deformációjára vezethetők vissza.

Természetszerűleg ezek a mikro- és makrofelvételek szépségét erősen lerontják, zavaróan hat-

nak, nem szólva arról, hogy végeredményben az eredeti szerkezetnek megmunkálás okozta eltorzítását jelentik.

Kíméletes munka, könnyű nyomású vezetése a próbatestnek a csiszolóvásznon, kenés parafinnal, petróleumban oldott parafinnal stb. azok a módok, amelyekkel ezt a hibát el lehet kerülni. A metallográfiai vizsgálatra való további előkészítés, a polírozás vagy dr. Verő József helyesebb és magyaros szóhasználata szerint a fényesítés ugyancsak kényes munka. Viszonylag lágy anyagoknál a sikert a megfelelő gyakorlat és a kellő tapasztalat a fényesítéshez használt textilanyagok megválasztásában és a fényesítő anyagok: Al_2O_3 , MgO , ill. Fe_2O_3 kellő és helyes előkészítésénél és alkalmazásánál biztosítja. Mindezekre vonatkozóan a szakirodalomból számos előírás és utasítás ismeretes, azonban ismételtén rá kell mutatni arra, hogy a siker végeredményben mégis a próbatesteket előkészítő ügyességétől függ. A mikroszkópi vizsgálatokra szánt darabok tökéletesen karcmentes előkészítésénél nagy könnyebbé válik elektrolitos fényesítés alkalmazása. Fokozott hátrány azonban ennek az eljárásnak ötvözött anyagoknál az ötvöző alkatrészekre gyakorolt különböző mérvű elektrolitos oldó, maró hatása, aminek következtében egyes anyagoknál már néhány másodperces kezelés elég arra, hogy egyes fázisok kimaródjának és helyükön kráterek, legömbölyített szélű kimaródások keletkezzenek.

Ennél az eljárásnál is az előírások és elektrolit összetételek számos változata ismeretes a szakirodalomban, amelyek, megválasztása és alkalmazása azonban bizonyos kritikai készséget és megfelelő gyakorlati tapasztalatot követel meg.

Az elektrolitosan fényesíthető felületek nagysága a laboratóriumi méretű berendezésekben általában legfeljebb néhány cm^2 , gyakran azonban csak mm^2 -re terjed.

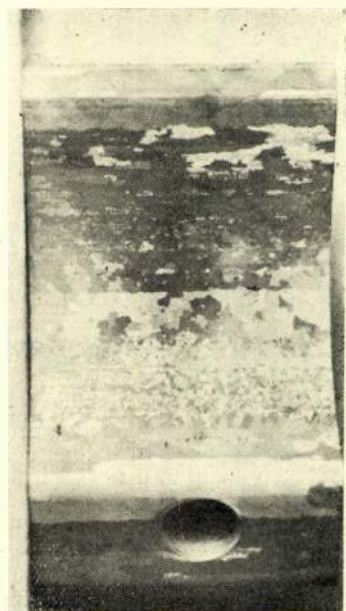
Ez az utóbbi korlátozás az, aminek következtében az Alumíniumkutató Intézet munkaprogramja eredményes teljesítése céljából a fent röviden összefoglalt eljárások helyett más utat is kellett keresni. Az argon-ívhegesztés és az alumínium szegeccseléssel összefüggő kutatási tervek keresztülvitele során számos, viszonylag nagyméretű próbadarab makroszkópi vizsgálatára volt szükség, részben azért is, hogy az egyes kísérleti fázisok eredményeit megfelelően rögzítve, azok a továbbiakra nézve dokumentációként szolgálhassanak.

Ezeknek a vizsgálati daraboknak felülete a metallografiában általában szokásos méreteket messze meghaladta, és a cél érdekében azoknak feles mérettől, ötszörös nagyításig való fényképezése volt szükséges. Ezek között a határok között fekvő nagyítások általában elegendők arra, hogy a felvételek alapján a hegesztés okozta hőhatásról, kilágulásról, átmeneti zónák áthelyezkedéséről és kialakulásáról, ill. a szegeccselésnél és szegeccskötéseknél ezenkívül a mechanikai hatásokról is jó áttekintést adjanak. Lényegében az ilyen felvételeket makro-felvételek helyett, melyek általában inkább a tíz-ötveneszeres nagyításokig terjednek, »áttekintő« felvételeknek nevezhetjük.

Az ílymódon vizsgálandó tárgyak előkészítése bár itt nem elsősorú követelmény a mikroszkópi finomságú karcok eltávolítása — újabb nehézséget jelent, minthogy az egész nagy felületnek síknak kell lennie és ami még fontosabb, az éleknek sem szabad legömbölyítve lenniük. Gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a látszólag egyszerű követelmények megvalósítása is elég nehéz és időtrábló feladat. A nagy felületeket nehéz volt a szükséges mértékben karcmentessé tenni és egyidejűleg az élek legömbölyítését elkerülni.

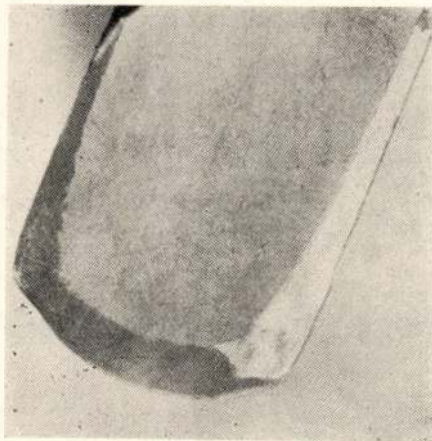
Új megoldást kellett tehát keresni a fenti feltetelek kielégítése céljából. A múlt évben eredményesen megoldott vegyi csiszolás látszott olyan eljárásnak, mely alkalmas a finom karcok eltávolítására, anélkül, hogy az éleket legömbölyítsen és azonkívül aránylag gyorsan elvégezhető. Az eljárás néhány vizsgálatnál került kísérletképpen alkalmazásra. Az első a MÁVAG által szakvéleményre beküldött kisajtott, nagykeresztmetszetű rúdvizsgálata volt,¹ a másik pedig az argon-ívben hegesztett, különböző vastagságú alumíniumlemezek hegesztési varratai és azok környékének vizsgálata², végül pedig az alumínium szegeccsekkel kapcsolatban vezetett jó eredményre a módszer³.

A következő összetételű vegyi csiszoló oldatban kezelve ezeket a próbatesteket az eredmény váratlanul jó volt. A mechanikusan gondosan előcsiszolt darabok 3—5 percig voltak a 250 cm^3 86%-os ortofoszforsav, 100 cm^3 konc. kénsav és 2,5 gr. cinkszulfátból álló, 85—90 C° hőfokú fürdőben. Kiemelve onnan és hideg vízszugárban, majd azt követően hő forróvízben lemosva majdnem kivétel nélkül selymesen finom, ezüstösen csillogó felületet mutattak, amelyről eltűntek az utolsó szabad szemmel, illetve kb. ötszörös nagyításnál még látható karcok és ami a vizsgálat szempontjából a leglényegesebb, volt a legtöbb esetben szépen kifejlesztett makrostruktúra vált láthatóvá. Az 1 a) ábra



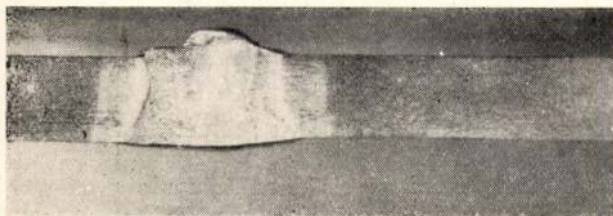
1. a) ábra. Sajtott alumíniumrúd felületének makrostruktúrája. Vegyi csiszolás után konc. Keller-féle marószerezrel maratva 2-szeres nagyítás.

mutatja a sajtolt rúdból levágott darab kétszeresen nagyított képét. A makrostruktúra a felületen kitűnően látszik, a kristályok alakja az alakításnak megfelelően hosszan elnyúlt. A sajtolt rudakon a gyártás további folyamán, az eloxálásnál a felület erősen márványos volt, ennek okát is lehetett adni, mert amint az 1 b) felvétel mutatja, a rúd felületén változó, mintegy 1–1.5 mm vastagságú, a belső szerkezettől elütő durvaszemcsés héj helyezkedik el, amelynek felületét mutatja az 1 a) ábra.



1. b) ábra. Az előző ábrákon bemutatott sajtolt rúd keresztmetszete. 5-szörös nagyítás.

A 2. és 3. ábrákon bemutatott hegesztési varratok és azok környéke ugyancsak a fenti fürdőben azonos körülmények között való kezeléssel vált láthatóvá, a varrat körül jól látható egy ú. n. átmeneti, ezt követően egy kilágyult szakasz és végül a varrattól bizonyos távolságban az eredeti állapotában maradó lemezanyag. Az eljárással kapcsolatban azonban felmerült egy nehézség, ugyanaz ami már a vegyi csiszolás és fényesítés gyakorlati bevezetése során ipari körök részéről is elhangzott, mint jogos kritika, hogy míg az eljárás tiszta, tehát 99%-os vagy még tisztább, általában ötvözetlennek nevezhető alumínium anyagok, továbbá a hidronárium és antikorródál típusú ötvözeteknél lényegében tökéletes eredményt adott, a durál, tehát rézzel ötvözött, vagy a silumin, azaz szilíciummal ötvözött és végül az ismeretlen származású »szennyezett« alumínium tárgyak a csiszoló, ill. a fényesítő fürdőben kezelve megfeketedtek. Ez a fekete lepedék bizonyos körülmények között erős vizsugárral lemosható, ill. vattapamaccsal ledörgölhető, esetleg különböző töménységű salétromsav oldattal leoldható volt. Az így kezelt felület azonban távolról

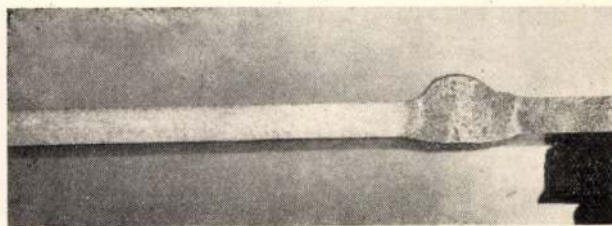


2. ábra. Durál lemez, szilíciummal ötvözött hegesztőpálcával argon-ívben hegesztve, 2-szeres nagyítás.

sem volt kielégítő és nagyon elütött az egyébként elért ezüstösen selymes felülettől. Egyes esetekben azonban, nyilván az ötvöző réz, vagy szilícium mennyisége szerint nem is lehetett a lepedéket eltávolítani, a salétromsavval való hosszabb ideig tartó kezelés pedig kivétel nélkül tönkretette a csiszolás eredményét. Az előbb vázolt áttekintő- vagy makrovizsgálatok céljára, tehát meg kellett kísérlni a vegyi csiszolás olyan megoldását, ill. kiegészítését, amely az eljárást — legalábbis laboratóriumi használat szempontjából — egyetemesen alkalmazhatóvá teszi. Tehát öntött szerkezetű anyagok csiszolására is és mindenfajta alumínium-ötvözet előkészítésére egyaránt. Eléggé kézenfekvőnek látszott a réz, vagy szilíciumban dús fekete lepedéknek a próbatestek felületéről valamilyen nagyon gyors marószerezrel való eltávolítása. A makrostruktúra kifejlesztésére általánosan ismert Keller-féle marószerez konc. fajtájával (25% HNO_3 + 15% HCl + 10% HF + 50% H_2O) végzett néhány kísérlet után megállapítható volt, hogy a csiszolóoldatból kiemelt és fekete lepedéssel borított anyagot melegen (kb. 70–90 $^\circ\text{C}$), amit forró vízbe való merítéssel lehetett kényelmesen elérni) másodpercekre bemártva a Keller-féle marószerezbe, arról a fekete lepedék pelyhekhez hasonló alakban leválik, anélkül azonban, hogy az ezután hirtelen erős vizsugárral leöblített vagy vattacsomóval letörölt felületet megtámadná. Így a



3. ábra. Ötvözetlen alumínium lemezcsomó durál-szegeccsel szegecselve. 1–1.5-szörös nagyítás.



3. ábra. Hidronárium-lemez saját anyagú pálcával argon-ívben hegesztve, 2-szeres nagyítás.

próbadarab ezüstösen selymes felületű lesz és amennyiben megfelelő szemcsenagyságú, úgy polikristallin szerkezete élénk kontrasztot mutatva láthatóvá válik.

A 4. ábra duralumínium szegeccsel szegecselt, ötvözetlen alumíniumlemezekből álló lemezcsomón keresztül készített metszet képét mutatja. A szegecseléshez felhevített szegeccsen jól látható egyrészt a magas hőfokon beálló rekristallizáció okozta szemcsedurvulás, másrészt pedig a szegecselés előhatásának következtében kialakult folyási vonalak.

Összefoglalva az eredményeket megállapítható, hogy a hosszadalmas és gyakran nem kielégítő vagy semmiféle eredményt nem adó makromaratás és azt megelőző időtrabló és kényes előkészítés helyett a gondos — tehát az éleket sértetlenül megőrző — de egyszerűbb és gyorsabb előcsiszolás után a vegyicsiszolást alkalmazva a makroszerkezet kifejlesztésére új módszer áll rendelkezésre. A módszer az

előbbieken leírt kiegészítéssel — gyors és hatásos maratással —, mind öntött szerkezetek, mind pedig mindenféle alumíniumötvözet vizsgálatánál eredményesen alkalmazható.

További — részben már ipari vagy legalábbis félipari méretű — kísérletek útján lesz megállapítható, hogy az egészségtelen, piszkos és drága mechanikus csiszolás öntött vagy rézzel ötvözött anyagoknál is mennyiben tudja a vegyi csiszolást pótolni, feltéve egyelőre azt, hogy ez utóbbi anyagok készre-fényesítése — ami kevésbé egészségtelen munka — továbbra is mechanikus úton történik.

IRODALOM

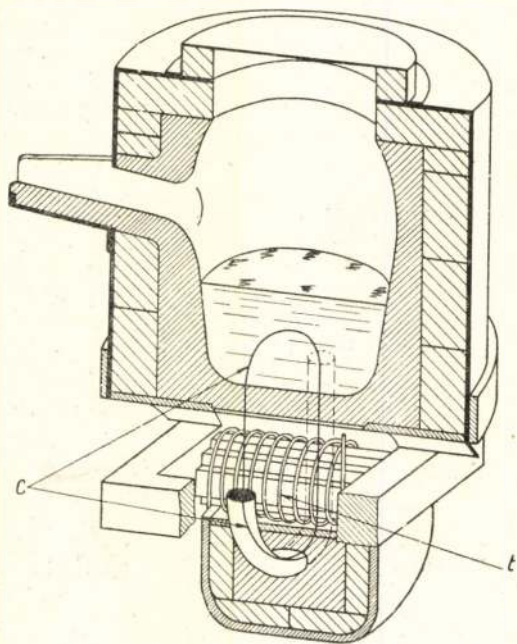
1. Dr. Domony A.: Alumínium 1951. 1. sz.
2. Dr. Buray Z.: Alumínium ötvözetek hegesztése argon ívvel, Alumínium, 1951. 5.
3. Dr. Buray Z.: Könnyűfémhidak szegecselési problémái, Alumínium, 1951. 2.

Könnyűfém tuskóöntődék korszerű berendezései

DENIFLÉE SANDOR

(Folytatás)

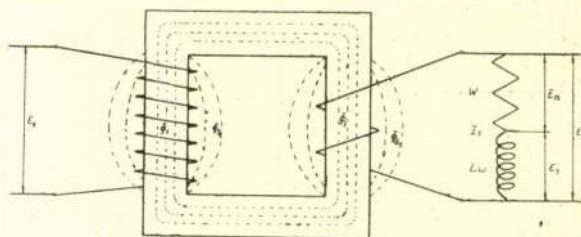
A kisfrekvenciájú indukciós olvasztókemence nem egyéb, mint vasmaggal ellátott léghűtéses transzformátor, amelynek egyetlen szekundármenelete maga a fenékkő-csatornájában s a kemencében levő olvadt fém (*c*), amely a többmenetű primér transzformátortekercset (*t*) veszi körül. A kemence szerkezete a 14. ábrából vehető ki.



14. ábra.

Tekintettel arra, hogy ennél a transzformátornál a vasmagban záródó erővonalak által alkotott főmezőkön kívül (Φ_1, Φ_2) a levegőben záródó erővonalak következtében primér és szekundár szóró-

dási mező is (Φ_{s1}, Φ_{s2}) keletkezik, amely önindukció jellegű ellenállást képez, indukciós kemencék (lásd 15. ábrát), tulajdonképpen olyan transzformátor,



15. ábra.

amelynek szekundár-körét a folyékony fém által képzett ohmikus ellenálláson kívül vele sorba-kapcsolt, s a szóródási mező által okozott önindukciós jellegű ellenállás is terheli. Ez az önindukciós jellegű ellenállás, amely fojtótekercsként fogható fel, jelentős, jóval nagyobb, mint a csatornában levő fém ellenállása, így egyáltalában nem hanyagolható el. Fontos körülmény ez, mert nagyrészt innen magyarázható meg az alumínium olvasztására alkalmas indukciós kemencék kis teljesítménye, s rossz teljesítménytényezője. A szóródás tehát azáltal, hogy növeli a szekundár-kör látszólagos ellenállását, erősen lerontja a $\cos \varphi$ értékét, mert mint tudjuk:

$$\cos \varphi_3 = \frac{W}{\sqrt{W^2 + (L\omega_2)^2}}$$

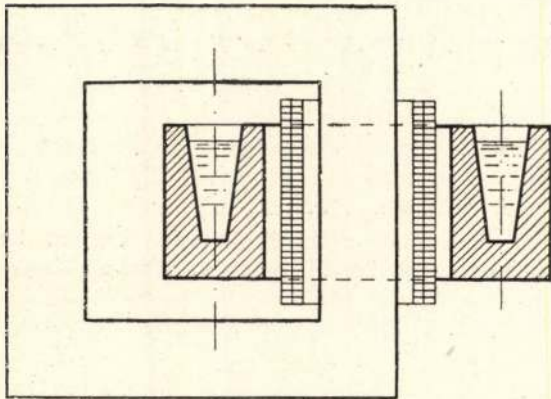
ami a maximális feszültségek geometriai összegezéséből következik.

Amikor Russ az első alumínium olvasztására alkalmas egyfázisú indukciós olvasztókemencét megszerkesztette, a kisfrekvenciájú indukciós olvasztókemencék terén már sok értékes tapasztalat állott

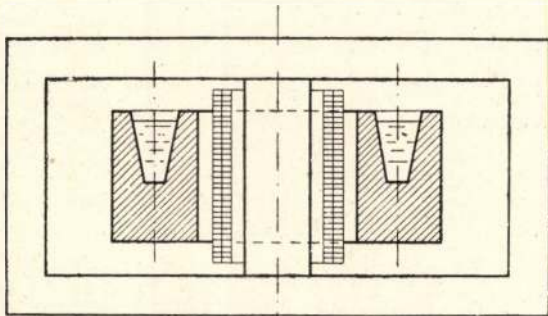
rendelkezésre. Az indukciós olvasztókemencékkel először az acélolvasztás terén próbálkoztak, majd sok-sok kísérleti próbálkozás eredménye lett az *Ajax-Wyatt*-kemence sárgaréz és réz olvasztására, s abból alakult ki az alumíniumolvasztó indukciós kemence is. Érdekes rövid visszpillantást vetni ennek a kemencefajtának történeti fejlődésére is, mielőtt az alumíniumkemence tárgyalására áttérnénk.

d) Az alumíniumolvasztó indukciós kemencék fejlődése fajták szerint.

Az első indukciós kisfrekvenciájú acélolvasztó-kemencét *Ferranti* szerkesztette meg 1887-ben, s tulajdonképpen ő fektette le az indukciós kemence szerkezetének és üzemének alapvető elveit. Utána (1890) következik *Colby*, majd *Kjellin* első kemencéje, amely 1 mágneskerettel, majd *Kjellin* második kemencéje (1905), amely kettős kerettel épült. A *Kjellin*-kemencék, amelyeknek elvi vázlatát a 16. és 17. ábrák tüntetik fel, gyakorlatilag is már



16. ábra.

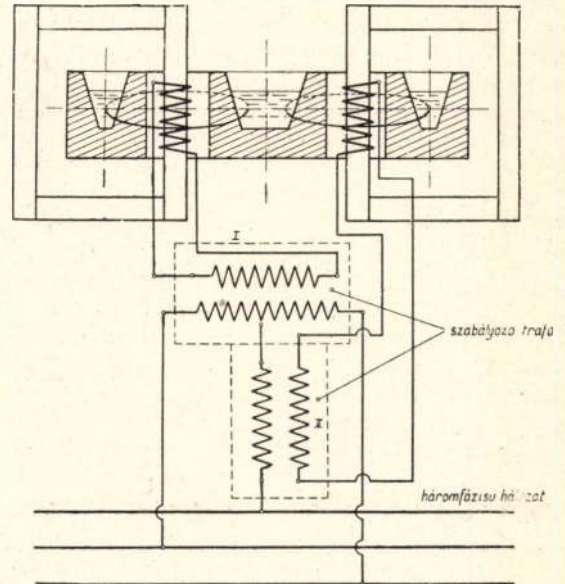


17. ábra.

használhatók, az olvasztás ezeknél gyűrűalakú vízszintes síkban fekvő csatornában történik, s ezek a kemencék már sejtetik a később határozott elvek szerint kialakuló acélolvasztó indukciós kemencék szerkezetét és elrendezését. Megemlítve *Hiorth* (1905), *Schneider-Creusot* (1903), *Gin* (1906), valamint *Grönwall* kemencéit, mint fontosabbakat, jutunk el az első korszerű és üzemileg már jól beváló kisfrekvenciájú indukciós kemencéhez, a *Röchling-Rodenhauser*-kemencéhez (1905), amelyből annak végső alakja a háromfázisú hálózathoz táplált két-fázisú *Röchling-Rodenhauser* acélolvasztó indukciós kemence kialakult. A megoldást a Scott-kapcsolás révén érték el, amellyel, mint tudjuk, háromfázisú

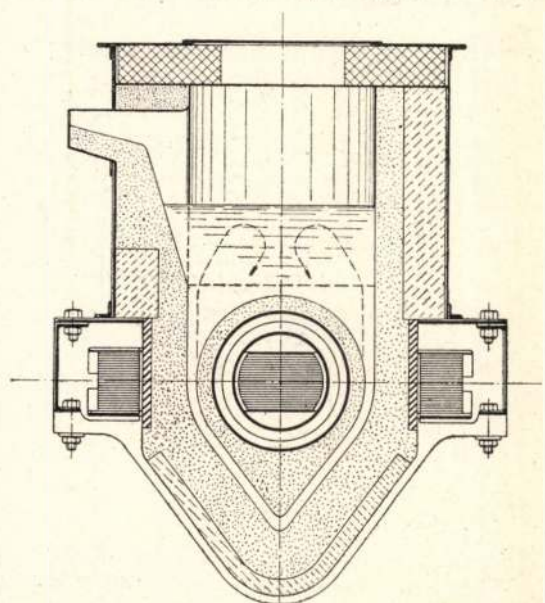
áramkörből forgó, átalakító nélkül, kétfázisú váltóáram nyerhető szimmetrikus terhelés mellett.

A kétfázisú *Röchling-Rodenhauser*-kemence elvi vázlatát a 18. ábrában láthatjuk.



18. ábra.

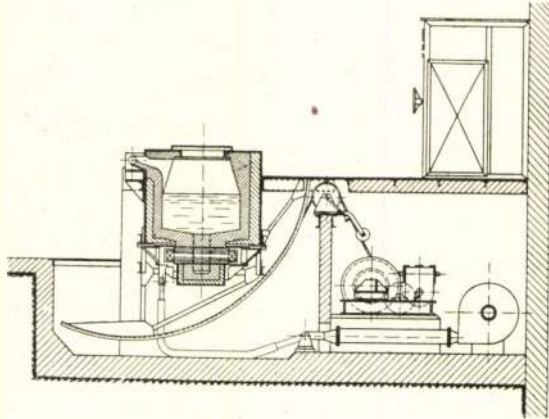
Az acélolvasztókemencéknél alkalmazott elvek és szerkezetek továbbfejlesztése folyamán színesfémek olvasztására az olvasztócsatorna függőleges síkba került, az ú. n. fenékköbe, azt összekötötték a felette lévő tégellyel, a kemence-transzformátor primétekerce szintén a kemence alsó részébe került, úgyhogy az olvasztócsatorna, vagyis az ú. n. fenékcatorna azt körülöleli. Így keletkezett a már említett s már mindenütt elterjedt *Ajax-Wyatt* indukciós kemence, s annak mai alakja, a kétfázisú s két fenékkövel ellátott kemence, amely mint a *Röchling-Rodenhauser*-kemence, Scott-ba kapcsolt. Az *Ajax-Wyatt*-kemence eredeti egyfázisú alakját a 19. ábra tünteti fel. Az *Ajax-Wyatt*-kemencéből



19. ábra

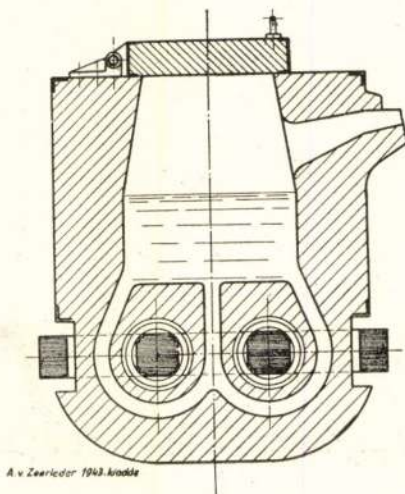
alakultak ki 1935-ben az európai első *Russ*-féle, s utána a *Junker*, *Tama-Wyatt*, *Brown-Boveri*, *Pfister* stb. egyaknás, valamint a nagyteljesítményű *Siemens* kétaknás alumíniumolvasztó kisfrekvenciájú indukciós kemencék.

Az első alumíniumolvasztó kisfrekvenciájú indukciós kemencék egyaknás kemencék voltak, amelyek egyfázisú árammal dolgoztak, így 1 primér tekercsük s 1 fenécsatornájuk volt. Ilyen kemence az első *Russ*-kemence, vagy a 20. ábrán feltüntetett



20. ábra.

Pfister- (Zürich) kemence. Majd az egyfázisú s egyaknás kemencék teljesítményének növelése céljából növelték a csatorna keresztmetszetét azáltal, hogy a primér tekercset 2, kétsíkban fekvő fenécsatornával vették körül. Az egyaknás kemencék továbbfejlesztése folyamán kialakult a *Scott*-kapcsolás alkalmazásával, amely lehetővé teszi a háromfázisú hálózat szimmetrikus terhelését, a kétfázisú indukciós kemence. Ennek 2 egységben fekvő fenécsatornája van, amelyek a primér tekercset veszik körül. Ilyen kemence hosszmetsetét látjuk a 21. ábrán. E normális kemencék buktatása



21. ábra.

az öntőcsőr, mint forgópont körül villamos motorral, vagy hidraulikus berendezéssel történik a kemence-transzformátor hűtésére pedig külön ventilátor szolgál. Az egész kemenceberendezést villamos motorral történő billentőszerkezettel a 20. ábra tünteti fel.

De lássuk, mi történik az indukciós kemencében, amelyet, mint említettük, léghütéses transzformátorként kell felfogni és tárgyalni.

Miután itt a fém megolvasztásához szükséges meleg magában az egyetlen szekundér menetet képező fémbe keletkezik, ez az olvasztási mód a lehető legtökéletesebb. A keletkező meleg a transzformátor áttételének megfelelően a fémbe fellépő nagyintenzitású áram által keltett Joule-féle meleg. Ez óriási előnyön kívül előnye még az indukciós kemencének a kis fürdőfelületét fedő hideg oxidréteg, s a felette levő még hidegebb nyugodt kemenceatmoszféra, amely körülmény a fürdő gázfelvétele szempontjából nagyjelentőségű. Hátránya azonban a normális egyaknás kemencének az, hogy az alumíniumoxiddal gyakran elduguló fenécsatorna tisztítása sok nehézséggel, s sok idővesztéssel jár, ami pedig az olvasztási teljesítményre rendkívül hátrányos. De hátrányuk ezeknek a kemencéknek az is, hogy az olvasztási teljesítményt erősen befolyásoló villamos teljesítményük, illetve csatlakozási értékük a kemencetranszformátor szóródási mezőinek befolyása, valamint elektro-dinamikai hatások folytán bizonyos határon túl, mint látni fogjuk, nem növelhető. Ez a körülmény az olvasztási teljesítményt természetesen hátrányosan érinti, s ez a körülmény érvényes az összes indukciós alumíniumolvasztókemencékre.

A szekundér menetet képező fémbe, ha a q mm² keresztmetszetű csatorna, ohmban kifejezett ellenállása W , s a szekundér áramerősség I_2 , akkor a wattokban kifejezett látszólagos teljesítmény:

$$N = I_2^2 W$$

s ha az áramerősség helyett az ampérsűrűség fogalmát vezetjük be, amely:

$$i = \frac{I_2}{q} \text{ A/mm}^2$$

akkor:

$$N = i^2 q^2 W,$$

s ha

$$W = \rho \frac{l}{q}$$

ahol

q = a folyékony alumínium fajlagos ellenállása, 0,25 Ω /m, mm²,

l = a szekundér-menet hossza m-ben, így

$$N = \rho i^2 q l$$

Vagyis a csatornateljesítmény a folyékony alumínium fajlagos ellenállásán kívül, amelyet nem változtathatunk, az ampérsűrűségtől, a csatorna keresztmetszetétől, s a szekundérmenetet képező fenécsatorna és az azt összezáró fémréteg hosszától függ. Ennek a villamos teljesítménynek megfelelő melegmennyiség az, amely a fémot olvasztja.

A meleget azonban át kell adni a fenécsatorna felett a tégelyben helyet foglaló fémnek is. A hűtőadáshoz nem elégséges a hővezetés és a hőmérsékletkülönbségek folytán bekövetkező konvekció, a főszerepet játsszák a hőátadásban azok a nagy dinamikus hatások, amelyek a fémfürdőt erős mozgás-

ban tartják, s amelyek a váltakozó áram alap tulajdonságainak következményei. Ezek az elektrodinamikusan hatások, mint a *Northrup* és *Hering* által *pinch*-effektusnak nevezett hatás, valamint a E. Fr. *Russ* által felfedezett *örvénylő* hatás teszik lehetővé, hogy a fenékcatornában levő forró fém a csatorna közepén felfelé emelkedik, ami mellett a hideg fém felülről a csatorna falának mentén lefelé süllyed a fenékcatornába, s ugyancsak e hatások eredménye a tégelyben levő fémfürdő erős mozgása is. Ez a mozgás a hőátadás és az alumíniumötvözet jó átkeveredése tekintetében határozott előny, de az egyknás kemencékben kis fürdőmagasság esetében, amikor a felfelé ható nyomást nem ellensúlyozza megfelelő hidrosztatikai nyomás, oly erős, hogy feltépi a fedő oxidréteget, s oxidzárványokat, valamint gázelnyelést eredményez. E körülmény nem teszi lehetővé, hogy az adag beolvasztásakor az olvasztás elején a szabályozó transzformátort rögtön a legfelsőbb fokozatra lehessen kapcsolni, vagyis teljes teljesítményre. A legfelsőbb fokozatra csak akkor lehet a kemencét kapcsolni, amikor már az adagnak legalább 30%-a beolvadt. Ilyenkor u. i. a tégelyben levő olvadt fém hidrosztatikai nyomása már ellensúlyozza a felfelé ható erők lüktető (pulzáló) hatását. Mondanunk sem kell, hogy ez a körülmény lassítja a beolvasztást, s így csökkenti a kemence olvasztási teljesítményét.

Ami magát az érdekes *pinch*-effektust illeti, amelyet C. *Hering* említett először az „American Electrochemical Society” 1909. májusában tartott 15. közgyűlésén, ez az elektrodinamikusan jelenség akkor keletkezik, ha egyenáram, vagy váltakozó áram csőben vagy csatornában levő folyékony fémeken folyik át. Ekkor u. i. a folyékony fém növekvő ampérsűrűség mellett fellépő elektromágneses erők hatása alatt folytonosan, váltakozó helyeken keresztmetszetének irányában igyekezik összehúzódnia, vagyis kontrahálni. Ez a kontrakció aránylag kis ampérsűrűség esetében nem nagy, növekvő ampérsűrűséggel azonban egyre jobban erősödik, s szélső esetben oly nagymértékű lehet, hogy a keresztmetszet zérusra csökkenik, amikor az áram megszakad. A kontrakció először azokon a helyeken következik be az indukciós kemence fenékcatornájában, ahol a csatorna felülete egyenetlen, vagy ahova salakrészecskék, esetünkben alumíniumoxid-részecskék rakódnak le. Ezeken az ílmódon csökkent keresztmetszetű helyeken megnagyobbodik a csatornaellenállás s egyben megnő az ampérsűrűség is. A *pinch*-effektus különösen erősen jelentkezik az adag beolvadásának befejezése felé, amikor a fenékcatornában levő fém már nagyon forró, s a csatornaellenállás már nagyon megnő. Ilyenkor az ampérmérő erősen ingadozik, amiből az olvasztó látja, hogy az öntés ideje elkövetkezett.

A magnézium és ötvözeteinek kovácsolása*

JAKÓBY LÁSZLÓ

669.721:621,78

Ковка магния и его сплавов.

The Malleability of Magnesium and its Alloys.
Das Schmieden des Magnesiums und seiner Legierungen.

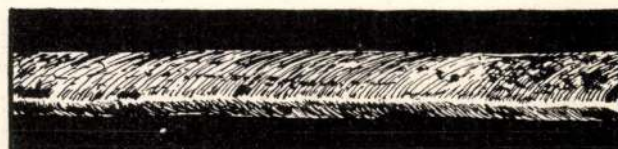
A) ELMÉLETI RÉSZ

a) Bevezetés.

Valamely fém, vagy ötvözet kovácsolással történő alakítása egykristályos felületeinek számától függ, vagyis ez az alakítási munka annál kedvezőbben vihető keresztül, tehát a fémtuskó a kovácsolásnál annál képlékenyebben viselkedik, minél több felülete van a kristálynak. A hatszöges rendszerben kristályosodó magnézium-egykristálynak tehát kevesebb felülete van, mint a szabályos rendszerben kristályosodó, kubikus fémeknek. Ez a megállapítás oka annak, hogy a magnézium és ötvözetei kevésbé jól kovácsolhatók, mert a képlékeny alakítást befolyásoló jelentékenyebb tényezők, mint a hőmérséklet, alakíthatósági fok, az alakítás sebessége stb. lényegében sokkal szűkebb határok között mozognak, mint pl. a réznél, vagy az alumíniumnál.

A magnézium képlékeny alakításánál a színtemet és magnéziumdús ötvözeteit azonban külön-

legesen jellemző átalakulási rendszerek lépnek fel, amelyek vagy az atomrács *elcsúszásában* (transzláció), vagy *elfordulásában* (ikerkristályképződés) nyilvánulnak meg. A transzláció egy bizonyos kristálysíkon és irányban, az elfordulás pedig az ikersíkokhoz szimmetrikusan történik. Míg az ikerkristályképződés a magnéziumnál a képlékenységre vonatkoztatottan csak alárendelt jelentőségű, addig a transzláció a magnéziumnál a képlékenységet igen nagy mértékben befolyásolja. A magnézium képlékeny alakításánál, kovácsolásánál az elcsúszott kristályok szalagalakban helyezkednek el, ami a kovácsoló rúd külsején, szabadszemmel is megfigyelhető. (Folytatjuk)



1—2. ábra. Nyúlt Mg kristályok.

* Kivonat szemelvény a „Könnyűfémek kovácsolása” c. közel megjelenő munkából.

Rendes (szoba) hőmérsékleten csak *egy* transzlációs rendszer lép fel, 220° C-nál nagyobb hőmérsékleten azonban már több új csúszási sík keletkezik, aminek következtében a magnézium *képlékenysége rendkívül nagymértékben emelkedik, s megközelíti a kubikusan kristályosodó nehézfémek képlékenységét.*

A magnéziumötvözetek alakításuknál kifejezetten irányított szövetszerkezetet vesznek fel, vagyis az alakító munkával mozgásba hozott kristallitok a bázisfelülettel parallel folyási irányba terelődnek. Ezzel az eredetileg az öntési szövetszerkezetben szétszórt kristályrendszer rendezetten irányított szövetszerkezetté alakul át, amely az egykristálynak alakítási jellemzésére egyértelmű magyarázatot ad. Ennek az irányításnak térbeli, illetve méretbeli nagyságára a későbbiekben térünk még vissza.

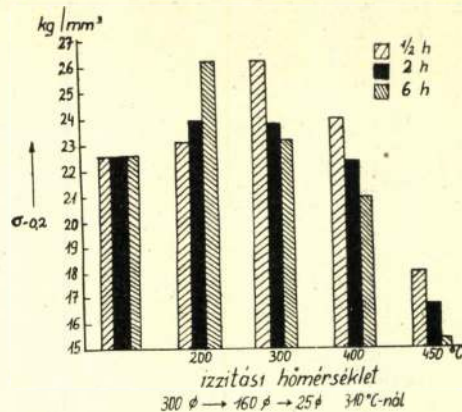
b) A rekristallizáció jelentősége a magnézium kovácsolásánál.

A színmagnézium gyakorlatilag a kovácsolásnál alig vehető számításba. A kovácsolás rendes körülményei között durva kristályszerkezetet mutat, s ezért az ilyen szövetelemű anyaggal elérhető mechanikai szilárdsága miatt, egészen különleges esetektől eltekintve, kovácsolt alakításával ritkán találkozunk.

A színmagnéziumnak már 3–4%-os mérvű kovácsoló alakításánál rendkívül durva kristályos szövetszerkezet alakul ki, amelynek kezdeti rekristallizációs hőmérséklete 160° C-nál indul. Kisebbségi mérvű alakításoknál a kezdődő rekristallizációs hőmérséklet megfelelően nagyobb, ami elsősorban a magnéziumötvözetekre érvényes Bunghardt és Schiedt szerint 6,4% alumínium és 0,9% Zn-tartalmú magnéziumötvözet rekristallizációja 6%-os zömitésnél 245° C-tól 310° C-ig tart. Ezzel szemben pl. a gyakorlatilag számos helyen alkalmazott 2 %Mn- (AM 503) tartalmú magnéziumötvözetnél a rekristallizációs intervallum 8%-os zömitésnél lényegesen hosszabb, mert már 220° C-nál kezdődik és 450° C-nál végződik. Vagyis a rekristallizációs hőmérsékleti határok ismeretének lényeges jelentősége van a magnéziumötvözetek *kovácsolási sebességének* helyes, megfelelő megválasztásánál.

A magnéziumötvözetek kovácsolásánál a legtöbb esetben elősajtolat tuskókból indulunk ki. A rekristallizációs jelenségek teljes tisztázására kísérleteket végeztek az AM 537 (Mg-2Mn-0,5 Ce) összetételű elősajtolat tuskóval, amelyet a finom szövetelem elérése céljából kétszer sajtoltak elő. A tuskó és a recipienshőmérséklet egyformán 310° C volt. A sajtolat tuskókból az összenyomhatósági határ megállapítása céljából próbákat vettek, amelyeket 1/2, 2 és 6 órán át 200, 300, 400 és 450° C-nál hőkezelték. Az eredményeket a 3. ábrán felvázolt összeállítás szemlélteti.

A kiinduló állapottal szemben az eredeti anyagnak 200° C-on történt megeresztése, a megindult keményedési folyamatok hatása folytán a nyúlási és az összenyomhatósági határnak nem lényeges emelkedését eredményezte, ami a 300° C-os izzításnál is megközelítőleg ugyanaz marad,



3. ábra. A rekristallizáció hatása a nyúlási határra. (AM 537)

sőt 300° C-os izzításnál is alig változott. Csak 400° C-zs izzításnál tapasztalható az ábra szerint is lényeges szövetszerkezetváltozás. 1 órás izzításnál ez a szövetszerkezeti változás is még csak kevésbé alakul ki, azonban több órán át tartó hőkezeléssel a szövetszerkezetváltozás már teljesen határozott.

A kísérletileg alkalmazott legnagyobb, 450° C-os hőmérsékletnél mind a három próbánál a rekristallizáció teljes mértékben bekövetkezett, itt is azonban megfigyelhető volt a rekristallizáció mérvének az izzítási időtől való függősége. A leírt kísérlet tehát igazolja azt a tapasztalatot, hogy a magnéziumötvözetekből melegen kovácsolt alkatrészek csak kis rácsszerkezeti átalakuláson mennek át, vagyis a meleg kovácsolásnál ugyancsak kismértékű feszültségi állapot marad a darabban vissza. Az alkalmazott alakítási hőmérséklet *alatt* történő, normális idejű hőkezeléssel a fellépő szövetszerkezeti elváltozásokat és feszültségeket nem lehet elkerülni. *Vagyis a rekristallizáció csakis az alakítási, a kovácsolási hőmérséklethez közeli, vagy ezenfelüli hőmérsékleten lép fel.*

Ez gyakorlatilag annyit jelent, hogy a magnéziumötvözetek, ha azokat elősajtoltuk, az optimális alakítási hőmérsékletek alatt is még kovácsolhatók anélkül, hogy lényeges szövetszerkezetváltozást kapnánk.

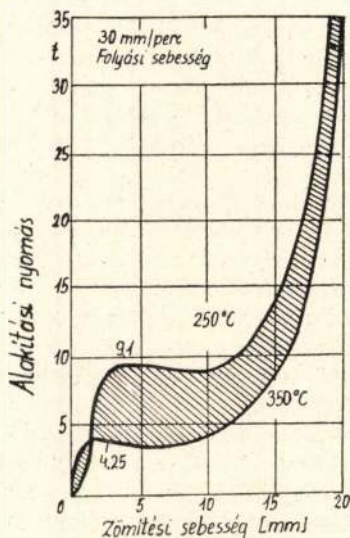
c) A kovácsolás erőszükséglete.

Az erőszükséglet minden fémnél a kovácsolás mérvének, az alkalmazott kovácsolási hőmérsékletnek és az alakítási sebességeknek a függvénye. Az erőszükséglet matematikai képleteiben tehát ez a három főtenyező jut erősebben kifejezésre, mégis az idevonatkozó és alkalmas képletek meglehetősen bonyolult formákhoz vezetnek, s ezért itt csupán egyes megállapításokat, megfontolásokat és diagrammokat fogunk tárgyalni.

A ma használatos magnéziumötvözetek az Mn mellett főleg Al és Zn ötvözősűek. Az Mn-t ugyan elsősorban mint a korrozíós ellenállást növelő alkatrészt alkalmazták 0,5%-on aluli mennyiségben, azonban most már 2,0%-ig, kifejezetten mint ötvözőelemet is alkalmazzák annyira, hogy az AM 503 jelű MgMn-ötvözetet, mint kimondottan kovács-

csolással jól alakítható ötvözetet ismerjük. Az Al-, Mn- és Zn-ötvözőkkel az alakító ötvözetek keménysége, s ezzel egyidejűleg a folyási ellenállás is nő.

A 4. ábrán tüntetjük fel egy AZM (Mg-6Al, 1Zn) elektronötvözet zömítési munkadiagrammját a zömítőerő és az alakítás mérvének függvényében. A diagrammot úgy vették fel, hogy 35 t-os nyomó gépen tömítették az előzőleg sajtolt, 25 mm átmérőjű, kovácsolási hőmérsékletre előmelegített darabokat. A zömítést a gépnek ugyancsak előmelegített pofalemezei között végezték, vagyis a kísérlet a tényleges kovácsolási hőmérsékleti viszonyok között történt. A zömítés sebessége 30 mm/mperc volt. A kétféle, 250 és 350° C mellett felvett két görbén a folyási folyamat három fázisa figyelhető meg. A zömítő munka elején a nyomás vonalasan emelkedik,

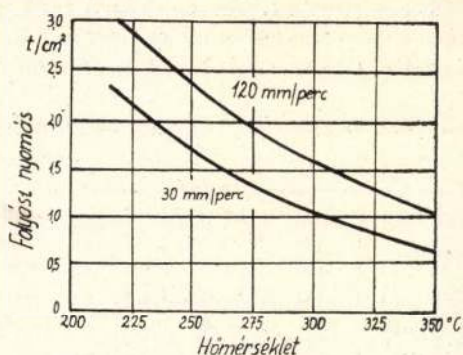


4. ábra. AZM próbatest munkadiagrammja.

vagyis ebben a térfélemben az alakítási munkát csak a kedvezően orientált kristálygyedek veszik fel, míg a kedvezőtlenebbül elcsúszott kristálygyedek csupán rugalmasan megfeszülnek, ami részükre a nyomásszükséglet emelkedését idézi elő. A folyási határon (a görbéken 9,1 és 4,25 éves pontjai) erősen homogenizált az erőmező, amelyben most már a kristálykonglomeratumnak a folyási határon történő átmenete további nyomóerő igénybevétele nélkül folyik le, amit a görbéknek az abszcissa tengellyel majdnem párhuzamos menete bizonyít. A továbbibban csak a kristálykonglomeratum zömítésének emelkedésével, s ennek hatása folytán bekövetkező elcsúszás csökkenésével látható a görbéken a nyomóerőszükséglet emelkedése. A két görbe közti bevonalazott rész jelenti a kétféle hőmérsékleten szükséges munkaerőkülönbséget. Több ilyen, változó hőmérsékletek és zömítősebességek mellett felvett diagrammból állítható össze az 5. ábrán látható folyási ellenállás hőmérsékletének, a 6. ábrán pedig a zömítés sebességének a függvényében szemléltetett összefüggés.

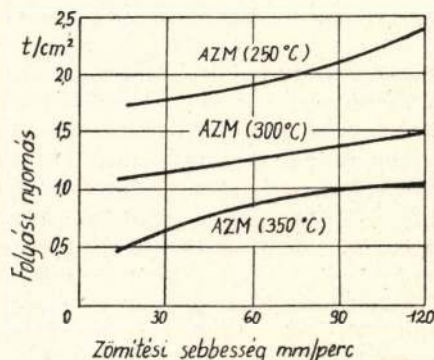
Az 5. ábrán láthatjuk, hogy egy próbahengernek 350° C mellett és 30 mm/mperc zömítő sebességgel történő összenyomásához 0,67 t/cm² fajlagos nyomás szükséges. Ugyanennek 225°

C-on pedig a fajlagos nyomásszükséglete 2,17 t/cm² vagyis az előbbinek több mint háromszorosa. Ezenfelül a diagrammból az is kiolvasható, hogy a hőmér-



5. ábra. A folyási ellenállás és a hőmérséklet összefüggése. (I. AZM)

séklet emelkedésével lényegesen emelkedik az erőszükséglet is, mert 300° C-nál és a viszonylag alacsony 30 mm/mperces zömítősebességnél a szükséges nyomóerő 1,7 t/cm², a nagyobb, 120 mm/mperc sebességnél pedig a szükségeslet 1,7 t/cm².



6. ábra. A folyási nyomás és zömítési sebesség összefüggése.

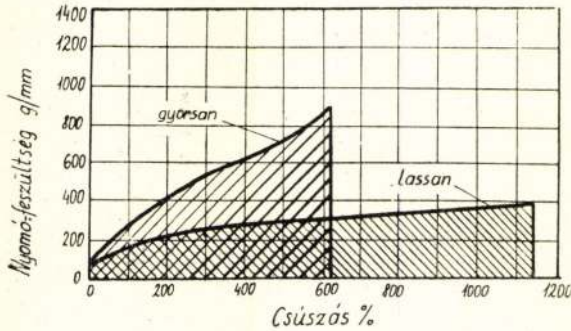
A kísérletből a gyakorlat részére a következő megállapításokat vonhatjuk le. Attól, az általában minden fémre érvényes kovácsolási szabálytól eltekintve, hogy az erőszükséglet nagysága a magnéziumötvözeteknél is annál nagyobb, minél alacsonyabb a kovácsolási hőmérséklet és minél nagyobb az alakítási sebesség: *célszerű a kovácsolást minden esetben 225° C fölötti hőmérsékleten végeznünk.* Ennél a hőmérsékletnél is meglehetősen nagymérvű transzláció lép fel, amely után, mint azt a bevezetőnkben említettük, több új (egyes szerzők szerint 12) elcsúszási sík keletkezik, amikor a magnéziumnak a képlékenysége nagy mértékben emelkedik. Tény azonban az, hogy a magnéziumötvözeteknél a kovácsolást befolyásoló tényezőket egész különlegesen kell csoportosítani, mert pl. helytelen volna a magnézium ötvözetekének kovácsolásánál a kovácsolási hőmérsékleteket úgy megválasztani, hogy minél kisebb erőszükséglet adódjék.

A 7. ábra végül tájékoztatást nyújt a célszerű alakítási sebesség megválasztására.

A 7. ábrán látható húzónyúlási diagrammokat különböző sebességekkel, 250° C-on történt kovácsolással vették fel. A »gyorsan« feliratú görbe a feszültség és nyúlás közti azt a szakítási sebességi összefüggést mutatja, amely pontosan százszor na-

gyobb volt, mint a »lassan« görbe felvétele esetén. Az ábrán a görbékkel bezárt vonalazott területrés állandó, amit más hőmérsékleten történt kísérleti kovácsolások igazolnak. Ez másképp annyit jelent, hogy a magnézium egykristály egyforma hőmérsékleteken történő alakításához szükséges erő *állandó*.

(Gyorsan = 2500 mm/perc ; lassan = 25 mm/perc.)

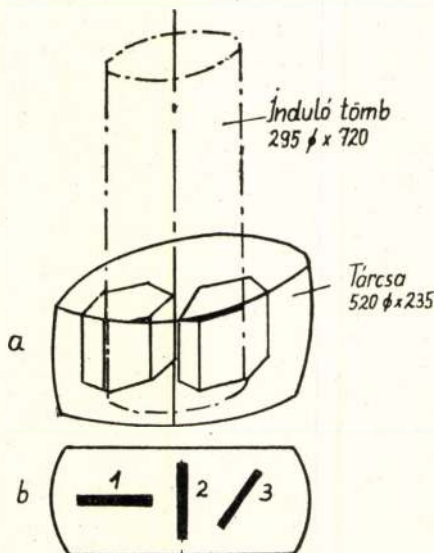


7. ábra. Az alakítási sebesség állapotábrája.

a) A szövetszerkezet változása a kovácsolásnál

A magnéziumötvözetek kovácsolásuknál, de a többi alakító műveleteknél is kifejezetten hajlamosak az irányított szövetszerkezet felvételére azzal, hogy az alakító munkával mozgásba hozott kristallitok a folyási irányban párhuzamosan helyezkednek el a bázisfelülettel. Ennek a helyzetkedésnek a során az eredetileg öntött szövetszerkezetben szétszórt kristálycsoportokat a fokozott átgúrást követően rendezett szövetszerkezetté alakul át, amelyben az egykristályt jellemző átalakulás egyértelműen és világosan megfigyelhető. A 8. ábrán és az ahhoz csatolt táblázaton tájékoztatást nyerhetünk az irányítás térbeli, helyesebben méretbeli nagyságára vonatkozólag is. Ezeket a megállapításokat az egyik elektronötvözet féleségén kísérletileg rögzítették le.

A kísérleteket AZM-ötvözetű, 180 mm magas és 50 mm-re lezömített anyaggal végezték, az ábrához



8. ábra. Az AZM ötvözetű tuskó alakítása.

A tuskó hőmérséklete zömítésnél C°	A próba helyzete			Az 1 és 2 irányú próbák érték-különbségei	
	2	1	3	kg/mm ²	%
	Nyomási határ				
225	13,9	15,9	11,1	4,8	30
270	12,3	19,3	8,6	10,7	55
320	8,4	19,0	5,7	13,3	70
380	10,0	18,6	5,6	13,0	70
410	10,6	23,8	7,5	16,3	69

csatolt táblázatból kivehető hőmérsékleti határok között. Az így nyert, 50 mm-re lezömített pogácsából 3 különböző, a zömítés irányával párhuzamos, merőleges vagy átlós irányú próbákat vettek és azokból az összenyomhatóság határát állapították meg. A 3 különböző irányból vett nyomási határértéket szintén a rajzhoz csatolt táblázatból vehetjük ki. A számok összehasonlításából megállapítható, hogy az értékkülönbségek annál nagyobbak, minél nagyobb volt az alakítási hőmérséklet. A 225° C-os hőmérsékletnél a különbség 4,8 kg/mm², a 410° C-nál ellenben 16,3 kg/mm². Kristálytanilag a különbség azzal magyarázható, hogy a nagyobb hőmérsékletnél történő kovácsolásnál, annak minden egyes szakaszánál teljes rekristallizáció lép fel. Ezzel nagy, egyértelműen irányított szakaszok keletkeznek a kovácsolt darabban.

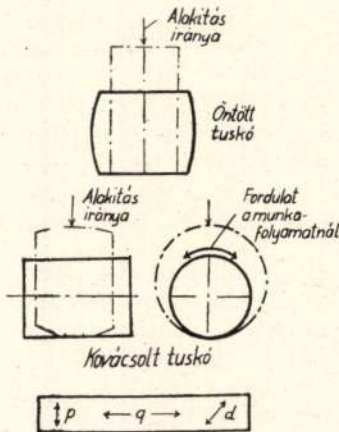
A folyási és nyúlási határok közti kisebb-nagyobb különbségek, a kristallitok felépítésének alapján, az alakító munkával és a nyomással, valamint a húzásnál fellépő és ezzel összefüggő alakító munkával magyarázhatók. Az összezömített tuskóban a hexagonális tengely a zömítő erővel párhuzamosan fekszik. Ebben az irányban tehát kis törési és nagy szakítási határ létezik és fordítva, mint ahogy azt a megadott számbeli értékek is igazolják. Azoknál a próbáknál, amelyeket a zömítés irányára 45°-os átlóban vettek, éppen a transláció a kedvező, mert ennél a legkisebb erőfelhasználással a legnagyobb mértékű alakítás végezhető. Itt tehát a kétféle határérték azonos számokat mutat. A szilárdsági értékek egyébként azt is mutatják, hogy az alacsonyabb hőmérsékletek az irányítást fékezik, míg a nagyobbak előnyösen befolyásolják. Gyakorlatilag ez annyit jelent, hogy a különböző irányból vett próbák *értékének kiegyenlítése céljából legjobb a megadott határok között kisebb hőmérsékleten kovácsolni*. Ez viszont ellentmond a szükséges erőszükséglet szempontjából helyesen megválasztott követelményeknek, vagyis a nagyobb hőmérséklet alkalmazásának, ami a gazdaságosságot befolyásolja. Erre céloztunk azzal az előbbi megjegyzésünkkel, hogy a »magnéziumötvözeteknél a kovácsolást befolyásoló tényezőket egész különlegesen kell csoportosítanunk.«

Tisztán gyakorlatilag, tehát oly, ezeket az ellentéteket kiküszöbölő módot kell választanunk, amely abban a formában alkalmas eme látszólagos ellentétek kiküszöbölésére, hogy az első munkamenetben nagyobb hőmérséklettel indulunk, és a hőmérsékletet minden következő munkafázisnál abban a mértékben csökkentjük, hogy az alakítás utolsó fázisa 280–300° C között fekdjék.

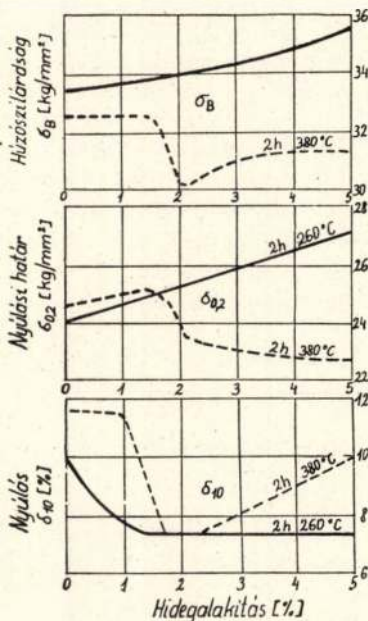
Ilyen szakaszos alakítást szemléltet magyarázólag a 9. ábra.

A magnézium egykristályok irányíthatóságát előnyösen alkalmazhatjuk oly szerkezeti elemek, pl. kompresszorkerekek kovácsolásánál, amelyeknek a centrifugális erők folytán fellépő állandó igénybevétele mindenkor egyirányú. A hidegalakításnak a szakítószilárdságra gyakorolt hatását a 10. ábra szemlélteti (AZM).

A tuskókat először 40%-ra zömítjük, lefektetjük és ismét 20%-ra nyújtjuk, úgyhogy az első alakítási fázisnál összesen 20%-os alakítást végeztünk.



9. ábra. Változó irányú alakítások.



10. ábra. A hidegalakítás hatása a szakítószilárdságra.

I. táblázat.

Alakítható magnéziumötvözetek nyomószilárdsága, zömíthetősége, zömítési határa

Szám	Elektron jel	Ötvözet	Nyom. rug. határ 0,02 kg/mm ²	(á) Foly. határ 0,2 kg/mm ²	Nyom. határ 0,2 kg/mm ²	Különb. 0,2/0,02	(á) Szak. szil. kg/mm ²	Nyom. szil. kg/mm ²	Zömítés δd
1.	AM 503	Mg-2Mn	7—10	20	11—12,5	0,6	30	30—36	12
2.	AM 537	Mg-2Mn, 0,50Ce	—	21	19—21	0,8	27	35—38	10
3.	Z 1 b	Mg-3Zn	7—10	15	10—11	0,6	26	—	—
4.	AZM	Mg-6Al, 1Zn	7—12	24	11—17	0,6	32	30—42	8
5.	AZ 855	Mg-8Al, 0,5Zn	7—12	24	11—17	0,6	34	37—42	8
6.	AZ 31	Mg-3Al, 1Zn	7—10	18	10—11	0,6	27	35—41	9
7.	AM 6	Mg-2Mn, 6Ce	—	23	—	—	26	36—40	10

(á) = Átlagérték

Egyszeri, közbenső melegítéssel a kovácsolás tovább megy, míg lépésként a kívánt végállapotot elérjük. Az így előállított kovácsolt pogácsából mind a három irányban megközelítőleg egyenletes szilárdsági értéket nyerünk.

Ahogy a 9. ábrából tapasztalhattuk, a kovácsolásnál a technológiai fogások hatásait azzal javíthatjuk, hogy csökkenő hőmérséklettel kovácsolunk. Ennek megfelelően az egyes közbenső melegítéseket nem nagy, hanem viszonylag kisebb (280—350^o C) hőmérsékleten végezzük és különösen az utolsó kovácsolási menetet a lehető legalacsonyabb hőmérsékleten történjék.

Ezzel az utolsó fázisban fellépő rekristallizációt teljes egészében megszüntethetjük, vagy a legkisebb mértékre csökkenthetjük. A legújabb időkben egy oly eljárást vezettek be a kovácsolásnál, amelynél a süllyesztékben végleg kialakított darabot, abból való kiemelése után, azonnal vízben hűtik le. Ez az eljárás lényeges szemcsokiegyenlítődést hoz létre, mindenestre egyenletesebb és finomabb szövetszerkezettel, mint amit egyszerű levegőn történő lehűtéssel lehet elérni.

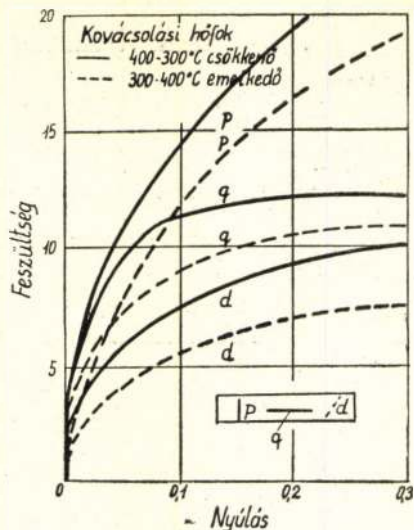
e) A kovácsolt darabok szilárdsági értékei.

A magnéziumötvözeteknek a szilárdsági értékeit, mint általában minden fémötvözetnél, az alakítás tényezőitől függetlenül, már öntött állapotban is, az ötvöző alkotórészek mennyisége és egymáshoz való aránya befolyásolja.

A kovácsolt daraboknak a szilárdság értékeit elsősorban a zömítés mérvé befolyásolja. Megfelelő kovácsolás esetén azonos értékek nyerhetők a rostokra merőlegesen és azokkal egyirányba vett próbákból. Ez a megállapítás irányt mutat a kovácsolás menetének kivételére.

1. A nyomószilárdság

A gyakorlati számításoknál, szerkezetek számításainál a nyomószilárdsággal ritkán számolnak, pedig gyakran szükséges volna a zömítés mértékének, különösen az összenyomhatósági határ ismerete, mert ezeknek értéke szabja meg a megengedhető felületi nyomást. Az összenyomásnak a törési határon való értékét, mint az alakíthatóság mértékét kell ismerünk. A gyakorlatilag ismeretesebb alakítható magnéziumötvözetek értékeit az I. számú táblázat tünteti fel, a kovácsolás gyakorlati kivitele esetén pedig a különböző irányba vett próbák értékeire a 11. ábra összeállítása ad tájékoztatást.



11. ábra. Az AZM feszültségi diagrammja.

Próba	300—400° C			400—300° C		
	<i>P</i>	<i>q</i>	<i>d</i>	<i>P</i>	<i>q</i>	<i>d</i>
0,2.....	16,2	10,5	7,2	19,3	17,3	9,3

2. Hajlítószilárdság

Bár a gyakorlatban a hajlító igénybevétel legalább oly gyakran lép fel, mint a húzó igénybevétel, mégis az előbbit ritkábban vizsgálják, s egyszerűen általában a szakító szilárdsági értékeket veszik alapul, jóllehet ezek értékei egymástól erősen különbözhetnek. A hajlítószilárdsági értékek ugyanis nem használhatók ki teljesen, legalább nem oly mértékben, mint a szilárdsági értékek, mégis célszerű ismerni az értékek közti összefüggést. A gyakorlatilag használatosabb magnéziumötvözetek hajlító igénybevételére a II. számú táblázat hoz összefoglaló kimutatást.

II. táblázat.

Alakítható magnéziumötvözetek hajlítószilárdsága és hajlítási szöge

Szám	Jele	Összetétele	Szak. szil. kg/mm ²	Hajl. szil. kg/mm ²	Hajlítási szög/a°	
					<i>D</i> = 5 <i>d</i>	<i>D</i> = <i>d</i>
1.	AM 303	Mg-2Mn	28,8	34,1	26	26
2.	AM 537	Mg-2Mn-0,5 Ce	29,1	51,5	53	69
3.	Az 31	Mg-3Al-1Zn	27,7	47,8	77	18
4.	AZM	Mg-6Al-1Zn	32,6	60,7	53	180
5.	Az 855	Mg-8Al-0,5Zn	33,6	60,7	43	180
6.	V 1	Mg-10Al	38,6	64,7	30	77
7.	V1	—	42,5	74,8	10	12

3. Nyírószilárdság

Nyírószilárdsági igénybevételek a kovacsolható magnéziumötvözeteknél ritkán fordulnak elő. Néhány magnéziumötvözetre vonatkozó értéket közlünk a III. számú táblázatban.

4. Húzószilárdság

A gyakorlati tapasztalat e téren azt mutatja, hogy a magnéziumötvözetekből alakítással készült szerkezeti elemek alig viselkednek másképpen a húzó

III. táblázat.

Alakítható magnéziumötvözetek nyírószilárdsága

Szám	Jele	Összetétele	Szak. szil. kg/mm ²	Nyíró szil. kg/mm ²
1.	AM 503	Mg-2Mn	30	12,5—13,5
2.	AM 537	Mg-2Mn-0,5Ce	27	13—16,5
3.	AZ 31	Mg-3Al-1Zn	27	13—15
4.	AZM	Mg-6Al-1Zn	32	13—16
5.	Az 855	Mg-8Al-0,5Zn	34	13—16

igénybe vételeknél, mint az alumíniumötvözetek, tehát elvileg e téren azonos megállapítások érvényesek, mint az alumíniumötvözeteknél. Még azt találjuk szükségesnek megjegyezni, hogy a húzó igénybevételeknek a magnéziumötvözetek rovasérzékenységét különös figyelemre kell méltatnunk.

5. Keménység

A keménységet általában nemcsak a magnéziumötvözeteknek felhasználhatósága, hanem a megmunkálási lehetőségek szempontjából is célszerű ismerni. A keménység mérést vagy a Brinell- vagy a Vickers-eljárás szerint mérjük. A Brinell-eljárásnál a golyó terhelésének (*P*) és a golyó átmérőjének (*D*) viszonyát értjük, amelyet a magnéziumötvözeteknél $P=10D^2$ arányúra veszünk. Általában 5 mm-es golyóátmérőre és 250 kg terhelésre érvényesek az itt megadott értékek, a terhelési idő pedig 30 másodperc.

A magnéziumötvözeteknél könnyen használható a Vickers-keménység is, ahol az eredmény nem a terheléstől függ, s így ezzel az eljárással vékonyabb alkatrészek keménysége is mérhető.

Néhány jelentősebb alakítható magnéziumötvözet összehasonlító keménységi értékeit a IV. számú táblázat tünteti fel.

IV. táblázat.

Alakítható magnéziumötvözetek keménysége

Szám	Jele	Összetétele	Szak. szil. kg/mm ²	Keménység HB 5(250)30
1.	AM 503	Mg-2Mn	30	37—44
2.	AM 537	Mg-2Mn-0,5Ce	27	56—60—64
3.	Z 1 b	Mg-4Zn	26	52—56
4.	AZ 31	Mg-3Al-1Zn	27	48—48—62
5.	AZM	Mg-6Al-1Zn	32	52—60—80
6.	AZ 855	Mg-8Al-0,5Zn	34	58—65—76
7.	V 1	Mg-10Al	35	68—82
8.	V 1	—	34	72—74
8.	V 1	—	34	72—74
9.	V 1	—	39	76—64—94

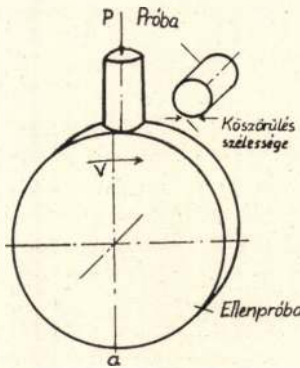
A (—)es értékek középértékek

6. A kopási és siklási tulajdonságok

Minden anyag az igénybevételnek megfelelően másképpen *kopik*. A kopási kísérleteknél tehát arra kell különös figyelmet fordítani, hogy azok a tényleges viszonyoknak megfeleljenek, erre többek között Kocs állította össze a 12. ábrán látható kísérleti berendezést, néhány alakítható magnéziumötvözetnek a kopási számait pedig az V. táblázat tünteti fel.

A *siklási* tulajdonságok megítélése szempontjából a kopáson felül a futóképességnek az ismerete is lényeges. Ezekből lényeges a berágódás nélküli be-

járóképeség, a súrlódási ellenállás, a szükséges olajozás nélküli járás és az olajozás megszűnte esetén a tengely minél kisebb mérvű koptatása. Valamennyi, gyakorlatilag számbavehető, kovácsolható magnéziumötvözet futótulajdonságai ebből a szempontból csak annyiban kedvezők, amennyiben nem hajlamosak az acél- vagy vasalkatrészek marására. Tehát kis felületi terhelésnél és csúszósebességeknél (az AM 503-as ötvözetet kivéve, amely kenődésre hajlamos), a magnéziumötvözeteket tengelycsapágyazásra is lehet alkalmazni. Ezenfelül nagyon sokszor bronzperselyek helyett csapágycsészéknek is alkalmazhatunk magnéziumötvözeteket, amelyek főleg a CMSi, AZM, AM 6, AZ 855 és különösen a V 1-ötvözetek sorából kerülnek ki.



12. ábra. Koch-féle koptatóberendezés.

V. táblázat.

Alakítható magnéziumötvözetek kopási értékei

Szám	Jele	Összetétele	Kopási szám	
			p_p 4 kg/cm ² mm/km	p_v 16 kg/cm ² mm/km
1.	AM 503	Mg—2Mn	0,18	0,35
2.	AM 537	Mg—2Mn—0,5Ce	0,17	0,35
3.	AZM	Mg—6Al—1Zn	0,14	0,34
4.	AZ 855	Mg—8Al—0,6Zn	0,13	0,31
5.	AM 6	Mg—2Mn—6Ce	0,15	0,38

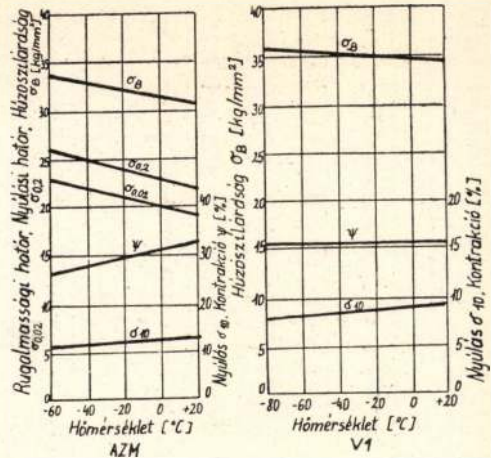
7. A mechanikai tulajdonságok változása a fagypon alatti hőmérsékleteken

Ezek ismeretére főleg a kovácsolt repülőgépalkatrészek és a különleges hűtőberendezések szerkezeti elemei megszerkesztésénél van szükség. A legtöbb ötvözetből a szilárdság a fagypon alatti hőmérsékleten emelkedik, az anyagnak a szívóssága azonban csökken, s ezért mechanikai tulajdonságok ismerete szintén lényeges. Az idevonatkozó, s elvégzett vizsgálatok száma meglehetősen csekély, de az ismert s a kovácsolt ötvözetekre vonatkozó eredmények eléggé világos képet nyújtanak mégis e téren.

Az AZM és V 1 jelölésű elektron alakítható ötvözetek értékeire a 13. és 14. ábrák adnak tájékoztató számokat.

8. A mechanikai tulajdonságok változása nagyobb hőmérsékleteken.

Az alakítható ötvözetek mechanikai alaptulajdonságainak nagyobb hőmérsékletű értékeinek ismerete.



13—14. ábra. A hidegalakítás hatása a szakítószilárdságra.

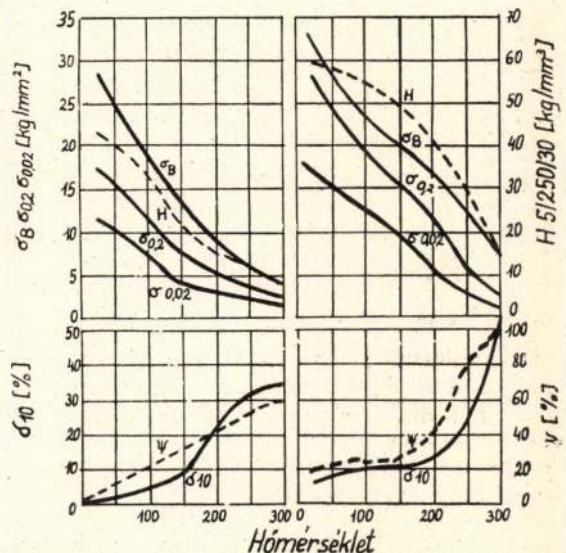
rete a motorépítő iparban jelentős, ahol átlagosan 120—140° C-os hőmérséklettel számolunk csupán, s csak a dugattyúhomlokokon és a hengerfejekon kell 400° C-os hőmérsékleteket tekintetbe vennünk.

Ezenfelül az anyagoknak a magasabb hőmérsékleten való viselkedését ismernünk kell a melegalakításnál, tehát a kovácsolásnál is, az alakíthatóság és az alakítási ellenállás összehasonlító becslése szempontjából. Az idevonatkozó kísérleti anyag meglehetősen nagy és ezért szintén tiszta kép áll előttünk, a magnéziumötvözeteknek magasabb hőmérsékleten való viselkedése tekintetében.

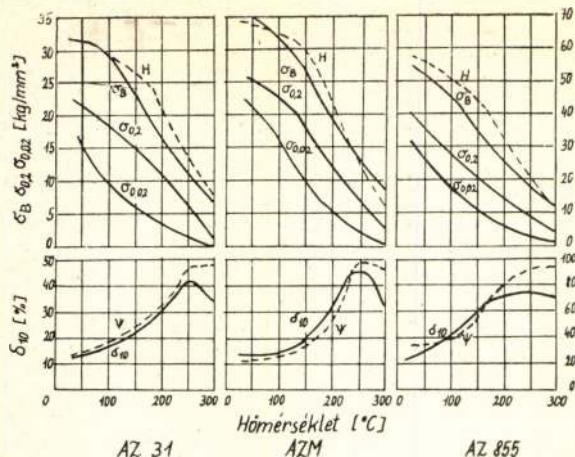
A magnéziumötvözetek szilárdsága emelkedő hőmérsékleten vonalasan csökken, ambar az ötvöző elemeknek a szilárdságot emelő tulajdonsága itt is érvényesül.

Néhány jellegzetes magnéziumötvözetnek az említett magasabb hőmérsékleteken vizsgált mechanikai értékeit a 15., 16., 17., 18. és 19 ábrák tüntetik fel.

9. A jelentősebb alakítható (kovácsolható) magnéziumötvözetek



15—16. ábra. Az AM 503 és AM 537 ötvözetek melegszaítási diagrammjai.



17-18—19. ábra. Az AZ 31, AZM, AZ 855 ötvözetek melegszakítási diagramjai.

VI. táblázat.

Szám	Jele	Összetétele	Szak. szil. kg/mm ²	Nyúlás 10 d-re %	Kontrakció C %
1.	AM 503	Mg—2Mn	21—(30)—31	1—(3)—11	1,5—6
2.	AM 537	Mg—2Mn—0,5Ce	24—(27)—31	4—(23)—26	6—(28)—32
3.	Z 1 b	Mg—3Zn	23—(26)—27	10—20	16—37
4.	AZ 21	Mg—2Al—1Zn	24—29	8—15	23—47
5.	AZ 31	Mg—3Al—1Zn	24—(27)—30	8—(14)—17	23—48
6.	AZM	Mg—6Al—1Zn	28—(32)—35	8—(14)—20	12—(22)—30
7.	AZ 855	Mg—8Al—0,5Zn	29—(34)—35	8—(12)—15	11—(15)—18
8.	V 1 v	Mg—10Al	32—(34)—36	8—(10)—12	11—(15)—18
9.	AM	Mg—2Mn—6Ce	22—(26)—27	1—7	3—5

A (—) értékek átlagértékek

B) GYAKORLATI RÉSZ.

a) A hőmérsékletek és a kemencék.

Az eddigiekben már megállapítottuk, hogy a legnagyobb megengedhető kovácsolási hőmérséklet az Al- és Zn-tartalmú magnéziumötvözeteknél a 420° C. Ennél nagyobb hőmérsékletek alkalmazása már melegtörést okoz. Azt is tudjuk, hogy az elméletileg legkisebb kovácsolási hőmérséklet 225° C, amelynél a hexagonális bázisoknál még kb. 12 translációs sík léphet fel. A gyakorlatban tehát a legcélszerűbb mindig 250° C feletti hőmérsékleteken kovácsolni. Az AZM-ötvözetek legjobb kovácsolási hőmérséklete pl. 260° C. A magnézium-ötvözetek hidegen kielégítően nem kovácsolhatók, csupán a színmagnéziumnál tudunk hidegen legfeljebb 10%-os zömítést, még repedés nélkül, elérni, egyébként pedig az itt megfigyelhető *hidegtörés* a kristálygyedeken átmenő, fényes külsejű, lemezes töretű, ellentétben a *melegtöréssel*, amely a kristályhatárokon történik és szemcsés szerkezetű.

Az elősajtott, vagy öntött bugák előmelegítését a legcélszerűbb levegőkavarásos elektromos kemencében végezni, mert csak így biztosítható a darab egyenletes átmelegítése. Tokos kemencekivitelnél gázfűtéses kemencék is alkalmazhatók, ha ezekben a hőmérséklet pontos ellenőrzése lehetséges. Az egyenletes felmelegítés a magnézium-ötvözeteknél igen jelentős, mert helyi túlmelegedések, sőt helyenkénti megolvadások is felléphet-

nek a kovácsolás alá kerülő darabokban, ami eleve kizárja már a kovácsolás sikerét. A felmelegítés ideje általában hosszú, 10—15 óra, ami a szövetség diffúziós folyamatok révén kialakult homogenitását is biztosíthatja. Világos, hogy a homogenizált szövetszerkezetű anyagok könnyebben, vagyis jobban kovácsolhatók, azonfelül kevésbé érzékenyek a hőmérsékleti túllépésekkel szemben, tehát sokkal kisebb a hideg- és a melegtörési lehetőség is. A már előkovácsolt darabok *közbenső melegítésére* is nagy gondot kell fordítani, ahol az újra felmelegítési időnek van jelentős befolyása a darab finom szövetére. Lassan történő felmelegedésnél a már kritikus feszültségben levő kristályok növekedésre, s így durvaszövet kialakulására hajlamosak. Vagyis a közbenső melegítéseket a legcélszerűbb a 300° C-hoz közeli hőmérsékleten végezni.

Ha pl. egy meghúzódot repülőgépcsavart akarunk kiegyengetni, ezt legcélszerűbben 300° C-os olajfürdőben, lökészerűen melegítjük fel, amivel a sérült, illetve eltorzult részekben a rekristallizációs folyamatot úgy irányítjuk, hogy durva szövetképződés nem léphet fel. A 10 perc múlva az olajfürdőből kiemelt, eltorzult légsavart saját süllyesztékében szövetdurvulás nélkül kiegyenlíthetjük.

b) A kovácsolási sebesség és a berendezések.

A kovácsolási sebességre vonatkozó szabályokat tulajdonképpen a magnézium egykristály viselkedésének ismertetésénél lényegében már érintettük. Ezek a megállapítások arra engedtek következtetni, hogy az egykristály alakításához szükséges munkamennyiség (erőszükséglet) ugyanazon a hőmérsékleten: *állandó*.

Amennyiben csak a számított erőszükségletet akarjuk az alakításra felhasználni, akkor annál inkább kis alakítási sebességgel kell kovácsolnunk, mert ez esetben a kristálykifejlődés hatásosabban történhetik, mint a gyorskovácsolásnál, amely egyébként is nagyobb feszültségi állapotokat hozhat létre a kristálygyedekben, s ezzel a transláció korai megszűnését idézheti elő. Ez, a kristálygyedre érvényes törvényszerűség szabja meg azoknak a kovácsolási sebességeknek megválasztását, amelynek a magnéziumötvözetű tuskóanyag kovácsolásához a legmegfelelőbbek. Emellett még tekin-

tetbe kell vennünk azt a kovácsolást megnehezítő körülményt is, hogy a leginkább használatos Mg-ötvözölemek, tehát az Al, Mn és Zn, a kristályegyedre szilárdítóan, egymáshoz való helyzetükre pedig tömbösítően hatnak. Ezzel érthetővé válik egyrészt a szinmagnézium kovácsolásánál szükséges nagyobb erőszükséglet, másrészt az öntési szövetű magnéziumötvözeteknek bizonyos határu alakítási sebességekkel szemben való nagy érzékenysége.

Az előbb elmondottak döntik el a kovácsolóberendezések helyes megválasztását is az esetben, amikor az alakításhoz az ejtőkalapács, vagy a hidraulikus sajtó között kell választani, természetesen abban az esetben, amikor öntési szövetszerkezetről van szó. Amikor az öntött szövetű anyag már átment a viszonylag kis alakítósebességű hidraulikus sajtón előkovácsoltan az első szövetszövetfinomításon, akkor ez már nagyobb alakítósebességekkel szemben érzéketlenebb. Vagyis az öntési szövetszerkezetből alakított szerkezetbe való átmenetelhez csakis a kisebb alakítósebességgel dolgozó *hidraulikus sajtók* jöhetnek számításba. Ez teszi a hidraulikus sajtók alkalmazását gazdaságossá is, mert velük egy melegegel nagymértékű zömítést végezhetünk, ezenfelül a darab helyenkénti erősebb igénybevételének a veszélye is lényegesen kisebb, ami egyébként gyakori beszakadásoknak és selejtnek lehet az okozója. Ismételjük: a gyakorlatban tehát a magnéziumötvözeteknél rendszerint elősajtolt, vagyis már előfinomított szövetszerkezetű tuskókból indulunk ki. Általában már előméretezett hengeres, vagy lapos tuskókat, nagyobb darabokhoz előprofilírozott nyersanyagot használunk a kovácsoláshoz. Az így előgyártott nyersanyagot azután akár ütészzerűen működő erős pörölyökkel, vagy ejtőkalapácsokkal is biztonságosan alakíthatunk ki véglegesen, erősebben is igénybevett alkatrészekké. Ez főleg azért lehetséges, mert ma már a gyakorlatban elterjedt 5–6000 t-s rúdsajtóval 350 mm átmérőnél nagyobb tuskókat e célra megfelelő szövetszerkezetű méretre tudunk sajtolni. Az így elősajtolt magnéziumötvözetű anyagból 1,5 m/mperc folyási sebesség alkalmazásával is kifogástalan darabokat tudunk készíteni. Ez a legnagyobb sebesség természetesen csak teljesen szimmetrikus darabokra érvényes, mert erősebben tagolt, nem szimmetrikus daraboknál a folyási sebesség is lényegesen kisebb. Lágy magnéziumötvözeteket, mint amilyen pl. az AZ31, az utóbbi időben már minden nehézség nélkül orsósaajtón kovácsolnak. A keményebb ötvözetek, pl. az AZM jelűek, azonban már előformált nyersanyagot igényelnek, ha azokat ütészzerű alakítással, tehát pl. ejtőpörölyökkel akarjuk kovácsolni. Azonfelül ilyen esetekben tanácsos a kovácsolás elején kisebb ejtőmagasságnál indulni, azt fokozatosan emelni annyira, hogy a darab erősebben igénybevett részei ne szenvedjenek. Ejtőpörölyös kovácsolásnál nagy medvesúly és kis esési magasság alkalmazása ajánlatos.

c) A kovácsolás szerszámai.

1. A s ü l l y e s z t é k e k.

A magnézium sajtoló- és kovácsolószerszámainak kiképzésére, készítésére általánosságban

ugyanazok a megállapítások érvényesek, amelyek a könnyűfémek Al-csoportjánál ismeretesek. Itt csupán annyit jegyzünk meg, hogy hidraulikus sajtó alkalmazása esetén sok esetben, mindig azonban a darabtól függően, adott az a lehetőség, hogy a kovácsoló szerszámot, a süllyesztéket nem kovácsolt, hanem öntött acélból készíthetjük, ami a szerszámkielcséget lényegesen csökkenti.

Egyebekben itt is lényeges, hogy süllyesztékben történő kovácsolás esetén a süllyesztéket jól előmelegítsük, mert a magnézium kis fajsúlya miatt a kovácsolásra kerülő anyag tömege, a süllyeszték anyagtömegéhez viszonyítottan, kicsi, s így az anyag melegelvezetése igen gyors, aminek kapcsán a darabok igen gyorsan a kívánt kovácsolási hőmérséklet alá hűlhetnek. Ezt a körülményt a süllyesztékszerszám kiképzésénél, falvastagságai megválasztásánál kell elsősorban tekintetbe venni.

2. A f o r g á c s o l ó s z e r s z á m o k.

E szerszámok ismertetése nem tartozik ugyan szorosan a kovácsolás technológiájához, minthogy azonban egyrészt a magnéziumötvözetek forgácsoló megmunkálása majdnem mindig együtt jár a kovácsolt darab végleges kikészítésével, másrészt a forgácsolás kivitele, s az ezzel kapcsolatos elővigyázati intézkedések sokban eltérnek az alumíniumötvözetek forgácsolásától, szükségesnek tartjuk ennek a kérdésnek a jelentőségéhez képest szintén helyet adni.

A könnyűfémeket jellemző jó forgácsolási képesség a magnéziumötvözetekre erősen fokozottabb mértékben áll. Ezért a magnéziumötvözeteknél a lehető legnagyobb vágósebességeket érhetjük el, aminek alapfeltétele a viszonylag kis vágási nyomás. Ezzel együtt jár a magnéziumötvözetek jó hővezető-képessége, amellyel a vágási helyen keletkezett hőmennyiségek könnyen elvezethetők, s ezáltal a vágókések felmelegedése szűk határok közé szorul. Mielőtt összehasonlítást végeznénk az Al és Mg forgácsoló megmunkálása között, feltétlenül szükségesnek látszik, a forgácsolás veszélyességéről, illetve a forgácsoló megmunkálásánál keletkezett mangéziumforgács „*öngyulladásáról, kigyulladásáról*” részletesebben szólni, mert *erről a kérdéssel még a fejlettebb ipari gyakorlatban is egészen téves és elnagyolt nézetek uralkodnak.*

Általában a magnéziumnál megkülönböztethetünk ebből a szempontból hulladékdarabokat, forgácsot és port.

Durvadarabos lemez hulladék stb. *teljesen tűzveszélytelen*, annyira, hogy gyufával meg nem gyújtható. Az olvadásponton túl történő melegítéssel *csak a megolvadt fém* gyullad meg, illetve ég el, anélkül azonban, hogy az égő fém mellett levő darabos részek meggyulladnának.

A forgácsok, legyenek azok gyalu-, fúró-, eszterga-, maró-, vagy fűrészforgácsok, viszont *gyúlékonyak*, gyufával meggyújthatók, mert az anyagrészecek kis térfogata következtében a velük közölt hőmennyiség nem vezethető el eléggé gyorsan és így a forgács olvadáspontján felül melegszik be, aminek során a mellette levő forgács is meggyulladhat, s a tűz így terjedhet.

Megmunkálás közben végzett kísérletek azonban bizonyították, hogy pl. esztergályozásnál a forgácsnak a hőmérséklete legfeljebb 100° C volt, vagyis az a megállapítás, hogy a magnéziumforgács röptében elég, nem helytálló. Mindenesetre előfordulhat az az eset, hogy az esztergapadon felgyülemlt forgács kigyullad. Ez azonban mindenkor a helytelen élszögű, esetleg tompa kés alkalmazására vezethető vissza, amikor a surlódás következtében keletkezett hőmennyiség, vagy erős szikrázás gyújthatja meg a forgácsot. Ebben az esetben sem veszélyes a forgács kigyulladás, mert a forgácstömeg lassan és nyugodtan ég, abban az esetben, ha az száraz. Ha a forgács azonban nedves, az égés a keletkezett hidrogén behatása folytán erősebb, illetve élénkebb lesz.

A legveszélyesebbek a porszerű forgácsok, amelyeket a köszörülésnél és a fényezésnél nyerünk. Gyulladás szempontjából a magnéziumpor semmiben sem különbözik a szén-, fa- vagy alumíniumportól, amelyeknek robbantási hajlama általánosságban ismert. A magnéziumpornak robbanási telítettségi határa az alumíniuméhoz hasonlóan 30 mg/liter. Különösen finoman elosztott magnéziumpor sem könnyebben lobban lángra, mint a durvább por vagy a forgács. A meggyulladás hőmérséklet 500–550° C között van. Ha a forgácsot szoba-hőmérsékleten megvizsgáljuk, ugyan hőmérséklet-emelkedést tapasztalunk, amely azonban még mindig nem elegendő a forgács öngyulladásához, vagyis a forgács meggyulladásához mindig, minden esetben, külső hőközlésre van szükség, ebben az esetben is azonban legalább 500° C-os hőmérsékletre.

Ennek a hőmérsékletnek az előidézője a magnéziumötvözetek forgácsoló megmunkálásánál a következő okai lehetnek:

1. A szerszám élszögeinek helytelen kiképzése.
2. A már megmunkált felületnek oly szerszámmal való megmunkálása, mely hajszálszerűen vékony forgácsot ad, amelyek a legkisebb mennyiségű, de 500° C-os hőmérsékletű hőközlésre meggyulladhatnak.

3. Erősen tompa szerszám alkalmazása.

Ezeknek a hibáknak kiküszöbölése esetén a magnézium megmunkálásánál forgácskigyulladás rendkívül ritkán fordul elő, ha mégis alkalmilag ez megtörténik, az égés nem veszélyes és könnyen eloltatható. Az oltásnak legfőbb alaptörvénye, hogy a tüzet vízzel és általában a többi közönséges tűzoltóberendezéssel oltani nem szabad. A legegyszerűbb a kigyulladt forgácsot vasöntvényforgáccsal vagy reszeléssel letakarni, szükség esetén pedig teljesen száraz homokkal. Ezért a magnéziumot megmunkáló forgácsoló gépeknél óvintézkedési szabály: minden pad mellett öntöttvas forgácsreszelék vagy száraz homok tárolása.

Az alumínium forgácsolásánál ismert megállapítások értelemszerűen, a sokkal nagyobb vágósebességekre való tekintettel, a magnéziumötvözetekre is érvényesek. Gyakorlatilag csak a következőket tartjuk szükségesnek közölni: 0,2 mm-nél nagyobb előtolásnál általában könnyen repülő forgácsot kapunk, vagy kis szalagalakú darabot, vagy rövid spirális forgácsot. Kisebb előtolásnál hosszabb, de törékenyebb forgácsot nyerünk. Bár az öntött és az alakított darabok forgácsolása megközelítően

azonos, mégis a kovácsolt darabok megmunkálásánál nyert forgács az anyag szívóssága következtében inkább szalagszerű forgácsot ad.

Összehasonlító méréseket végeztek egész sorozat alumínium- és magnéziumötvözetre, ezeknél megállapították, hogy a késen mért hőmérséklet a magnéziumnál átlagosan 200° C, az alumíniumnál pedig 290° C volt, gyakorlatilag ez annyit jelent, hogy a vágószerszámok hűtéséről nem szükséges külön gondoskodnunk, forgószerszámoknál pedig maga a levegő hűt. Ebből az is világos, hogy a magnéziumötvözeteket legcélszerűbb szárazon forgácsolni, amennyiben pedig hűtésről mégis gondoskodni kellene, ez a legcélszerűbben nyomólevegővel eszközölhető, amely mindjárt a forgács tovaszállítására is szolgál. Ahol nyomólevegő nem áll rendelkezésre, ott legcélszerűbb higitatlan és szavatoltan savmentes, nagy lobbanáspontú olajokat alkalmazni, amelyeket kis körfogószivattyúval hozunk a darab késsel érintkező felületére. A száraz megmunkálás egyébként azért is célszerűbb, mert az esztergapad, illetve a szerszámgépek könnyebben tisztíthatók, és a száraz forgács beolvasztása is könnyebb és a kihozatal is nagyobb.

Az alább közölt VII. számú táblázatban a magnéziumötvözetek forgácsoló megmunkálására alkalmas vágósebességeket tüntetjük fel, annak megjegyzésével, hogy a táblázatban feltüntetett bal felső értékek gyorsacél, a jobb alsó értékek pedig a közönséges szerszámacélra vonatkoznak. A számok gyakorlati irányértékek és a kés 8 órás munkaidejére érvényesek.

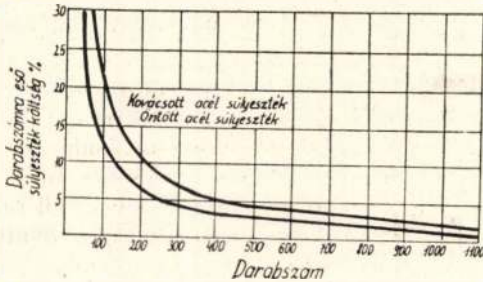
VII. táblázat.

Előtölálás mm/ford.	Vágás mélység mm-ben						
	1	2	4	3	8	10	15
0,1	575	564	550	540	530	523	515
	372	363	348	339	331	328	322
0,2	543	526	514	505	495	485	480
	340	331	324	315	309	306	302
0,4	505	492	480	470	463	455	450
	319	310	302	292	292	282	283
0,6	484	471	463	453	445	438	430
	301	299	293	286	281	277	272
0,8	471	460	448	440	431	425	420
	299	292	285	277	274	270	265
1,0	463	450	440	431	423	419	415
	291	285	279	272	267	264	260
1,4	448	437	425	419	410	405	400
	283	276	269	263	259	255	250
18,	437	425	414	405	401	305	390
	276	268	263	256	252	248	245
2,0	433	421	411	405	397	391	285
	273	265	260	254	250	247	243

d) A költségkérdés.

A kovácsolási műhely költségeire nem térünk ki, mert a kovácsműhelyeknek közismerten igen nagy, sokszor 1000%-ot is túlhaladó rezsizsámái, mindenkor a berendezés nagyságától és korszerűségétől függenek. Az alábbiakban röviden csupán a 20. ábrán látható diagramm alapján a süllleszték-költség és darabszám közötti összefüggést tárgyaljuk a süllleszték anyagának függvényében.

Kereken 200 db kovácsolásánál a kovácsolt acélból készült süllyeszték költsége 12%, míg ugyanaz öntött acélsüllyesztéknél mindössze 7%. Számításba véve azt, hogy valamely erősen tagoltabb darab süllyesztékének az önköltsége több 10.000 forintra is rúghat, a kétféle költség közötti 5% különbséget már tekintélyes összeget képvisel.



20. ábra. A süllyesztékköltség és darabszám közötti összefüggés

Öntött süllyesztékszámot azonban ejtőkalapácsos berendezésnél nem alkalmazhatunk, mert ilyen gépeknél nagy térfogatú szerszámokra van szükség. A medvesúly ütésre való tekintettel, a kis térfogatú, vékonyabb falú szerszámok könnyen elhúzódnak és kifáradási repedéseket szenvedhetnek.

e) Gyakorlati példa.

S. M. Voronov és L. Ja. Szpoljanski szovjet szerzők magnéziumötvözetből készült légsavár sajtolását és kovácsolását írják le egyik értekezésükben.

Az AZM-féleségű (6,5% Al, 0,3–0,4% Mn és 11% Zn) nagyszilárdságú és kevésbé képlékeny magnéziumötvözetből készült propellerekhez szolgáló előnyersanyag sajtolással csak 25%-ig alakítható. A sajtolás előtti fölmelegítési időt eléggé hosszúra, 12 órára választották, a hőmérsékletet 330–250° C-ra vették. Az előidomított daraboknak a sajtolása némi nehézségekkel jár, mert a sajtó recipiensének és a tuskének az előmelegítése vált szükségessé, amit 380–420° C között eszközöltek.

A sajtolt elődarabokat a kovácsolás előtt 250–400° C hőmérsékletnél 1–3 óra hosszát melegítették, az alakítást a kovácsajtón 2–3 ütéssel be is fejezték. A kovácsajtolás fajlagos erőértékeit kisebbnek találták a duralumíniuménál. A készre sajtoltva kovácsolt légsavarak mechanikai tulajdonságának javítására azokat vagy 6–12 órán és 350–400° C-on történő hőkezeléssel és ezt követő levegőn való hűtéssel, vagy 2 órás, 420° C-on történő hőkezeléssel és arra következő 200° C-os megeresztéssel javították.

IRODALOM.

A. Beck: Magnesium und seine Legierungen. H. Altwicker: Technologie des Schmiedens. Feldmann: Wiad. Instr. Met. 1934. Bungardt és Schiedt: Metallwiss. XVII. 48. sz. H. Altwicker: Das Schmieden von Elektronmetall. T. Z. 11–14. sz. 1942.

S. M. Voronov és L. Ja. Szpoljanski: Nagyszilárdságú magnéziumötvözetekből készült légsavár kovácsolása és sajtolása. (Szovjet Repülő Ipar, 1939. 2. szám.)

Levél a Fémipari Kutató Intézet dolgozóihoz

(Kivonat)

Moszkva, 1951. március 11.

Kedves Elvtársak és Barátaim!

Ebben a levélben szeretnék néhány szót írni annak a katedrának a működéséről, amelyen dolgozom. A katedra nem nagy, mégis aránylag szépságú tudományos munkatársat foglalkoztat. A katedra neve: Könnyűfémek elektrometallurgiája. A vezetőn, Bjeljajev-en kívül még dr. Pazuchin professzor dolgozik itt. Rajtuk kívül egy docens (aki a timföldgyártási problémákon dolgozik), két kandidát és kilenc aspiráns dolgozik (az utóbbiak közül hat szovjet és rajtam kívül egy román és egy koreai aspiráns), nem szólva itt a laboránsokról, technikusokról, valamint olyan mérnökökről, akik időnként a katedrán dolgoznak. A mi intézetünk egyike a sok színesfém intézetnek és így a katedra is csak bizonyos meghatározott feladatokkal foglalkozik. Hogy a katedra milyen alaposan tud foglalkozni a hallgatókkal, arra jellemző, hogy ebben az évben hat hallgatót képeznek ki kimondottan a könnyűfémek kohászata specialistáinak. Ebből következik, hogy a hallgatókkal személy szerint tudnak foglalkozni igen komolyan, mélyen. Kétheten-

ként gyűlés van a katedrán, amelyen az aktuális ügyek megtárgyalásán kívül magasszínvonalú szakelőadásokat tartanak a munkatársak. Például a legutóbbi alkalommal az alumínátlúgok szerkezetéről és annak elméletéről volt igen nivós előadás.

Itt szeretnék megemlíteni egy másik kérdést, amelyik igen fontos mind a Kutató Intézet, mind a hazai könnyűfémkohászat fejlesztése szempontjából. Ez pedig az orosz nyelv tanulása és vele kapcsolatosan a szovjet szakirodalom tanulmányozása.

Rákosi elvtárs az MDP II. Kongresszusán így mondotta: »Most kezdünk rátérni, hogy tapasztalatainknak azt a mérhetetlen tárházát, mely a szovjet szakirodalomban van lefektetve, a mi szocialista építésünk számára hozzáférhetővé és felhasználhatóvá tegyük. Az elmúlt évben, de különösen az utolsó hónapokban valóságos roham indult meg a Szovjetunió szakirodalma felé. Mérnökeink, technikusaink most ismerik fel azokat az óriási előnyöket, melyeket számukra a szovjet szakirodalom ismerete jelent. El lehetne mondani, hogy ezen a téren csak most fedezi fel a mi technikai értelmiségünk — és rajta túlmenően az egész magyar

intelligencia — a Szovjetuniót. Most fogják csak fel a maga jelentőségében, hogy mennyire élenjáró és mennyire termékenyítő hatású számukra a Szovjetunió kimeríthetetlen tudományos és tapasztalati fegyvertára.»

Ez így áll az Alumíniumkutató Intézetre is. Ezen a téren igen fontos feladat nemcsak fordítóink segítségével, hanem önállóan tanulmányozni a szovjet szakirodalmat. A könnyűfémek kohászatának igen kiterjedt irodalma van a Szovjetunióban. Az otthon ismert Bjeljajev könyveken kívül: Bajmakov három kötetes munkája: Elektrolízis a metallurgiában; Antypin: Sólvadékok elektrolízise; Masovec: A kriolit-timföld olvadék elektrolízise; Mazel: Timföldgyártás, Magnéziumkohászat c. könyv és tovább tudnám sorolni. Majd azok a könyvek, amelyeknek fejezetei foglalkoznak azokkal a fizikai-kémiai problémákkal, amelyek megtalálhatók a könnyűfémek kohászatában. Itt nem is szólva a rengeteg könyvről, amely a könnyűfémek technológiájával foglalkozik, valamint a tanulmányok százaíról, amelyek különböző folyóiratokban jelennek meg.

Hogy az utóbbit példával mutassam meg; a legutóbbi három esztendőben az áram szerinti kizozatallal a sólvadékok elektrolízisének tíz és egy-néhány igen nívós cikk foglalkozik a folyóiratokban.

Odahaza olyan problémákon dolgoznak, amelyek itt a Szovjetunióban régóta irodalmi adatok s így sok pénz és idő megy kárba.

Fontos feladata a Kutató Intézetnek az, hogy a kutató mérnökök elsajátítsák az orosz technikai nyelvet.

Mi itt a Szovjetunióban szemtanúi vagyunk annak a hatalmas tanulás-vágynak, ami a szovjet népet jellemzi. Ezt is példával lehet legjobban illusztrálni. Ritkán láttam olyan könyvüzletet, ahol hatalmas tömeg ne volna és különösen vasárnap, mert a moszkvaiak megszívlelendő szokása, hogy vasárnaponként könyvet vásárolnak. Ha megjelenik valamilyen új könyv, sokszor napok alatt elfogy. Nemrég jelent meg egy könyv: »Történelmi materializmus«, órák alatt elfogyott.

Ugyanezt lehet elmondani a kultúra, művészet iránti érdeklődést illetően is. Látni sorbanállást

Moszkvában, de azt színház, mozi vagy múzeum előtt. Egy alkalommal a világhírű Tretyakov-képtárban voltunk. Óriási befogadóképessége van, mégis a ruhatárban alig kaptunk helyet a kabátainknak. Élmény volt nézni a közönséget. A legkülönbözőbb emberek, munkások, katonák, értelmiségiek, iskolások, különböző csoportok vezetőivel tanulmányozták a képeket, vitáztak róluk. Sokszor bizony képek helyett csak embereket láttunk az óriási tömegetől.

Hideg januári nap volt és ennek ellenére kb. 100 méteres sort láttunk állni kijövet a képtár előtt, akik türelmesen várták, míg rájuk kerül a sor: és ugyanez tapasztalható minden vasárnap, és ugyanezt tapasztaltuk, amikor pl. Sztálin elvtárs 70 éves születésnapjára küldött ajándékok kiállítását néztük meg.

Ez a felszabadult, kizsákmányolástól mentes dolgozó nép érdeklődése a tudomány, a kultúra iránt. Szokatlan volt először látni azt, hogy a színházban, moziban, múzeumokban, ahol még az elmúlt esztendőig nálunk főképp a kispolgárság, értelmiség mozgott, a Szovjetunióban a dolgozók, köztük nagyszámban a munkások, parasztok, katonák stb. láthatók.

Minket itt a Szovjetunióban kimondhatatlan boldogsággal tölt el annak tudata, hogy harcba-indult népünk dicső Pártunk vezetésével a felémelt ötéves terv teljesítéséért és ezen belül a könnyűfémkohászat fejlesztéséért. Igen nagy erőt önt belénk ennek tudata és úgy hisszük, minden dolgozóban hasonlóan Intézetünkben. Ne kételkedjenek abban, hogy minden erőnket megfeszítve tanulunk, mellyel elő akarjuk segíteni, hogy szeretett hazánkban virágzó ipar fejlődjön.

Kérni pedig azt szeretném, ha hasonlóan kapnék beszámolót az intézet életéről, munkájáról, tervekről és problémákról, melyek igen-igen élénken foglalkoztatnak bennünket és sajnos, csak a *sajtóból értesülünk Intézetünk sikereiről.*

Az Intézet minden dolgozójának eredményes, jó munkát kívánok.

Forró üdvözzellettel:

Szekér Gyula

ALUMÍNIUM

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója. Szerkesztőség: V., Szalay-utca 4. Telefon — 2-513686. Athenaeum. (F. v.: Soproni B.)

ALUMINIUM

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

A Fémipari Kutató Intézet közleményei:

Magnéziumolvadékok finomítása

JAKÓBY LÁSZLÓ, EMÖD GYULA és VAJK PÉTER

УЛУЧШЕНИЕ МАГНИЕВЫХ РАСПЛАВОВ.

Автор: Якоби Ласло, Емед Дьюла и Войк Пейтер.

В краткой статье дается описание защиты магния и его сплавов во время их расплавления от влияния кислорода и других газов, а также способы удаления неметаллических включений. Было установлено, что остающиеся в расплаве хлоридные включения неудовлетворительно влияют на сопротивление коррозии, и прочностные свойства.

Значительное понижение содержания железа и кремния, даже полное их устранение необходимо, так как они вредно влияют на материал. Улучшение расплавов достигается применением обработки газом хлором, выполняющим очищение а также измельчающим зерна. Соответствующие результаты можно получить и при применении разных органических и неорганических хлоридов, CO_2 , CO , даже при обработке с применением мелко-зернистого углерода.

Преимущество плавления в вакууме состоит в том, что получается чистый и мелко-зернистый расплав.

Refining of Magnesium Melts.

The paper gives a short outline of the protection of magnesium and its alloys against oxidizing and other gases, as well as of the elimination of non-metallic inclusions.

It was found, that the residual chlorides due to the flux influence disadvantageously the corrosion resistance and mechanical properties. The influence of iron and silicon being damaging, their elimination or at least diminution to the lowest possible degree is absolutely necessary. To the refining of the melts belong their treating with chlorine, as thus the melt will be purified and the grain refined.

The same effect may be attained with different organic and anorganic chlorides, with carbon monoxide and carbon dioxide and finally with finegrained pulverised carbon as well.

An advantage of the vacuum melting is a pure and fine grained structure.

Die Raffination der Magnesiumschmelzen.

Lad. Jakóby, J. Emőd u. P. Vajk.

A magnézium, bár nagyon előnyös tulajdonságai vannak, még napjainkban is csak néhány nagyobb államban került ipari feldolgozásra. Kis fajsúlya és az ötvözeteivel elérhető kiváló szilárdsági tulajdonságok különösen a jármű-, de a készülékgyártás részére is elengedhetetlenül szükségessé teszik.

Az első világháború idején kezdték is használni, azonban további feldolgozása megakadt és csak újabban fordult feléje ismét a szakemberek figyelmé.

A fennakadás okát abban kell keresnünk, hogy a magnézium olvasztása és öntése, valamint feldolgozása különös gondosságot és berendezést követel meg.

Kis fajsúlya miatt az olvadékokba került szennyeződések (oxidok, folyósító maradványok) csak nehezen távolíthatók el fajsúly szerinti osztályozással. Ugyanakkor az oxigénhez mutatott vegyrokonsága oly nagy, hogy az olvadáspontja felett már aránylag alacsony hőmérsékleten erős lánggal ég.

I. Folyósító anyagok

Már az elektrolitikus magnéziumelőállításnál és az ezt követő átolvasztásnál a fedősókból kloridok kerülnek a nyers fémbe, de nitridek és oxidok is. Ezek eltávolítására és a további képződésük megakadályozására megfelelő folyósítókat kell alkalmazni. A folyósítók feladata lehet oxidációvédelem, olvadéktisztítás vagy ötvözés. Alapanyaguk főleg vízmentes $MgCl_2$, amihez még egyéb sókat kevernek, hogy az önmagukban higfolyó kloridokat sűrűsítsék, illetve koaguláltassák. A magnéziumklorid az olvadt fém vagy az egyébként a sókeverékhez is adagolt tiszta MgO -dal vegyül s vele magnéziumoxikloridot alkot, amely elnyeli a nitrogént és egyéb nem fémes szennyezéseket s szintén a tégely aljára ülepszik. Ezért nem szokásos a magnézium öntésénél a tégely utolsó maradékát is kiönteni, hanem azt egy másik, még raffinálás előtt lévő tégelybe öntik át.

A MgO adagolással emeljük az olvadáspontot, azaz sűrű folyóvá tesszük a sókeveréket. Ezzel ellenkező hatást érünk el fluoridok adagolásával.

Az előbb elmondottak alapján láthatjuk, hogy módunkban áll a megfelelő sópótlék, tehát a MgO és fluoridok adagolásával a takaróréteg viszkozitását tág határok közt szabályozni.

A MgO a viszkozitást mennyiségének arányában növeli. A fluor sók adagolásánál kezdetben ellenben, mert a kloridokkal eutektikumot alkotnak, a keverék olvadáspontja csökken. Amikor azonban a fluorsó mennyisége túlhaladja az eutektikus összetételt, az olvadási hőmérséklet emelkedik s ezzel egyidejűleg nő a sókeverék viszkozitása is. Mint az alábbi összetételekből látható, e célra a sókeverékhez általában CaF_2 -t szoktak adagolni.

Az oxidáció ellen csakis úgy védhetjük, ha az oxigént elzárjuk az olvadt fémtől. Erre a célra olyan takaróképes folyósító anyagokat használnak, amelyek a magnézium olvadáspontja alatt olvadnak és a fürdőt az olvasztás és öntés alatt sűrűfolyású, egyenletes kéreggel vonják be, azaz takarják.

Jól bevált fedősók a következők:

1. 57% KCl
28% CaCl_2
12,5% BaCl_2
2,5% CaF_2

Fenti sót főleg nyomásos öntéshez finomító folyósítóként használják és öntés előtt eltávolítják. Ebből a felhasználás 1–3%.

2. 55% KCl
34% MgCl_2
9% BaCl_2
2% CaF_2 . E sónál és általában a BaCl_2 a fajsúlynövelést célozza.

E folyósítónak különösen újraolvasztásnál, ötvözetelőállításnál, hulladékfeldolgozásnál van jelentősége, homok- és kokilla-öntésnél. Nyitott edényben véd és finomít.

Felhasználása:

Olvasztáshoz ..5–10%
Öntéshez.....2–15%

3. 20% KCl
50% MgCl_2
15% CaF_2
15% MgO

Ez utóbbi só homokba és kokillaöntéshez, tégelyben való ötvözés esetén finomításra és fedésre szolgál. Az olvasztás elején folyékony, de a végén kemény kérget alkot és így egydarabban eltávolítható, illetve öntés alatt visszatartható. Megkeményedését a MgO-tartalom okozza.

Felhasználása:

Olvasztáshoz ..1–5%
Öntéshez.....2–5%

Fenti sók használatát Carapella¹ ajánlja. Emley² az alábbi táblázatban foglalta össze az eddig használatos sók legnagyobb részét, amelyek a különböző célnak megfelelően folyósító avagy finomítóként használhatók.

Gyakran a MgCl_2 és KCl helyett vízmentes, mesterséges karnallitot is használnak. Az oxigén távoltartására W. Claus³ K_2CO_3 vagy más szervesetlen vegyülettel kevert kénport használ, aminek az a célja, hogy MgS képződjék. Ez utóbbinak hasonló a tulajdonsága, mint az alumíniumöntésnél képződő oxidhártyának, azaz zárt filmmel vonja be az öntési sugarat. A keveréket finom poralakban az olvadásgúrra fuvatják.

Az oxigéneken kívül a magnéziumnak nagy a vegyrokonsága a nitrogénhez is és így attól is meg kell védenünk. A magnéziumnitrid-képződés megakadályozására ugyancsak azok a módszerek szolgálnak, mint az oxigéntől való védelemre.

Fentiekén kívül a szabadalmak egész sora jelent meg az utóbbi évtizedben, amelyek mind az olvadásfelületnek a külső levegőtől való elzárására szolgálnak.

A folyósító anyagokkal nagyon gondosan kell bánnunk, mert a sok folyósító anyagból feltétlenül marad az öntvényben is és az erős és gyors korrózió kiindulásául szolgálhat.

A szovjet gyakorlat és szakirodalom a sókeverékek összetételét nemcsak a finomítás, hanem az olvasztás módjától is teszi függővé. E tekintetben ugyanis különbséget tesz a *beépített* és *kiemelhető* tégelyben történő olvasztás között. A beépített tégelyben történő olvasztáshoz és finomításhoz általában ugyanazt a sókeveréket alkalmazzák, a kiemelhető tégelyben történő olvasztásnál más sót, illetve sókeveréket alkalmaznak az olvasztáshoz és mást a raffináláshoz. Ezt a megkülönböztetést az európai magnéziumipar alig ismeri, a Szovjetunióban viszont a magnéziumolvasztó-, illetőleg öntődei ipar méretei teszik ezt érthetővé, mert amíg az európai magnéziumöntődek 1–300 kg-os tégelyekben olvasztanak legfeljebb, a Szovjetunió öntődei 1–2 tonnás tégelyekben is olvasztanak. Mindenesetre a szovjet irodalom is megállapítja, hogy a *kiemelhető* tégelyben történő olvasztásnál nagyobb tisztaságú magnéziumot nyerhetünk, mintha azt a beépített tégelyből kanállal kell lemeregetni.

MgCl ₂	CaCl ₂	NaCl	KCl	BaCl ₂	BaF ₂	MgF ₂	CaF ₂	MgO	R ₂ O ₃	SiO ₂	C
—	41	26	9	—	—	24	—	—	—	—	—
—	19	11	7,5	37,5	—	25	—	—	—	—	—
—	—	17	26	40	—	17	—	—	—	—	—
65	—	—	—	—	—	35	—	—	—	—	—
20	18	11	7	—	—	—	—	16	8	20	0,2
38	—	—	31	—	—	31	—	—	—	—	—
29	20	12	6	—	—	—	33	—	—	—	—
27	—	—	8	35	24	—	—	—	—	—	—
31	7	6	25	—	—	—	21	5	—	—	—
34	15	10	7	—	—	—	21	13	—	—	—
50	—	—	20	—	—	—	15	15	—	—	—

II. Védőgázok és fémek

Az előbbiekből láttuk, hogy a folyósítók csaknem minden esetben tartalmaznak kloridokat, amelyek viszont vízszivők és így nedves levegőn rövid idő alatt megbomlanak. Eltávolításuk az olvadékból általában úgy lehetséges, hogy öntés előtt az olvadékat hosszabb ideig pihentetjük, amivel lehetővé tesszük a fajsúly szerinti különválást. Ennek az eljárásnak hátránya, hogy pihentetés alatt a szemcse eldurvul és a kész öntvény a durvaszemcse következtében rossz mechanikai tulajdonságokat mutat és korrózióknak is kevésbé áll ellen, mint a finomszemcséjű öntvény.

Fenti hibák kiküszöbölésére igyekeztek a folyósítóanyagot legkisebb mértékre csökkenteni és a külső káros gázoktól való védelemre SO_2 atmoszférát létesítettek. Ez azonban nyitott edény esetében nagyon körülményes és teljes védelmet nem nyújt.

A korszerű eljárások a vákuumban olvasztást ajánlják. Bizonyos, hogy ez a legtökéletesebb védekezés a külső gázok behatása ellen, azonban a legtöbb helyen nem áll rendelkezésre megfelelő berendezés és így tovább kutattak olyan módszerek után, amelyeknek segítségével tiszta öntvényt lehet kapni.

A berillium adagolása már 0,001% mennyiségben lehetővé tette az oxidációmentes öntést azzal, hogy az olvadéknak a levegőkörnyezettel érintkező felületén berilliumoxidból álló védőréteget képezett, amely a magnéziumolvadékat a további oxidációtól megvédi, illetve az elégést késlelteti. A megfigyelések szerint a védőréteg képződése csak 800°C felett szűnik meg. A gyakorlatban több helyen vezették be ezért a berilliumnak 0,005% alatti mennyiségű adagolását a magnézium-ötvözetekhez. Ez érték alatt az oxidáció elleni kitűnő védőhatás érvényesül és szemcsedurvulás nem áll elő. K. V. Peredelszkij¹² foglalkozott a Be adagolás kérdésével, 0,01–0,048% Be adagolás csak csekély mértékben fejt ki szemcséfimonitást.

A berillium alkalmazásának előnye még, hogy a folyósító anyagok nagymértékű kiküszöbölésével a zárványok elkerülhetők és a kívánatos, de csak egészen kis mennyiségben adagolt ötvözőanyagok eltávolítása megakadályozható. Folyósító eljárással ugyanis az ilyen ötvözőanyagok a folyósítóba kerülnek. További előnye, hogy a védőatmoszféraként szokásos argon, hélium és kéndioxid gázok alkalmazása elkerülhető vagy legalább is nagyon kis mennyiségre csökkenthető.

Fenti eljárásokkal a legveszedelmesebb szennyezők, azaz a nemfémek szennyezők, mint a kloridok, oxidok és nitrdek eltávolíthatók.

III. Olvadék tisztítás

A fémek szennyezések közül a vas finom szuszpendált állapotban eloszottan helyezkedik el a magnéziumban. A vizsgálatok szerint a magnézium közönséges hőmérsékleten semmi vasat nem old, tehát helyi elem képződésére kiindulásul szolgál, azaz az ötvözet korrózióra való hajlamosságát növeli.

Éppen ezért korrózió és a mechanikai tulajdonságok szempontjából nagyon érzékeny a magnézium

a vastartalomra is. Ezzel a kérdéssel sokat foglalkozott Voronov, Spoljanszkij, Csitajev,⁵ Peredelszkij⁴ és Siebel.⁶ Kísérleteik eredményeképpen megállapították, hogy a magnézium ötvözetekben a Fe legfeljebb 0,06% lehet és ugyanakkor közölték azt is, hogy hasonló okok miatt a Si 0,01%-nál nem lehet több.

A vastartalom csökkentésére kétféle eljárást alkalmaztak. Az egyik eljárás szerint a 710°C körüli hőmérsékleten 10–15 percig tartott fémfürdő vastartalma 0,007%-ról 0,002% értékre csökkenthető, ha 0,005% berillium van az ötvözetben. A másik mód szerint a vas kicsapására mangánt használnak, ugyancsak 710°C körüli hőmérséklet mellett. A mangán nemcsak a vas csökkentését segíti elő, de a korrózió-ellenállást is nagyban emeli. A vas ugyanis a mangánnal intermetallikus vegyületet alkot, ami a magnéziumban nem oldódik és így csurgatással eltávolítható. Eredetileg csak a mangán és a szilícium ilyen tisztító hatását ismerték, újabban azonban a cérium és cirkon hasonló hatását is felismerték a nélkül, hogy ennek magyarázatát lényegében ismernék. Az eljárásnál kívánatos a főlös mennyiségek alkalmazása.

Az alumíniumtartalmú Mg–Mn ötvözeteknél célszerű először a mangánt főlös mennyiségű mangankloriddal a fürdőbe adagolni és csak azután alumíniummal ötvözni. Az alumíniumtartalomnak megfelelően az olvadék mangántartalmának egy része MnAl_3 vegyület alakjában kiesik és a fémek szennyezőket magával ragadja.

Az újraolvasztandó és nem megfelelően tisztított öntészeti hulladék által bevitt jelentős szilíciumszennyeződés Lorch⁷ munkája szerint úgy kerülhető el, hogy az olvasztási hőmérsékletet 816°C alatt tartjuk. Ilyen körülmények között a Si 0,04% alatt tartható az olvadékban oldott állapotban, míg a többi része a tégely fenekére ülepszik.

Foglalkoznunk kell még az intermetallikus szennyeződések kihatásával is. Egyes kutatók szerint az intermetallikus szennyeződések nemcsak a végső mechanikai tulajdonságokra hatnak károsan, de a képlékeny alakításnál is hátráltatják az ötvözet megmunkálhatóságát. Peredelszkij⁴ részletesen foglalkozik a magnézium-ötvözetekben előforduló intermetallikus vegyületekkel. Kísérletei kiterjednek a vegyületek hatására öntött állapotban és a melegalakítás alatt is. Szerinte a CuMg , $\text{Al}_6\text{Mg}_4\text{Cu}$, Cu_2Mg , SbSn , 0,5–20% összetartalma mellett a kísérleti ötvözetek jól önthetőek voltak. Ha a magnézium-ötvözetben 5% $\text{Al}_6\text{Mg}_4\text{Cu}$ fémvegyület van, akkor még jól sajtolható is és nagy keresztmetszetszűkítés érhető el.

IV. A magnézium-ötvözetek olvadékanak szemcséfimonítása

A magnéziumnál éppen úgy, mint ahogy az más fémeknél is ismeretes, a szövetszerkezet felépítése az egykristály nagyságától függ. Ez az összefüggés a magnézium és ötvözeteinél különösen érvényesül és erősen befolyásolja az alakíthatóságot, a mechanikai tulajdonságokat és a korrózióellenállást.

Amíg más fémeknél a kiöntés és megmerevedés körülményeitől függ a szemcsenagyság, addig itt már az olvadt állapotban biztosítani kell finomszemcsenagyságú egykristályt. Finomszemcsés öntvények elérésére tehát a magnéziumolvadékot már olvadt állapotban különleges kezelésnek kell alávetni.

Az eddig ismert szemcséfinomító kezelési módok a következők:

- a) túlhevítés,
- b) klórozás,
- c) kloridokkal és szerves vagy szervetlen vegyületekkel történő kezelés,
- d) vakuumban való olvasztás,
- e) keveréses módszer.

a) A túlhevítés módszere abban áll, hogy a megolvadt magnéziumötvözetet 950°C -ra hevítjük és 5 percig tartó túlhevítés után rövid idő alatt $700\text{--}800^{\circ}\text{C}$ -ra hűtjük le. Ezzel a kérdéssel sokat foglalkozott Peredelszkij,⁴ Siebel⁶ és Carapella.¹ Kísérleteik kapcsán megállapították, hogy a Mg-Zn ötvözet 2–3% cinktartalomnál túlhevítés útján durvaszemcséjű lesz. A többi ötvözeteknél az eljárás hátránya, hogy sok hőenergiát, tégelet fogyaszt és hosszú a kezelési idő.

Más, e fenti hibákat nem tartalmazó eljárás után kutattak.

b) A szemcséfinomítási eljárások nagy lépéssel jutottak előre a Cl_2 gázzal történő kezeléssel. Ennek az eljárásnak nemcsak az volt az előnye, hogy lényegesen olcsóbb módon érhetők el az olvadék szemcséfinomítását, de a Cl_2 az elnyelt H_2 és egyéb gázokat, valamint a nemfémek oxid-, nitrid- és klorid-zárványokat is felszínre hajtotta. A Cl_2 gázszükséglet 2–4%. Ilyen mennyiség alkalmazásánál a kész öntvények szilárdsága a káros szennyezések eltávolítása következtében emelkedik. A klórozás legmegfelelőbb hőmérséklete $750\text{--}800^{\circ}\text{C}$. Ha nagyobb mennyiségű — például 8% — klórt használunk, akkor a szemcse ismét durvul és a szilárdság természetesen csökken. A Mg-Si ötvözeteknél klórozókezelés után a szemcse nő, a szilárdság csak kissé emelkedik.

A Mg-Zn ötvözet a klórozás hatására durvaszemcséjűvé válik.

A magnézium H_2 oldóképessége sem hanyagolható el. Ez Busk és Bobalek⁸ szerint $15\text{--}20\text{ cm}^3/100\text{ g}$ mennyiségre is felemelkedhet a magnéziumban. A H_2 oldóképességet a legtöbb ötvöző növeli, az alumínium csak kezdetben növeli, majd pedig csökkenti. A H_2 eltávolításának egyedüli módja a Cl_2 gázos kihajtás.

c) A szemcséfinomításnak további módja kloridokkal, valamint más szerves és szervetlen vegyületekkel való olvadék-kezelés. A klórt leadó szerves és szervetlen vegyületek finomszemcsék előállítására alkalmasak. Ezekkel a vegyületekkel is elérhetünk szilárdságnövelést. Például 0,5–1% FeCl_3 -nak 750°C -on harang alatti adagolása útján túlhevítés nélkül szemcséfinomodást érünk el és legalább 10–15% energiát takaríthatunk meg.

Ugyanakkor a TiCl_2 és ZrCl_4 szemcsenövekedést idéz elő. Ha a vasat és szilíciumot hűtéssel és ülepítéssel akarjuk eltávolítani, akkor a túlhevítés után beálló hosszú idő alatt durva kristályosodás lép fel.

Érdekes kísérleteket végeztek szerves kloridokkal is. Például hexaklórbenzolt alumínium-dobozban 780°C -os olvadékba benyomták, az olvadékot hirtelen 820°C -ra hevítették, majd 760°C -ra lehűtötték és öntötték.

Hult Gren és Michell⁹ kísérleteik kapcsán szemcséfinomítást értek el acetilén-, illetve földgáznak az olvadt fűrdőn keresztülbuborékolatásával. Hasonló eredményeik mutatkoztak az olvadék mechanikus keverésével is. Mahoney Tarr és Le-grand¹⁰ a szemcsenagyság csökkentésére 800°C -on finom korbont permetezett be a fűrdőbe. A karbonbeoltás porított szén vagy szénvegyületek, illetve széngáz átbuborékolatásával történt és hatásos szemcséfinomítás eléréséhez csupán 0,1–0,2%-ra volt szükség. A kezelés 1 órán át tartott és nagy-tömegű olvadék szemcséfinomítására is alkalmasnak mutatkozott.

Az alumíniumkarbid szintén nagyon hatásos eszköze a szemcséfinomításnak. Nelson és Holde-mann¹¹ CO és CO_2 gáz átbuborékolatását több periódusban végezte és $700\text{--}870^{\circ}\text{C}$ közötti hőmérsékleten finomszemcséjű olvadékot kapott.

d) A vakuumban való olvasztás nemcsak a gáz-talanítást és a nemfémek zárványok elkerülését segíti elő, de nagymértékű szemcséfinomítást is előidéz. Az Mg-Zn ötvözetre a vakuum nem előnyös hatású. Ennél az ötvözetnél az FeCl_3 -as kezelés vagy kiöntés utáni hirtelen lehűtés idéz elő szemcséfinomodást.

Mg-Al ötvözet szemcséje az alumíniumtartalom emelkedésével finomodik. Klórozással, vakuummal, szerves, illetve szervetlen kloridokkal kezelt tovább finomodik és a szilárdság nő. A H_2 -gáz és a nemfémek zárványok, például túlsok finomítóso bekeverése a mechanikai és korróziós tulajdonságokat lerontja.

Az előbbieken elmondott módszerek bármelyikével finomított magnéziumötvözet hulladéka újraolvasztás után is minden kezelés nélkül megtartja finom szemcséjét, ha nem tartjuk hosszabb ideig nagyobb hőmérsékleten az olvadékot.

e) Szemcséfinomítást érhetünk el akkor is, ha az olvadékot öntés előtt állandóan keverjük. Ennek előnye, hogy a fajsúly szerinti különválás megakadályozása mellett a durva kristálykifejlődést is megakadályozza.

Végül meg kell emlékeznünk a képlékeny alakítás szempontjából jelentős szemcséfinomítókról, különösen a Ce, Ca és főleg a Zr hatásáról. Ez ötvözőanyagok néhányted százalékban is olyan előnyösen befolyásolják a szemcséfinomodást, hogy az ötvözet ezáltal könnyen gyúrhatóvá válik.

Összefoglalás

E rövid tanulmányban a magnézium és ötvözei olvadékának oxidáló és egyéb gázok behatása elleni védelmével, valamint a nemfémek zárványok eltávolításával foglalkoztunk. Megállapítást nyert, hogy a folyósítókból visszamaradó kloridzárványok a korrózió-ellenállást és a szilárdsági tulajdonságokat hátrányosan befolyásolják.

A vas és szilícium eltávolítása vagy legalább is legkisebb mértékre csökkentése feltétlenül szükséges, mert hatásuk az anyagra káros. Az olvadékok fino-

mitásához tartozik a klórgázzal való kezelés, mert ezzel tisztítunk és finom szemcsét állítunk elő. Hasonló eredményeket lehet elérni különböző szerves és szervetlen kloridokkal, szénmonoxid, széndioxid, sőt finomszemcséjű szénrel való kezelés útján is.

Vakuumban való olvasztás előnye a tiszta és finomszemcséjű olvadék előállítására.

IRODALOM

1. Dr. Louis A. Carapella : New Developments in Magnesium Foundry Technology. Aluminium and Magnesium 1946. VIII—IX.
2. Emley: Journal of the Institute of Metals 1949. II.
3. N. Claus : Svéd. szab. 105, 541 8/7. 1941.
4. K. V. Peredelszkij : Magnéziumötvözetek intermetallikus kötése. Luftfahrtindustrie 1939. I. sz. 32—34.
5. Sz. M. Voronov, L. Ja. Spoljanszkij, A. V. Csitajev : Ötvözött magnéziumcsövek előállításának technológiája. Luftfahrtindustrie, 1939. I. sz. 18—32.
6. G. Siebel : Über die Weiterentwicklung von Magnesium-Legierungen. Zeitschrift für Metallkunde 1948.
7. A. V. Lorch : Metals and Alloys. 21. 1652. (1945)
8. R. S. Busk and E. G. Babalek : H₂ in the Magnesium Alloys. Ist. of Metals Division 1947.
9. Hull Gren and Michell : Metals Technology, 12. I. P. 1834. (1945)
10. Mahoney Tarr and Le Grand : Metals Technology, 12. I. P. 1892 (1945).
11. Nelson and Holdeman : U. S. Patent 2, 380, 863.
12. K. W. Peredelszkij : Aluminiumtartalmú elektron ötvözése berilliummal. Moszkva, 1940.
13. Burns : Berillium in the Magnesium Alloys. Transactions of the American Society for Metals 1948.
14. Jakóby László : Fémöntödei sókészítmények, Bányászati és Kohászati Lapok, 1950. VI.
15. I. G. Farbenindustrie szabadalma 435, 560. 1939.
16. A. Luzenovszky : Csehszlovák szab. 64, 477. 1939. 10/5.
17. E. F. Emley : U. S. A. szab. 2, 497, 540. 26/8. 1947. 14/2. 1950.
18. E. F. Emley—A. S. Jessup : U. S. A. szab. 2, 497. 538. 25/8. 1947.
19. Ball and Fox. Magnesium Electron Ltd. London U. S. A. szab. 2, 497, 529. 8/3. 1946.
20. Krimov B. B. Litye Magnievoch szplavov. Oborongiz 1948.
21. Abromov G. A. »Metallurgia« 1944. N° 3. 1933. N° 6. 1935. 99.
22. Ageev H. B. Zamotorin M. H. Sojchet D. H. : Metallurg. 1936. N° 3. és 4.
23. Antipin és Alabisev A. F. Legkich Metalli 1932.
24. Ch. L. Sztrec. A. Ju. Taich, B. Sz. Guljanyickij : Metallurgija Magnyija. Moszkva, 1950.
25. Bjeljajeva A. I. Metallurgija Legkich Metallov, Metallurgizdat 1949.
26. A. Zeerleder : Technologie der Leichtmetalle. Zürich, 1947.
27. VDI : Werkstoff Magnesium. Berlin, 1939.
28. Dr. Papp E.—Dr. Buray Z. : Al₂—Mg olvadéknál felhasznált fedősók előállítása hazai anyagokból, Aluminium, Bányászati és Kohászati Lapok. 1949.

Hidrogén meghatározása fémalumíniumban

I. rész

681.261.2:669,788:669.71

DR. PAPP ELEMÉR, DR. ZOMBORY LÁSZLÓ ÉS ANTONESCU ADRIÁN

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ АЛЮМИНИИ (I)

Автор: Папп Елемир, Зомбори Ласло и Антонеску Адриан.

Авторы описывают один новый метод: Путем плавления алюминия в вакууме, газы находящиеся в нем отсасываются и отводятся пороком азота в прибор с температурными проволоками. Этот прибор является электрическим анализатором работающим в зависимости от теплопроводности газа.

Concerning the Determination of the H₂-Contents of Aluminium. (I).

By dr. E. Papp, dr. L. Zombory and A. Antonescu

After discussing the bibliographic data in regard of the H₂-Al system, a new proceeding is described, suited for the determination of the H₂-contents of aluminium. The gases contained in the aluminium are driven out by melting in vacuum and the gases drawn off are by means of a stream of nitrogen-gas led through a »hot-wire« apparatus, which in essence is an analysator functioning through the electric measurement of the differences in thermal conductivity of the gases.

Aluminium 7.

Über die Bestimmung des H₂-Gehaltes von Aluminium. (I.)

Dr. E. Papp, Dr. L. Zombory und A. Antonescu

Nach der Besprechung der auf das H₂-Al System bezogenen Literatur-Angaben wird ein neues Verfahren beschrieben, welches zur Bestimmung des H₂-Gehaltes von Aluminium geeignet ist. Die im Aluminium befindlichen Gase werden durch Schmelzen im Vakuum entfernt und die abgesaugten Gase werden mittels eines Stickstoff-Stromes durch einen »Wärmedraht«-Apparat geleitet, welcher im Wesen ein durch elektrische Messung der verschiedenen Wärmeleitfähigkeit der Gase wirkender Analysator ist.

I.

Bevezetés

Ismeretes, hogy a fémekben levő gáztartalom igen sok esetben károsan befolyásolja a fémek tulajdonságait. Az utolsó félévszázadban egész külön tudományág fejlődött ki, amely a gázoknak a fémekre való hatásával, valamint ezzel kapcsolatban a fémek gáztalanításával és a gáztartalom meghatározásával foglalkozik.¹

A fémekben levő gázok káros hatása főleg abban áll, hogy az öntéskor, különösen pedig átöntéskor a felületi szennyezések (zsirok, víz stb.) a folyékony fém hatására megbontva gáztermékeket (H_2 , N_2 , O_2 , CO_2 , CH_4) adnak, amelyeket a fém valamilyen módon megköt és amelyek a fém feldolgozásakor különböző alakváltozásokat (hólyagosodás, lyukacsosság stb.) idézhetnek elő. A laboratóriumi és üzemi tapasztalatok szerint a legtöbb fém esetében a hidrogén a *legkárosabb* gáz, főleg azért, mert a fémekben való *oldhatósága* a többi gázokéhoz viszonyítva aránylag *nagy*.²

A hidrogénnek az acélban és a rézben való viselkedéséről, továbbá a fenti fémek hidrogéntartalmának a meghatározásáról már korábban is számos közlemény és eljárásismertetés jelent meg, amelyek pontos és megismételhető eredményeket adnak.³

H_2/Al rendszerrel főleg az utolsó három évtizedben foglalkoztak a kutatók. Az eredmények azonban az első kísérleteknél erősen eltérőek voltak², az utolsó néhány év alatt a vizsgálati eljárások tökéletesedése folytán ez a kérdés is igen jelentős mértékben haladt előre.

A fémekben a gázok általában háromféle formában lehetnek jelen:¹

1. gázárványok alakjában;
2. valódi oldat formájában;
3. kémiailag kötve.

A hidrogén az egyetlen gáz, amelyik az alumíniumban *nem kötött* állapotban is oldódik, a többi szobajöhözhető gázszennyezés, mint az oxigén, nitrogén, CO , CO_2 majdnem kizárólag, csak mint megfelelő fémvegyület lehet jelen az alumíniumban.⁶ A hidrogén az alumíniummal a korszerű felfogás szerint ugyancsak képez hidrideket, a korábbi kutatók szerint a hidrid megjelölés nem jelent szoros kémiai kapcsolódást, hanem csak azt, hogy a hidrogént a fém valamilyen módon megkötötte.¹

A korszerű megállapítások szerint⁴ az alumíniumnak lyukacsosságát, valamint hólyagosodását elsősorban a hidrogén okozza, amelyet a fém a nyers-tömb öntésekor elnyelt és amely azután a fém megszilárdulásakor az utóbbit porózussá teszi vagy pedig a szilárd fémek hőkezelése (hegesztés stb.) alatt hólyagosodást, repedéseket idéz elő.

A hidrogénnek a folyékony alumíniumban való oldásával számos kutató foglalkozott.⁵ A megállapításaik szerint a fém által elnyelt hidrogén mennyisége (Q) a hőmérséklet és a fémmel érintkező gázterben uralkodó gáznyomás függvényeként fejezhető ki

$$Q = K \sqrt{pH_2}, \text{ ebből } \log K = \frac{a}{T} + b, \text{ tehát}$$

$$\log Q = \frac{a}{T} + b + 0,5 \log . pH_2.$$

Ez a *Sieverts*-féle összefüggés,¹ amely minden gázra érvényes. T az abszolút hőmérséklet, pH_2 a hidrogénnek a gázterben mérhető parciális nyomása, a és b kísérletileg meghatározható állandók.

A szilárd alumíniumnak hidrogént elnyelő képessége kisebb, mint a folyékony alumíniumé. Az oldási egyenlet természetesen a fentivel lényegileg

azonos, az állandók azonban mások, mint a folyékony alumínium esetében.

Miután, mint már említettük, az alumínium — előállításában közben — hidrogént oldhat, a hidrogéntartalom pedig lényegesen befolyásolja az alumínium további feldolgozásának eredményeit, igen nagy fontossága van az alumíniumban levő hidrogéntartalom ismeretének, illetve meghatározásának.⁶

II.

Meghatározási módszerek ismertetése

Általános ismertetés

A fémekben való gázmeghatározás lényegileg három részből áll:

1. fém előkezelése;
2. a fém által elnyelt gáz kinyerése;
3. a fémből kinyert gáz elemzése.

A fenti részleteknek az alumínium-hidrogén rendszerben adódó eddigi eredményei a következők:

1. Az alumínium előkészítése.

A fém alumínium hidrogéntartalmának meghatározásával foglalkozó korábbi közlemények a hidrogén mennyiségére nagyon eltérő eredményeket adnak meg. (1.9–125 cm³) *Steinhäuser*⁷, majd utána *Röntgen és Koch*² mutattak rá, hogy a magas értékeknek az az oka, hogy a vizsgálatra került fém felülete szennyezett volt. Kimutatták, hogy zsirtalanító oldatoknak gondos használata mellett a fémet még 350^o-ra fel kell melegíteni. Ha csak zsirtalanító szerrel kezeljük a fémet, az újbóli meghatározásnál ismét kapunk mérhető hidrogénmennyiséget. A kérdéssel igen részletesen foglalkozó legújabb közlemények is megállapítják, hogy a »siker a felület előkészítésénél tanúsított rendkívül óvatosságtól is függ. Őrizkedni kell zsirozó anyagok használatától és nem szabad a fémet kézzel érinteni.«⁶

Igen érdekesek azok a kísérletek, amelyek a hengerelt alumíniumban vizsgálták a hidrogéntartalmat. Az eredmények arra mutattak, hogy a hengerelt alumíniumból több hidrogén nyerhető ki, mint az öntési próbákból. Ebből azt a következtetést vonják le,⁵ hogy az alumínium a hidrogént kétféle módon köti vegyileg:

a) erős, irreverzibilis kötésben, amely csak nehezen adja le hidrogéntartalmát és amely a hengerlésnél a hólyagosodást idézi elő;

b) gyenge, reverzibilis kötésben, amely az öntött alumínium porozitását okozza.

2. A hidrogén kinyerése a fémből.

A fenti művelet lényegileg három módszerrel vihető keresztül:

a) szilárd alumíniumból mechanikus felaprítás útján;

b) az alumíniumnak kémiai reagensekkel való *feloldása* és az így szabaddá váló gázoknak semleges gázzal való kiűzése által;

c) a hidrogén kiűzése *olvasztott* alumíniumból:

1. vákuummal;
2. semleges gázzal való öblítéssel.

A felsorolt módszereket röviden az alábbiakban ismertetjük:

a) *Mechanikai aprítási módszerek.* A legrégebbi gázmeghatározási eljárások közé tartozik, hogy a fémeket folyadék alatt felaprítják (reszelés, fűrés) és a szabaddá vált gázokat felfogva megelemezik.¹ Érdekesek *J. F. Kolobnev*⁹ szovjetorosz kutató idevágó eredményei, aki az alumíniumnak vákuumban való reszelésével szabadította fel a gáztartalmat. Ily módon 100 g alumíniumban 25 cm³ hidrogént is talált.

Bár az eljárásnak gyakorlati jelentősége is van, nem kétséges azonban, hogy ezzel a módszerrel csakis a gázzárványok alakjában jelenlevő hidrogén szabadítható fel.

b) *Kémiai oldás.* A módszer lényege abban áll, hogy az elemzendő fémeket kémiai reagensekkel feloldjuk — rendszeren vizes oldatban —, a felszabaduló gázokat összegyűjtjük és megelemezük.¹⁰ Természetesen hidrogénmeghatározásnál vizes oldat nem jöhet szóba. Olyan reagenst kellett tehát keresni, amely hidrogént nem tartalmaz, másrészt a vizes közeget is mellőzni kellett.

Az alumíniumot a HgCl₂ feloldja AlCl₃ keletkezése közben. A reakció melegítve gyorsan lefolyik, azonban olyan hevesen és nyilvánvalóan egymásba fonódó vegyfolyamat sorozattal, hogy a hidrogén elkülönített meghatározására a szublimációs módszer nem alkalmas. Hasonló az eset a kénklorür felhasználásánál is.²

Jó eredményeket ad a bróm az alumínium feloldásánál. A keletkezett bromidok éterrel,¹¹ tetra-klórmétánnal¹² és széndiszulfiddal¹³ komplex vegyületek formájában oldódnak, az oldatból a hidrogén kiűzhető és meghatározható. Alumínium hidrogéntartalmának meghatározására *Chretien* és munkatársai² a bróm és CS₂ keveréket találták a legmegfelelőbbnek, amelynek alkalmazása esetén az egyéb oldószernél fellépő zavaró jelenségek elmaradnak.

Ezen eljárást a gyári laboratóriumi gyakorlatban is használják és annak lényege a következő: az alumíniumot nitrogénnel levegőmentesített készülékben Br/CS₂ elegyben oldjuk. A felszabaduló, vegyileg kötött hidrogén a brómmal HBr-t képez, amely ezüst-nitrát oldaton átvezetve egyenértékű AgBr-ot választ le, ez utóbbi gravimetrikusan meghatározható. A nem kémiai kötésben lévő H₂-t elégetve, mint H₂O-t határozzuk meg. *Chretien* és munkatársainak² adataiból megállapítható, hogy a vizsgált alumíniumok teljes kötött hidrogéntartalma HBr, illetve AgBr formába megy át.

A módszer kiértékelésénél meg kell jegyeznünk, hogy, miután az alumíniumot finom reszelék formájában kell oldani, a felaprítás következtében a gázzárványok vagy legalább is azoknak legnagyobb része elvész és nem kerül meghatározás alá. Viszont ez az eljárás feltétlenül felszabadítja és elemezhetővé teszi az erős vegyi kötésben lévő hidrogéntartalmat is.

Bizonyos fokig hátránya az eljárásnak az a körülmény is, hogy olyan reagensekkel dolgozik, amelyeknek a kezelése gyakorlatot és elővigyázatot követel.

c) *Olvasztásos módszerek.* Mind a szakirodalomban mind a gyakorlatban egyik leggyakrabban előforduló gáztalanítási eljárás a fémolvadékkal való

dolgozás. Az alumínium alacsony hőfokon olvad (658° C), ami nagy előny például az acélfajták elemzéséhez viszonyítva. Az analitikai gyakorlatban, mint már fentebb említettük, két olvasztásos eljárás használatos: a *kiűzéses*, továbbá a *vakuumos* módszerek.

1. *Kiűzéses módszerek.* Az eljárás azon alapszik, hogy a megolvasztott fémből felszabaduló gázokat az olvadékból ez utóbbival nem, vagy csak nagyon nehezen vegyülő gázzal (gázeleggyel) át-buborékolatás segítségével űzik ki.

Alumínium esetében *Tullis*, majd *Rosenhain* és munkatársai¹⁴ klórgázzal, továbbá különböző kloridokkal (TiCl₄, CCl₄) kísérleteztek, a folyékony anyagokat nitrogénáram segítségével fűjték át az olvadékon. *Hanson* és *Slater*¹⁵ hasonló kísérleteket végezve az 1:1 arányú nitrogén-klór gázkeveréket találták a legjobb öblítő gáznak. Ugyanez volt az eredménye a *Koch*¹⁶ által végzett kísérleteknek is. *Chretien* és munkatársai az alumínium-olvadékból száraz nitrogéngázzal űzik ki a hidrogént.²

E kiűzéses módszer a leghasználatosabbak közé tartozik és egyes kutatók szerint az olvadékok gáztalanítására a legalkalmasabb.¹⁷ Ha elemzésre használjuk a fenti eljárást, úgy szem előtt kell tartani azt a lehetőséget, hogy a kiűzésre használt gáz a fémolvadékban, ha csekély mértékben is, oldódhatik és így pl. fajsúlymérés alapján történő meghatározások az a körülmény zavarhatja.

2. *Vakuumos eljárás.* A szakirodalomban a legnagyobb számban ismertett eljárás a gázoknak a fémolvadékokból vákuum segítségével történő eltávolítása. A gyakorlatban is ez a módszer egyike a leghasználatosabbaknak. Az első ilyenmű meghatározások a múlt század végétől az 1930-as évekig¹⁸ az alumíniumra meglehetősen eltérően eredményeket adtak.

Ezek azonban újabb kutatások szerint az előkészítési hiányosságaira vezethetők vissza.¹ Az utolsó öt év kutatói által kidolgozott vakuumos eljárások eredményei a hibahatárokon belül azonosaknak mutatkoznak.¹⁶

A módszer lényege az, hogy a megolvasztott alumíniumból a gázokat vákuum segítségével kiszívjuk és az alább ismertett módok valamelyikével a hidrogéntartalmat meghatározzuk.

A megolvasztott fémben lévő gázok, ha a fém felületére nehezedő nyomás egyenlő, illetőleg kisebb, mint a gáz belső nyomása, buborék formájában eltávoznak az olvadékból. A jelenségre érvényes fizikai törvényeket szem előtt tartva, a következők állapíthatók meg:¹⁷

1. a fémben oldott gáznak csak egy része távozik el rögtön a megolvasztás után a vákuumban jelentkező buborékokkal, a másik rész csak hosszabb ideig tartó vakuumozással szívható ki;

2. a gáztalanítás annál hatásosabb, minél kisebb az olvadék magassága;

3. a gáztalanítás az olvadásponthoz közeleső hőmérsékleten a legeredményesebb.

Megfelelő kísérleti berendezések mellett a vakuumos eljárás — gyakorlati szempontból is — a fémben oldott gáz eltávolítására alkalmasnak látszik és mint említettük, a gyakorlatban használatos is.

3. Gázelemzési módszerek.

A hidrogén meghatározása alumíniumban az irodalmi adatok szerint a következő módszerrel lehetséges:

1. a vákuummal kiszívott gázt kompenzáló manométerrel térfogatosan határozzuk meg;

2. a fémből eltávolított és összegyűjtött gázt az ismert gázelemző módszerekkel határozzuk meg;

3. a fémből eltávolított gáz parciális nyomását mérjük a fémelvadék felett és ebből az ismertetett Sieverts-féle összefüggés¹ alapján következtetünk a fémben oldott hidrogén gáznyomására, illetve a H₂ tartalomra.

4. Az alumíniumot bróm- és széndiszulfidkeverékben feloldjuk és a kötött H₂-ből keletkezett HBr-t oldhatatlan csapadék formájában (AgBr), a nem kötött H₂-t H₂O alakban meghatározzuk.

A fent ismertetett, általában használatos eljárásokon kívül még az alábbi, ritkább meghatározási módszereket említhetjük meg:

5. Technológiai eljárások, amelyek szerint a megolvasztott, majd megmeredő fém felületéből, fajsúlyából, röntgenképéből vonnak le következtetéseket a fém gáztartalmára vonatkozólag. Ezen eljárásoknak¹⁹ a gyakorlati jelentősége elég nagy, azonban nem adnak teljes képet a megszilárduló fémben még bent maradt gázmenyiségről, amelyek egy további feldolgozásnál (átolvasztás, hengerelés) szintén kiválhatnak a fémből.

6. Igen nagyfontosságú és jövőben bizonytalannal egyre használatosabbá váló eljárás a hidrogén *spektrálanalitikai* meghatározása.²⁰ A hidrogén nehezen gerjeszhető, azonban nagy áramsűrűség és csökkentett nyomás mellett — megfelelő kísérleti berendezéssel — a hidrogén spektrálanalitikailag is meghatározható.

A fenti irodalmi elemzési adatok alapján a különböző gázanalízisek egybevetésével megállapítható, hogy az alumíniumból felszabadított gázoknak kb. 80–82%-a hidrogén, a többi gáz nagyrészt CO, kevés CO₂ és N₂. Ezekkel az adatokkal a saját eredményeink is egybevágnak.

III.

Előkísérletek

Az előrebocsátott irodalmi adatok ismeretében előkísérleteket folytattunk az alumíniumban oldott hidrogén meghatározására.

Az első elgondolásunk szerint az alumíniumot függőleges kvarc-csőben elhelyezett alundum-csőtégelyben fűtőspirális segítségével megolvasztottuk, az olvadékon nitrogéngázt buborékoltattunk keresztül és a felszabaduló gázokat 400° C-on tartott Jäger-csőben vezettük át, amelynek a súlycsökkenését mértük.

Egy másik előkísérletsorozatban vízszintes kvarc-csövet használtunk, amelyben — fűtőspirál segítségével — megolvasztottuk a grafitcsőnokban elhelyezett alumíniumot. A gáztalanítást ú. n. pihenetési eljárással¹⁷ óhajtottuk elérni a Sieverts-féle törvény alapján, amely szerint az olvadt alumíniumból mindaddig lép hidrogén a felette lévő gáztérbe, amíg a hidrogén parciális nyomásai kiegyenlítőd-

nek.¹ Az olvadékból kilépő hidrogént nitrogéngázzal való öblítés útján Jäger-csőben hajtottuk át.

Mindkét eljárásnál közös hibaforrásnak állapítottuk meg, hogy a Jäger-csőben a 400°-on átáramló nitrogén és a rézoxid között olyan egyensúlyi állapotok keletkeztek, amelyek a súlycsökkenésből megállapítandó hidrogénmennyiség meghatározását zavarták. Ennek kiküszöbölésére a Jäger-csövet csak égető csőnek használtuk és a hidrogént az utána kapcsolt P₂O₅ csövekkel mértük. A kapott eredmények bemért hidrogénre számítva, nem feleltek meg a várakozásnak.

Előkísérleteink alapján megváltoztattuk a kezdetben követett elgondolásainkat és az alumínium gáztalanítása céljából a *vakuumos* olvasztásos eljárást választottuk, a felszabaduló hidrogén mérésére pedig az ebben a viszonylatban tudomásunk szerint még nem alkalmazott *hővezetőképességkülönbség alapján* kidolgozott mérési eljárást használtuk fel.

Kísérleti berendezésünk elméleti alapja:

1. A közölt elméleti megfontolások alapján alumínium fémet nitrogéngázatmoszférában az olvadási hőmérséklete felé hevítettünk (800°) és huzamos ideig (1–3 óra) alacsony vákuumban tartottuk. Az olvadékot vákuumban hűlni hagytuk és a dermedés pontja közelében (650°) szárított nitrogéngázzal a kiszívott gázokat a készülékből kihajtottuk. Ezt az eljárást addig ismételtük, amíg az alább ismertetett jelzőkészülékünk kitérést, tehát H₂ tartalmat mutatott.

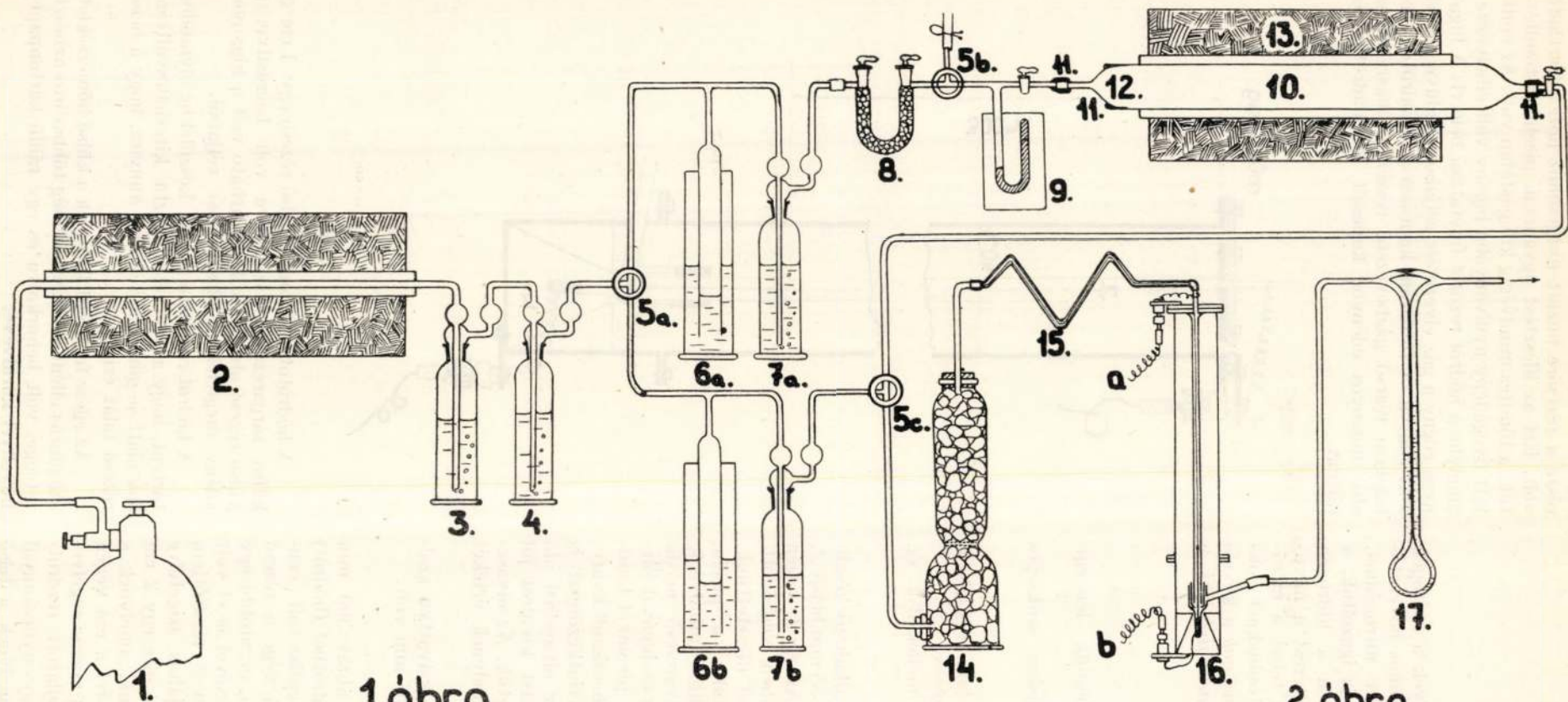
2. A hidrogén »hődrótos« meghatározása az automatikus gázelemző készülékeknel alkalmazott alábbi megfontolásokon alapszik.²¹

Ha egy vékony fémdrótba, amely egy fémsőbe valamilyen gázzal körülvéve (alapgáz) szigetelve van beforrasztva, elektromos áramot vezetünk, a drót a $Q = c^2rt$ összefüggésnek megfelelően felmelegszik. A drót hőmérséklete mindaddig állandó lesz, amíg a hőenergia vesztesége egyenlő a dróttal közölt elektromos energiával. A hőenergiavesztés *vezetés, sugárzás, a drótvégék lehűlése és konvekció folytán* történhetik. Ha ez utóbbi három tényezőt kiküszöböljük, úgy a drót hőmérséklete csak a körülvevő gáz hővezetőképességének lesz a függvénye. Ha a drótot körülvevő alapgázban (p. o. nitrogén) állandó áramerősséggel fűtjük a drótot, amelyet a külső hőmérséklet befolyásától gondosan elszigetelünk és egy olyan gázt bocsátunk hozzá — a gázáramlást egyenlő nívón tartva —, amelynek az alapgáztól különböző (jobb) hővezetőképessége van, a drót lehül. A drót hőmérsékletét mérhetjük a fűtőárammal szemben tanúsított ellenállásával. Lehüléskor a drót ellenállása megváltozik, ezt a változást kompenzálhatjuk, vagy pedig egy érzékeny árammérő műszerrel *jelezzük* az alapgázhoz hozzákevert jó hővezető gáz által okozott *ellenállásváltozást*.

A hővezetőképesség alapján való hidrogén-meghatározást az alumínium esetében igen alkalmasá teszi a két alábbi körülmény:

1. mint már fentebb említettük, az alumíniumból felszabaduló gázok több mint 80%-a hidrogén, a többi pedig főleg CO és kevés CO₂ és N₂.

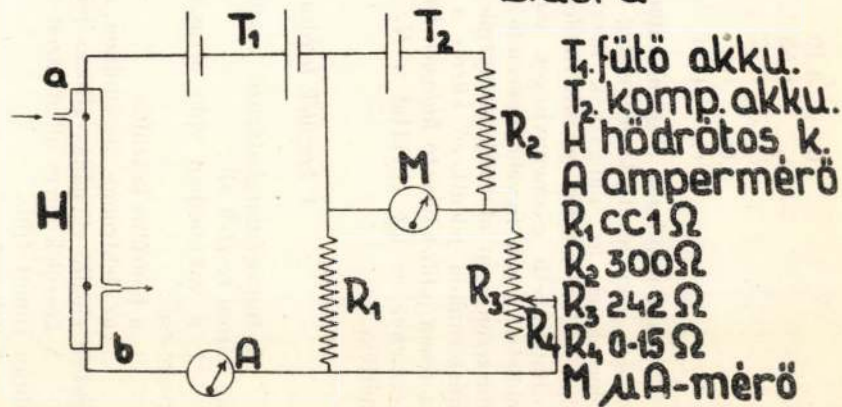
2. az alumíniumból felszabaduló gázok viszonylagos hővezetőképessége a következő:²²



1. ábra

2. ábra

- | | |
|---------------------------------|------------------------------------|
| 1. N_2 bomba | 9. Hg-os manometer |
| 2. csökemence N_2 tisztításra | 10. quarccső |
| 3. mosó palack, lúgos | 11. piceines tömítés |
| 4. " " H_2SO_4 -as | 12. quarc-cső-dugó |
| 5abc. 3-jurátú csapok | 13. csökemence az Al. olvasztására |
| 6ab. nyomásszabályozó | 14. szárító torony |
| 7ab. puffer-edény | 15. fojtó kapillaris |
| 8. P_2O_5 -os cső | 16. hődrótos készülék |
| 17. folyadék gázsebességmérő | |



- T_1 fűtő akku.
 T_2 komp. akku.
 H hődrótos k.
 A ampermérő
 R_1 1Ω
 R_2 300Ω
 R_3 242Ω
 R_4 $0-15 \Omega$
 M μA -mérő

H ₂	4,19
O ₂	0,58
N ₂	0,57
CO	0,53
CO ₂	0,34

Tehát mindazok a gázok, amelyek a hidrogén mellett jelen lehetnek, lényegileg azonos hővezető-képességűek az alapgáznak használt nitrogénnel. Ennélfogva, miként ezt kísérletileg is igazoltuk, a számbajöhető gázmennyiségek esetén a hidrogén melletti gázok figyelembeveendő eltérést a mérőműszeren nem okoznak. Lényegileg tehát a mérőműszerünkön jelentkező *kitérés* a többiekénél sokszorosan jobb hővezető *hidrogén hatásának* a következménye és így egyúttal a H₂ mennyiségének a mértéke is.

A készülék leírása

A hidrogénmeghatározó készülékünk lényegileg három részből áll:

1. a vakuumban való olvasztáshoz szükséges kvarc-cső;
2. a hődrótos készülék;
3. az elektromos mérőműszer, a hődrótos készülékben előálló ellenállásváltozás jelzésére.

A készülék egyes alkatrészeit a mellékelt 1. sz. ábrán ismertetjük.

1. Olvasztócső.

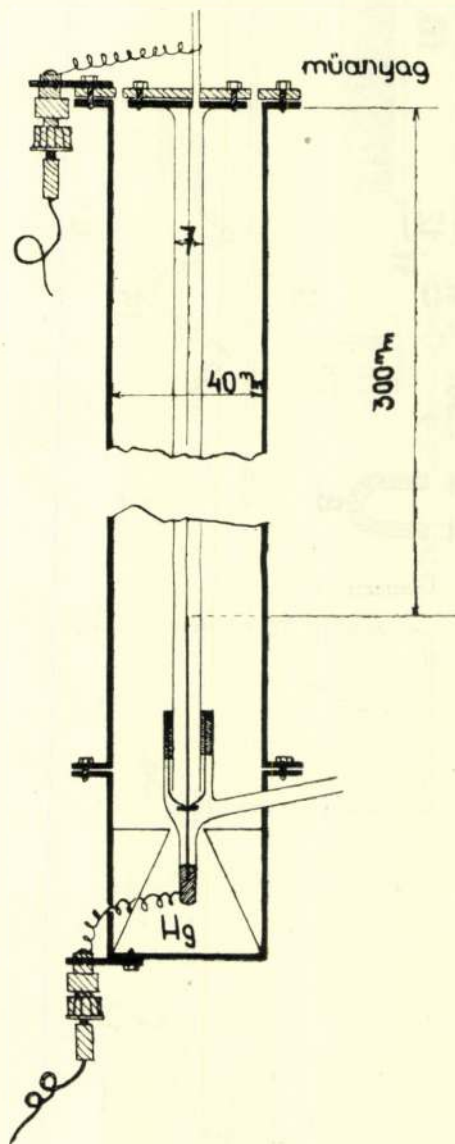
A vakuumban való olvasztásra alkalmas készülékünk 50 cm hosszú, 65 mm külső és 55 mm belső \varnothing , belül síma, öntött kvarc-cső volt. Az egyik végén legömbölyítve 1 cm \varnothing kvarc-csőben végződött, amelyre egy ráálló csapos üvegsövet illesztettünk. Az összeillesztést piceinnel végeztük; a picein, amelyet a kísérletek alatt hűtöttünk, mindvégig kifogástalan tömitést adott. A kvarc-cső másik végét 6 cm hosszú, becsiszolt kvarc-cső-dugóval zártuk el, amely az előbbihez hasonló, piceinnel tömített csapos üvegsőben végződött. A becsiszolt kvarc-dugó és a kvarc-cső közötti külső érintkezőrészt is piceinnel zártuk, amely tömitést az olvasztási idő alatt szintén hűtöttük. Az olvasztást kívülről jól szigetelt ellenálláskemencével végeztük. Az olvasztási hőmérséklet cca 800° volt, amelynek értékét pirométerrel állapítottuk meg.

A vakuumot egy Leybold-olajlégszivattyú szolgáltatta. A használt vakuum cca 0,05 mm volt.

2. Hődrótos készülék.

A hődrótos készülék (3. sz. ábra) 300 mm hosszú, 0,1 mm \varnothing nikkelwolfram drótból (hődrót) állott, amely egy 7 mm \varnothing sárgarézcsőbe volt centrálisan elhelyezve. A hődrót felső vége a rézcső felső zárólemezébe volt beforrasztva, ez utóbbi egy 2 mm \varnothing , 5 cm hosszú gázvezető csővel is el volt látva. A hődrót alsó vége egy 1 mm \varnothing rézdrótban folytatódott, amelyet a rézcső aljához szigetelve rögzítettünk oly módon, hogy a rézcsőre egy 2 cm hosszú ráálló üvegsövet illesztettünk, amelynek a lecsiszolt pereme néhány tized mm-rel a cső végén túlnyúlt. Ez utóbbihoz kis szárnyas csavar segítségével rögzítettük a csavarmenettel ellátott rézdrótvégződést. A rézdrót alsó vége egy nyúlvánnyal ellátott üvegedénykébe ért bele, amelynek a felső

része a rézcsőre húzott üvegsőhöz hozzáilleszhető volt. Ezt az illesztést ugyancsak piceinnel tömítettük, a tömités mindvégig kifogástalan volt. Az említett üvegedény nyúlványába higany volt elhelyezve, amelybe a hődrót rézdrót folytatása beleért. A higanyos edény a gáz elvezetése céljából oldalüvegsővel volt ellátva. A fűtőáram kapcsolása a hődrótot tartalmazó rézcső gázbevezető részéhez, másrészt az alsó higanyos edénybe kapcsolt platinadrótokhoz történt.



3. ábra.

A hődrótot tartalmazó belső rézcső egy 4 cm \varnothing külső sárgarézcsőbe szigetelve volt beerősítve, a külső rézcső alsó része lecsavarható volt a higanyos edény megfelelő beilleszthetése céljából.

A hődrót rögzítése a fenti készülékbe oly módon történt, hogy a hővezetés okozta kiterjedésváltozások alatt se görbülhessen meg annyira, hogy a belső rézcső falát érthesse.

Az egész fent leírt készülék a külső hőmérséklet-ingadozás elleni védekezésül még többszörös azbeszt-réteggel volt beburkolva és egy ráálló kartonpapírhüvellyel körülvéve.

A gázok bevezetése felülről történt, a belső részcső gázvezető nyulványán keresztül, kivezetése pedig az alsó higanyos üvegedény üvegsővén keresztül. Ez utóbbi egy tapasztalati skálával ellátott, folyadékos gázsebességmérőcsővel volt összekötve.

A fűtőáram vezetése a készülékre forrasztott, különlegesen biztosított banándugós összeköttetésekkel történt.

3. Elektromos mérőműszer.

A hődrótot akkumulátorárammal fűtöttük. Az előkísérletek során megállapítottuk, hogy a fűtőáram intenzitása a készülékünkben legcélszerűbben 1 A. Miután az eredményes meghatározások előfeltétele, hogy a fűtőáram intenzitása *ingadozás nélkül állandó legyen*, a meghatározások alatt, az előkísérleti tapasztalatok alapján 4 db 2 V-os akkumulátorral végeztük a hődrót melegítését, amelyek közül 2—2 párhuzamosan és a párok sorba voltak kapcsolva. Miután az ingadozásmentes fűtés beállítása, továbbá a mérések is hosszabb fűtőáramigénybevétellel járnak, az akkumulátorok állandó töltésére igen gondosan kell ügyelni. Az elektromos mérőberendezés egyes adatai, a mellékelt kapcsolási rajzon részletesen fel vannak tüntetve (2. ábra).

A hődrótos gázelemzés ismertetésénél hivatkoztunk arra, hogy az állandóan pontosan tartandó fűtőáramerősség mellett ugyancsak állandónak kell lenni a hődrótos készüléken *keresztülmenő gáz sebességének is*, amit célszerűen a *gáz nyomásának* mérésével ellenőrizhetünk.

Az előkísérleteink folyamán, amelyek alatt a mérőberendezés érzékenységét oly módon állítottuk be, hogy a mérőműszerünk kitérése a várható gázmennyiségeket megfelelő érzékenységgel és pontosan észlelhetően jelezze, a készüléken keresztülmenő gáz mennyiségét kb. 10 l/óra-ban állapítottuk meg, amely gázmennyiség természetesen egyenletes áramban kell, hogy a készüléken átmenjen. A gázáram intenzitását a jelzett egyszerű folyadékmánométerrel mértük. A gázsebességet oly módon állítottuk be, hogy a mérések alatt a tapasztalati skálánkon mérhető nivőkülönbség mindig azonos (16 mm) legyen.

Miután az előkísérletek folyamán meggyőződünk arról, hogy gáznyomás állandósága a mérések eredményessége szempontjából éppen olyan fontos, mint a fűtőáram intenzitásának állandósága, a gáznyomás állandóságát a gáz áramlási körébe beiktatott, conc. kénsavval megtöltött cső nyomásszabályozókkal, pufferedényekkel és fojtó kapillárisal biztosítottuk. *Alapgázul nitrogént* használtunk. A palackból kijövő N_2 gázt cca 600°-ra felmelegített rézdrót hálón, majd lúgos és savas mosópalackokon vezettük keresztül az esetleges zavaró szennyezések (oxigén, hidrogén, vízgőz) visszatartása céljából. A nyomásszabályozókból kilépő *nitrogéngázt* pufferedényen, végül foszforpentoxidos szárítócsövön vezettük át, hogy az esetleges savcsöppeket és nedvességnomokat a kvarc csőbe való belépés előtt a nitrogéngázból eltávolítsuk.

A feladatunk természeténél fogva a nitrogénáram vezetését úgy kellett végezni, hogy az állandó nyomáson menjen át a hődróton akkor is, ha az

olvasztócső ki van kapcsolva, (tehát pld. a vakuumozás alatt) de akkor is, ha az olvasztócsőből kellett a gázokat a nitrogénnel kiűzni és a hődróra rávezetni. Ezt a lehetőséget az 1. ábrán feltüntetett háromfuratú csapokkal oldottuk meg. A csapok megfelelő állítása esetén a nitrogéngáz vagy az egyik nyomásszabályozón és pufferedényen át a hődrótos készülék előtti — kalciumkloriddal és kobaltsóval itatott szilikagéllal megtöltött — szárítótoronyon át megy a hődrótos készülékbe, vagy pedig egy másik nyomásszabályozón, pufferedényen és foszforpentoxidos szárítócsövön át az olvasztócsőbe megy és ezen át viszi magával annak gáztartalmát a hődrótos készülék előtti szárítótoronyba stb.

A foszforpentoxidos szárítócső beiktatása az utóbbi gázáramkörbe azért is fontos, mert az olvasztótérbe bekerülő vízgőzök az olvadt alumíniumon diszszociálva a hidrogéntartalom meghatározását zavarják. A készülék részeinek összekötése, ahol csak lehetséges volt, üvegsővel történt. Az okvetlenül szükséges gumikötések olvasztott parafinba áztatott vakuumgumi darabok voltak. A tapasztalataink szerint az így elkészített gumikötések minden szempontból teljesen jól zártak.

A vakuumozást az 5. b.-vel jelzett 3-as csap segítségével végeztük, ugyanezen a csapon bocsátottuk be a rendszerbe — enyhe túlnyomással — az előkísérletek alatt a bemért térfogatú hidrogéngázt.

A készülék használata.

Kísérletek előtt a rendszert száraz nitrogéngázzal addig öblítettük, amíg belőle a levegőt teljesen kiűztük. Miután ez kb. 1 órát vett igénybe, ezt az időt úgy rövidítettük meg, hogy a kísérletek befejezése után a megfelelő csapokat elzárva a rendszert nitrogéngázzal telítve hagytuk. A rendszer, mint említettük, jól zárt és így az újabb kísérletnél az átöblítés rövid ideig tartott, továbbá ily módon nitrogént is megtakarítottunk. A nitrogénnel való öblítéssel párhuzamosan bekapcsoltuk a hődrótos készülék fűtését. A miliampermérő, ha a készülék a nitrogén áramra beállított fűtési állapotot elérte, nyugvópontra jut. Ez a beállítás azonban, ismételjük, csak állandó 1 Amp-es fűtőáram intenzitás és 16 mm-es empirikus gáznyomás mellett történt. Ha már mindkét gázáramkör át volt öblítve nitrogéngázzal, a jelzőműszert is pontosan 0-ra állítottuk és a készülék készen állt a hidrogén meghatározására.

IV.

Összefoglalás

A szakirodalom kiértékelése és az előkísérleteink folyamán nyert tapasztalatok alapján készüléket terveztünk és állítottunk össze a fémalumínium hidrogéntartalmának meghatározására. A gázoknak a fémből való eltávolítására a *vakuumban való olvasztást*, a felszabaduló hidrogén mennyiségének meghatározására pedig a *gázok különböző hővezető képességén* alapuló »hődrótos« eljárást választottuk.

A meghatározott mennyiségű hidrogén bemérésével végzett kísérletsorozatok eredményeit, vala-

mint a különböző fémalumínium mintákból végzett hidrogénmeghatározások eredményeit dolgozatunk második részében fogjuk ismertetni.

Kísérleteinket a Fémipari Kutató Intézetnek a Műegyetem Elektrokémiai tanszékén elhelyezett kémiai osztályán végeztük. Az előkísérletek során, amelyeket brigádban végeztünk, értékes segítségünkre voltak Zöld Ernő vegyész-mérnök és Hadi József műszaki főiskolás kartársaink.

IRODALMI ÖSSZEFOGLALÁS

1. A. Sieverts : Z. Metallk. 21. 1929. 37 ; W. Hessenbruch : Z. Metallk. 21, 1929, 46.
2. P. E. Chretien, H. A. Nipper és E. Piwowarsky : Al. Arch. 23. 1939. 1.
3. N. Allen, : J. Inst. Metals, 1930, 43, 81. — H. Schenck, L. Luckemeyer—Hasse : Arch. Eisenhüttenw. 1932—33, 6, 209. — C. Zapffe, C. Sims : Trans. A. I. M. E., 1941, 145, 225. — J. F. Carter : J. Met. 188, 1950, 30. — C. E. Sims és G. A. Moore : Trans. A. I. M. E. 6, 1948. — G. Derge, W. Pfeifer és J. H. Richards : Trans. A. I. M. E. 176, 1948, 218.
4. C. Ransley és Neufeld J. : Inst. Met. 74, 1948, 561. — W. R. Opie és N. J. Grant : J. Met. 188, 1950, 1237.
5. P. Röntgen és H. Braun : Metallw. 1932, 459. — P. Röntgen és F. Möller : Metallw. 13, 1934, 81. — L. L. Bircumshaw : Trans. Farad Soc. XXXI. 1935. 1439. — H. Winterhager : All. Arch. 12, 1938. — B. Bauckloh és F. Oesterlen : Z. Metallk. 30, 1938, 386. — Y. Dardel : Met. Trans. Act. 185, 1949, 868.
6. R. Eborall és C. Ransley : J. Inst. Met. 71, 1945, 525. — J. Sloman : J. Inst. Met. 71, 1945, 391. — Y. Dardel : Met. Ind. 76, 1950, 203.
7. K. Steinhäuser : Z. Metallk. 26, 1934, 136.
8. P. Röntgen és W. Koch : Z. Techn. Phys. 15, 1934, 280.
9. J. F. Kolobnev : Cviestnie Met. 5, 6, 1936, 110, 115.
10. P. Klinger : Stahl und Eisen, 46, 1926, 1245.
11. J. Nicklés : Comp. rend. 52, 869, 1861.
12. A. Krakau : Gustavson Bull. Soc. Chim. 34, 322, 1880.
13. W. Plotnikov : Z. Anorg. Ch. 31, 127, 1902.
14. D. R. Tullis : Z. Metallk. 21, 100, 1929. — W. Rosenhain : J. D. Grogan és T. H. Shoefield J. Inst. Met. 44, 305, 1930.
15. D. Hanson és J. G. Slater : J. Inst. Met. 46, 187, 1931.
16. W. Koch : Z. Metallk. 23, 95, 1931, Metallwirt. 10, 1931, 69.
17. Verő J. : Bányászati és Kohászati Lapok IV. 1949, 473.
18. Dumas : Compt. rend. 90, 1027, 1880. — B. Delachenal : Compt. rend. 148, 561, 1909. — M. Guichard és P. Jourdain : Bull. Soc. Chim. 11, 921, 1912. — L. L. Bircumshaw : Phil. Mag. 7, 1510, 1926. — L. Guillet és A. Roux : Compt. rend. 184, 727, 1927. — W. Hessenbruch : Z. Metallkunde 21, 46, 1929. — Roebeling : Dipl. Arbeit, Achen, 1929. — H. Nipper : Z. Metallk. 25, 65, 1933.
19. J. Cochralisky : Z. Metallk. 14, 277, 1922. — E. Scheuer : Metallwirtschaft 10, 947, 1931. — R. Sterner Rainer : Z. Metallk. 23, 247, 1931. — E. Scheuer : Schw. Arch. Wiss. Techn. 4—6, 1934. — G. Gürtler : Giesserei 25, 88, 1938.
20. K. Pfeilstricker : Spektrochim. Acta 1, 1940, 424.
21. G. Wagner : Gasanalitiches Prakt. III. 1940, 94.
22. Biebesheimer—Schuster : Laboratoriumsbuch für Gaswerke 1949, 57.

Üzemi nomogramm a bauxit bekeverésének kiszámításához

BORSICZKY VERONIKA

518:669.712.11:001,24 669.712

Заводская номограмма служащая для определения вводимого количества боксита.

Nomographie table for determination of the weight of bauxitecharges applicable in Bayer-process.

Nomografische Tafel zur Berechnung der Menge des zu verarbeitenden Bauxites.

Olvastuk dr. Lányi Bélának a KL. 1951. évi 3. számában megjelent tanulmányát a bauxitelőkészítés nevezéktanáról. A cikk régi hiányt pótol az alumíniumiparban, amikor összhangba hozza a tudományos életben használatos és az iparban bevezetett elnevezéseket. Kívánatos volna, hogy ezeket az elméleti alapokon nyugvó, helyes fogalmakat ne csak a KL-ban olvassuk, hanem felcseréljük velük az ipar évtizedek óta begyökeresedett legtöbbször teljes helytelen és logikátlan, de megszokott elnevezéseit. Ez természetesen idő és jóakarát kérdése, de úgy gondoljuk, nem kivihetetlen.

Különösen érdekesek számunkra a közölt bauxit bekeverési nomogrammok, melyek a Bayer-eljárás-

nál előforduló összes lehetséges esetekre kiterjednek. Használatuk feltárási kísérletsorozatoknál nagy segítséget és könnyítést jelent.

Üzemben, ahol a gyártási feltételeket a gyártási előírás már eleve megszabja, ennyi variációra szükség nincs, ezért közölni kívánunk egy nomogrammot, mely nem ilyen átfogó, de éppen azért egyszerűbb. Tekintetbe vesszük azt, hogy minden üzem pontosan meghatározott feltételek szerint kell, hogy dolgozzék, amelyet a gyártási technológia ír elő. Ez az előírás az összes lehetséges esetek közül csak egy szűk csoportot enged meg, úgyhogy üzemi használatra az eseteknek ez a szűk csoportja kell, hogy könnyen kezelhető formában rendelkezésre álljon.

A nomogramm használatához ismerni kell a bekeverő lúg szabad Na_2O és Al_2O_3 tartalmát. Ezek meghatározása történhetik akár titrálással, akár a káliumfloridos, vagy a Winteler-eljárással, vagy akár a Fémipari Kutató Intézet igen jól használható turbidimetriás eljárásával is.

Üzemünkben az alumínátlúgok elemzése az ismeretes Bogolepov-féle titrálással történik. A nomogramm szerkesztése és jelölései is ennek megfelelőek.

A titrálás két részből áll. Első lépésben fenolftalein indikátorral színátcsapásig hidegen titrálunk 1 cm³ eredeti (10×-es hígítású) lúgot n/l HCl-el, miáltal közömbösítjük a lúgban lévő szabad NaOH-t

Na₂CO₃-ot és az alumínátmolekulában kötött Na₂O-t. A második lépésben a titrálást tovább folytatjuk n/l-es HCl-el, de tropeolin indikátorral, kezdődő színátcsapásig, 80° C-on. Lényeges az, hogy az alumíniumhidroxidok alumíniumkloriddá való átalakításához szükséges sósavat egyszerre és melegítés előtt adjuk a próbához, különben a csapadék előrepszik és legjobb esetben is sósav túlfogyás

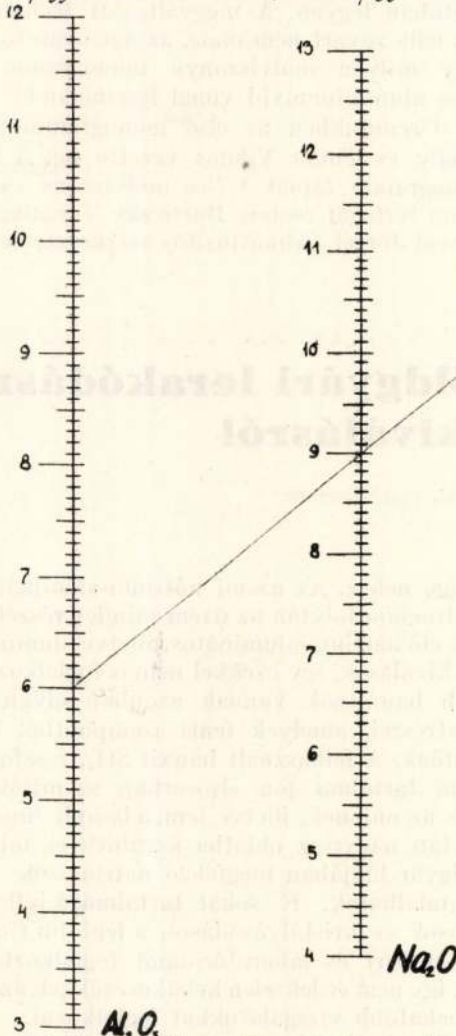
Bekeverő nomogramm

M-1:47 adott üzemi lérfogatra.

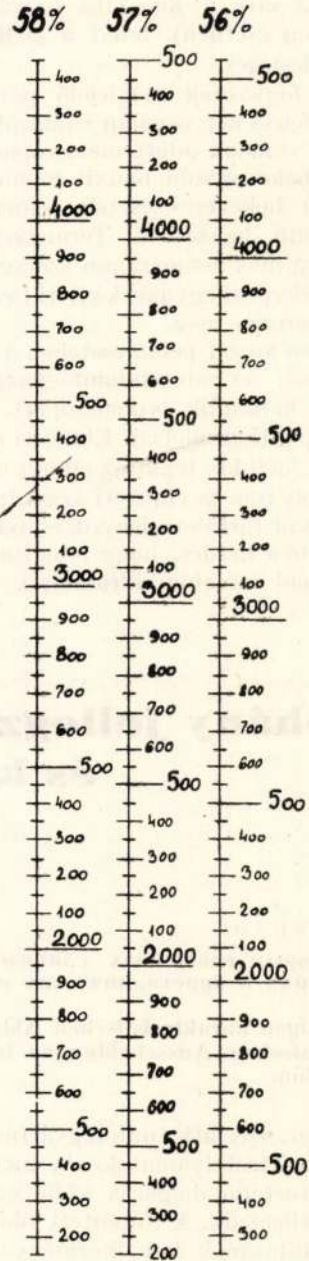
A beküldött minta szüredékének 20 cm³-e felhígítva 200 cm³-e ebből 10 cm³ titrálva 1/4 sósavval

1. a fenolftalein elszíntelenedéseig (Na₂O)
2. a tropeolin 00 átcsapásáig (Al₂O₃)

Tropeolinnal fogyott HCl cm³ Fenolftaleinre fogyott HCl cm³



Az üzemben előírt lúglérfogatba bekeverendő bauxit kg. az Al₂O₃ tartalom szerint.



Az ábrán látható esetben Al₂O₃-ra fogyott 6 cm³, Na₂O-ra 9 cm³ 1/4 HCl. Elméleti bekeverés 58%-os [57,55] Al₂O₃ tartalmú bauxit esetén 3300 kg, nomogrammból leolvastva 3280 Δ_{Btk} = 20 kg [30-40]

áll be. Miután a fenolftaleinnel letitrált és fehér csapadékos oldat a megfelelő mennyiségű sósavval való forralás után teljesen átlátszóvá vált, majd 80° C-ra hűlt le, egy csepp tropeolin 00 hozzáadása után kezdődő hagymavörös színig titrálendő. Ennek a második titrálásnak a sósavfogyasztása 1 cm³-en belül kell, hogy legyen. A tropeolin 00 átsapási színe némi gyakorlattal 0,05 cm³ pontossággal megfigyelhető.

A titrálás folyamán fogyott összes HCl mennyiségéből levonjuk a »fenolftaleines fogyást« és megkapjuk az »aluminium fogyasztást«. A bekeverendő bauxit mennyiségének a nomogrammból való megállapításához erre a két HCl fogyás adataira van szükség (jelen esetben), tehát a gr/literre való átszámolás felesleges.

A két fogyásnak megfelelő ponton a nomogramm megfelelő két vonalán vonalzózt fektetünk át, a harmadik vonalon adott metszéspont közvetlenül megadja a bekeverendő bauxit mennyiségét, előírt molviszonyú bekeverés esetén, ismert alumíniumoxid tartalmú bauxitból. Természetesen minden molviszonyra más nomogramm szerkesztendő, mivel a három értékvonala egymás közötti távolságát a molviszony határozza meg.

Az ábrán közölt példa esetében a »fenolftaleines fogyás« 9 cm³, az »aluminiumfogyasztás« 6 cm³, a vonalzó a harmadik vonalcsoport első vonalát 3280 kg-os pontban metszi. Elméleti számítás útján a bekeverés 3300 kg, tehát az eltérés a nomogrammból való leolvasás és elméleti számítás között 58% alumíniumoxid tartalmú bauxit esetén 20 kg.

Feltehető a kérdés, hogy fenolftaleines titrálásnál a szabad nátriumhidroxidhoz nyilvánvalóan

hozzátitrált szódatartalmat — mely a feltárásnál a jelenlegi hőmérsékleten hatástalan — miért nem kell levonni. Ennek oka az, hogy a feltáró lúg szódatartalmát, amely állandóan 12–15% között mozog, már a nomogramm szerkesztésénél figyelembe vettük. A szódatartalom nagyobb mérvű változása természetesen hibát okoz, üzemi pontosságon túlmenően is, ugyanazon nomogramm használatára esetén. Állandó 13%-os szódatartalom esetén a nomogramm pontossága 10–20 kg, ami 3500–4000 kg bauxitliszt bekeverésénél a mérés pontosságát meghaladja.

A nomogrammot 1947 óta használják timföldgyárunkban. Bevezetése által elértük, hogy a feltárások jóval egyenletesebbek lettek, valamint azt, hogy a technológiai előírások megváltoztatása esetén (bauxit összetételének változása, molviszony szükséges megváltoztatása), pillanatokon belül, a nomogramm táblának egy másik előkészített táblával való kicserélésével meg tudunk felelni az üzem követelményeinek.

Tekintve, hogy állandó és sorozatmunkáról van szó, jelentős a nomogramm egyszerűsége. Így a *laboránstól csak azt kell megkövetelni, hogy pontosan titráljon* és a nomogramm kezelésével tisztában legyen. A megváltozott technológiai előírás nála zavart nem okoz, az üzemvezető adja meg, hogy milyen molviszonyú nomogramm és hány %-os alumíniumoxid vonal használandó.

Üzemünkben az első nomogrammot Máriaassy Mihály és Timár Vilmos vezette be. A közreadott nomogramm táblát 1,7-es molviszony és megfelelő üzemi térfogat esetére Borsiczky Veronika (Ajka) és Hevesi József (Almásfüzitő) szerkesztette.

Néhány jellegzetes timföldgyári lerakódásról és kristályos kiválásról

BOGÁRDI ENDRE okl. vegyészmérnök

548.5:669.712

Е. Богарди:

О некоторых особенных глиноземно-заводских осадениях и кристаллических выделениях.

Über einigen charakteristischen Ablagerungen und kristallinen Ausscheidungen in der Tonerdefabrikation.

A Bayer szerinti timföldgyártás egyike ama nagyipari gyártásfolyamatoknak, melyre a telített oldatokkal történő dolgozás különleges nehézségei legjobban jellemzők. A túltelített oldatok tárolásának és szállításának következményei az üzemben mindenhol előforduló kiválások, lerakódások és kristályosodások. E kiválások részint előnyösek, mert elősegítik a lúg tisztulását, az előnnyel együtt azonban az üzemmenetre káros hátrányok is járhatnak, mert a lerakódások gyakran előfordulnak nemkívánatos helyeken is és csövek, tartályokel tömődését, lerakódását okozzák, amelyek eltávolítása gyakran

eléggé nehéz. Az üzemi nátrium-aluminát lúg koncentrációja folytán az üzem minden részében fordul elő nátrium-aluminátos, illetve alumíniumhidrátos kiválások, így ezekkel nem is foglalkozom. A legtöbb bauxitnak vannak azonban olyan járulékos alkatrészei, amelyek fenti szempontból figyelemre méltóak. A felhasznált bauxit SO₄, foszfor és vanádium tartalma jön elsősorban számításba, mert ezek az anionok, illetve fém, a bauxit lúgos kezelése folytán nagyrészt oldathába kerülnek és minden timföldgyár lúgjában megfelelő nátriumsók alakjában megtalálhatók. E sókat tartalmazó jellegzetes kiválások és kristályosodások a legtöbb timföldgyári szakembert és laboratóriumot foglalkoztatni szokták, így nem érdektelen keletkezésükkel, azok okaival és behatóbb vizsgálatukkal foglalkozni.

Szulfátot minden hosszabb idő óta üzemben lévő timföldgyár lúgjában lehet találni. Ha a szulfát-tartalom kisebb értékek körül van (híg lúgban

4–6 g/l SO_4) különösebb káros hatása nem észlelhető. Kedvezőtlen körülmények összejárásánál azonban előadódhat az az eset, hogy a szulfát-tartalom az üzemi lúgban emelkedik. Ez esetben már kezdenek mutatkozni a szulfátosodással járó káros hatások, *nátriumszulfátot tartalmazó lerakódások és kiválások*. A nagyobb mérvű szulfátosodás okát keresve a következőket tapasztalhatjuk: ha az üzembe bekerülő anyagokat megvizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy ez anyagok, így a marónátron, mész és víz legtöbbször több-kevesebb szulfátot tartalmaz, ezek mennyisége azonban nem elegendő, hogy vele a szulfát feldusulását megmagyarazzuk. Legtöbb esetben a szulfátosodás közvetlen okozója az üzemben legnagyobb mennyiségben felhasználásra kerülő nyersanyag, a bauxit (v. ö. Alumínium II. évf. 1. sz. dr. Evva: Vanádium és foszforvegyületek útja a timföldgyártásban 15. old.). Ismeretes és saját vizsgálataim is igazolták, hogy a timföldgyártás céljaira alkalmas magyarországi bauxitok legtöbbször 0,01–0,6%-ig terjedő mennyiségben tartalmaz szulfátot. Az ilyen alacsonyabb szulfát-tartalmú bauxittelepüléseken is előfordulhatnak azonban olyan rétegek, illetve fejtési helyek, ahol a szulfát-tartalom ennek többszöröse és a szulfát érték 1,0–1,8%-ra is felmegy. Az általam vizsgált 1,45% szulfát tartalmú *szőci* bauxittelepülésről származó bauxitban a szulfát teljes egészében Ca és Fe-hez szulfátként kötötten volt található. Ha ugyanis az 5000-es szitafinomságúra porított bauxitot vizes extrakciónak vetettük alá és forróvizes, majd hidegvizes, huzamosabb ideig tartó keverés után a kapott vizes extraktumot szűrés után besűrítve megvizsgáltuk, abban csakis Ca, Fe és SO_4 volt kimutatható. Ilyen bauxittelepeken csakugyan lehet találni a bauxitrétegben szép gipszkristályokat (1. sz. kép). Kétségtelen tehát, hogy az ilyen bau-



1. kép. Néhány jellegzetes timföldgyári lerakódásról és kirakásról.

xitok szulfát-tartalma a lúgos feltárás folyamán nagyrészt oldatba fog kerülni, mint nátriumszulfát és tekintettel a feldolgozott bauxit nagy mennyiségére eléggé sok szulfátsó bejutásával lehet számolni. Nem szabad tehát megelégedni a feldolgozásra kerülő bauxit szulfátra történő egyszeri megvizsgálásával, hanem állandóan figyelemmel kell kísérni a beérkező bauxit szulfát-tartalmát is.

Nátriumszulfátot tartalmazó lúg, ha a szulfát-tartalom bizonyos határon túlmegy, nátriumszulfátos kiválásokat eredményez főleg azokon a helyeken, ahol sűrűlég kerül felhasználásra. Így például a feltáró-autoklávokban kemény vöröses színű, nehezen oldható só válik ki, mely az elemzés szerint:

Na_2SO_4	59,01%
SO_4	40,00%
Al_2O_3	2,21%
Fe_2O_3	8,00%
SiO_2	0,05%
sz. NaOH	5,60%
ö. NaOH	54,82%
izz. v.	4,82%

összetételt mutatott. A kiválás nemcsak az autoklávban, hanem a készülékek ürítőcsöveiben is gyűrűs lerakódások formájában mutatkozik, ami az ürítőcső teljes eldugulását is okozhatja. Hasonló káros nátriumszulfátos sókiválás mutatkozhat a híg lúg besűrítésére használatos vákuumkészülékekben is. A Vogelbusch rendszerű bepárlókészülékek alsó kónuszos részében majdnem tisztán nátriumszulfátból álló kérges kiválás tapasztalható. Összetétele:

Na_2SO_4	68,20%
SO_4	46,50%
Fe_2O_3	0,02%
P_2O_5	0,12%
V_2O_5	nyom
sz. NaOH	4,60%

Nagy szulfát-tartalmú, főleg sűrűlúgból (38–42 Be) a felesleges, már oldatban nem maradó, már rövidebb ideig tartó állás után magától is bekövetkezik. Érdekes, hogy az így kiváló szulfátiszap vanádiumot csak nyomokban és foszfort is csak kis mennyiségben tartalmaz. Összetétele:

Na_2SO_4	46,85%
SO_4	31,70%
Al_2O_3	2,52%
P_2O_5	0,10%
V_2O_5	0,05%
Na_2CO_3	19,57%
ö. NaOH	68,67%
tap. nedv.	34,80%

Fentiek, valamint üzemi tapasztalatok alapján kimondhatjuk, hogy 0,6–0,7% feletti, fenti formában kötött szulfátot tartalmazó bauxitot Bayer-féle timföldgyártás céljaira *felhasználni nem ajánlatos*. Nagyobb szulfát-tartalmú bauxitok feldolgozásával kapott nátriumszulfát-tartalmú aluminátlúg a feltárással és az egész timföldüzemi körfolyamatra igen káros hatása, a feltárólúg szulfátmentesítése pedig elég körülményes és üzemileg nehezen oldható meg. A szulfát okozta nátronfogyasztás is igen jelentékeny (v. ö. Alumínium II. évf. 6. sz. 15. o. Dr. Gedeon: Kéntartalmú bauxitok feltárása.).

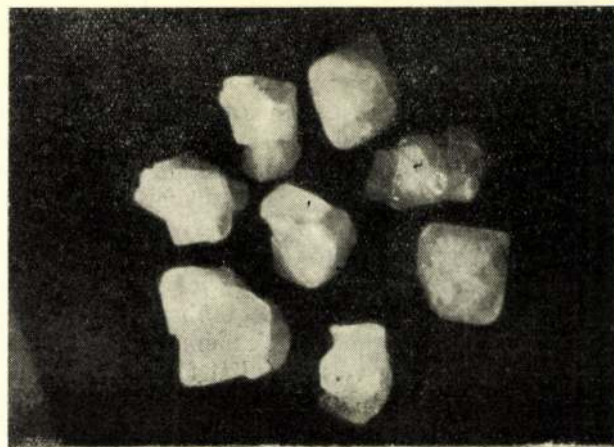
Szó esett már lapunk hasábjain a timföldgyártási folyamatban mesterségesen előidézett foszfor-vanádium tartalmú kiválásról, a vanádium-izsapról. Előfordulnak azonban foszfor-vanádium

tartalmú kiválások legtöbbször kristályos formában az üzem olyan helyein is, ahol kiválásuk hőfokingadozások, esetleges helyi lehűlések folytán jön létre. Igaz, hogy e kiválások mennyisége nem nagy és általában különösebb káros hatásuk sincs, azonban ha a kristályos kiválás már olyan helyen megindul, ahol az alumínátlúgból kiváló kristály az alumíniumhidrátba kerülhet, igen nagy a jelentőségük. E fajta oktaédes kristálykiválás az üzem legkülönbözőbb helyein megtalálható. Főleg a hidroszeparátor, ahhoz tartozó Dorr ülepítő falain, keverőlapátjain és kifolyónyílásain egész telepeket alkotnak, de a hidrátszűrőkön is megtalálhatók. Legnagyobb mennyiségben a lúgbesűrítőkészülékek falain válnak ki (2. sz. kép). Előfordulhat az az eset is, hogy már a kikeverőtartályokban megindul a foszfor-vanádium kristályok kiválása. Ez esetben természetesen nemcsak a kikeverők falain és keverőin található meg a jellegzetes kristályok, hanem mikrokristályok formájában a hidrátos lúgban is. Így a hidráttal együtt kiszűrésre kerülnek és mivel mosással nem távolíthatók el teljesen, annak ellenére, hogy a timföldhidrát csak kevés oldható nátront tartalmaz, nagy foszfor és vanádium tartalmú timföldhidrátot kapunk. (P_2O_5 : 0,043 %, V_2O_5 : 0,012 %, oldh. NaOH: 0,020%) Normális timföldhidrátban ugyanis a foszfor- és vanádiumtartalom a hidrát oldható NaOH tartalmával arányos. Az ilyen hidrátból nyert timföldnek kohósításra és a kapott készalumíniumra való káros hatása magyarázatra nem szorul. A kikeverés körülményeinek (hőfok stb.) és a foszfor-vanádium egyensúly megfelelő beállításával feltétlen el kell kerülni, hogy a kristályok kiválása már a kikeverőtartályokban megindulhasson.

Fent említett helyekről származó oktaédes kristályok vizsgálata a következő eredményeket adta:

	1.	2.	3.	4.
	Hidroszeparátor Dorrjának faláról	Vogel-busch készülékből A.	Vogel-busch készülékből B.	Régi beparló finom kristályos por.
izz. v. 600 C (krist. víz)	45,12%	?	47,56%	47,18%
P_2O_5	10,48%	15,60%	17,50%	16,80%
V_2O_5	10,40%	5,60%	4,10%	4,90%
Al_2O_3	—	—	—	0,66%
SO_4	0,67%	—	—	—
ö. Na_2O	?	31,10%	32,21%	31,74%
$P_2O_5 + V_2O_5$	20,88%	21,20%	21,60%	21,70%

Az elemzési adatokhoz hozzá kell még fűzni, hogy a Eémipari Kutató Intézet közlése szerint (Alumínium II. évf. 10. sz. 246. o. Dr. Papp: Fluór-meghatározás az alumínium- és timföldiparban II.) hasonló helyekről származó kristályokban 2–3% fluór is található. Az általam vizsgált négy különböző helyről származó kristályban is ki lehetett mutatni a fluórt. Érdekes, hogy alumíniumot és szulfátot a 2., 3. sz. anyagban egyáltalán nem, az 1., 4. sz. anyagban is csak szennyezőként lehetett találni, valamint, hogy a P_2O_5 és V_2O_5 összege mind a négyfajta kristályban közel azonos. Mind a négyfajta

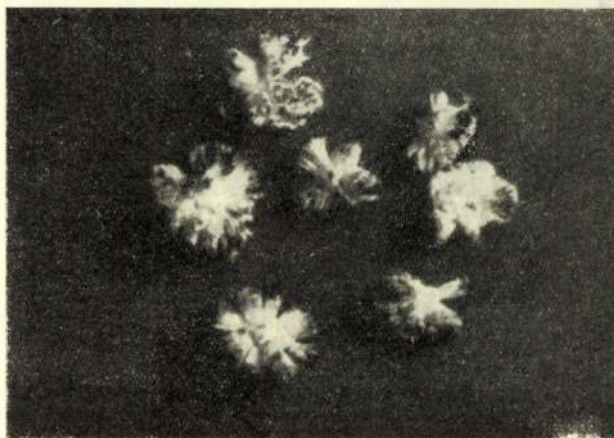


2. kép. Néhány jellegzetes timföldgyári lerakódásról és kristályos kiválásról.

kristály tehát nátriumfoszfát, nátriumvanadát és nátriumfluorid tartalmú komplex vegyületből áll, melyben PO_4 , VO_4 és esetleg a F izomorf módon helyettesítik egymást, amely megállapítást a kristályok azonos külső formája is igazol. Alumínium és szulfát csak szennyezőként, illetve egyáltalán nem található, tehát nem nátrium-alumínium timsó-komplexről, hanem egyszerűen a fenti három vegyület nátriumsóinak keverékkristályairól van szó.

A 4. sz. finom kristályos port mikroszkóp alatt megvizsgálva szintén az 1–3. kristályokhoz hasonló oktaédes kristályokat láttunk. Hasonló kristályok figyelhetők meg a hűtéssel kiválasztott és leszűrt vanádiumiszapban is, ami arra enged következtetni, hogy a foszfor, vanádium legalább is részben itt is ugyanolyan kristályformában és összetételben fordul elő, mint a külön leváló egyes kristályokban.

Még egy érdekes timföldgyári kiválási anyaggal kell foglalkozni. Ugyanis a hányóra kerülő vörösiszapban, különösen, ha az iszap már nem egészen friss, gyakran találni fehér gömbölyű tuskés kiválásokat, amelyek különös alakjuknál fogva mindenkinek felkeltik figyelmét és érdeklődését (3. sz. kép). A kiváláson tudniillik amorf és kristályos anyag együttes formája található meg. Amint a képen látható, a kiválás egy gömbölyű szemcséből áll, amelyre sűrűn centrikus irányban nőttek rá a tűalakú kristályok. Tekintve, hogy a vörösiszap



3. kép. Néhány jellegzetes timföldgyári lerakódásról és kristályos lerakódásról.

sokféle vegyületet tartalmaz, valami különleges összetételű kiválásra kellett gondolni. A szemcsék vizsgálata azonban megállapította, hogy egyszerű víztartalmú alumíniumoxid, és pedig hidrargillites kiválásról van szó. Elemzés szerint a szemcsék 32,4% kémiaileg kötött vizet és 65% Al_2O_3 -at tartalmaztak. A különleges hidrargillitkiválás keletkezését a hányóra kerülő vörösiszap nátrium-alumínáttartalma megmagyarázza. Tekintettel arra, hogy hasonló formájú hidrargillites kiválás máshol nem található, az időjárás külső behatásainak (csapadékvíz kilugozó hatására összegyűlő Al_2O_3 kiválása) kell tulajdonítani ez anyag keletkezését, amely feltevést alátámasztja az, hogy a szemcsét az iszapban egy-egy helyen leginkább mélyedésekben találhatók.

Fent elmondott néhány jellemző kiváláson kívül még számos hasonló anyagot lehetne fel-

sorolni, mely egy timföldgyárban előadódik és valószínű, hogy egyes timföldgyárak különböző adottságai szerint (feldolgozott bauxitfajta stb.) fentiekén kívül még egyéb érdekes kiválásokat és lerakódásokat is lehet találni. Ez anyagok vizsgálatával, felkutatásával esetleges gyűjteményes rendezésével érdemes foglalkozni, mert mint az elmondott néhány példából is látható, gyakran eljuthatunk velük olyan üzemi problémák magyarázatához is, melyek egyéb úton talán nehezebben volnának felfedhetők.

Összefoglalás

Timföldüzemi kiválások és lerakódások figyelemmel kísérése különös tekintettel a szulfát, foszfát és vanadát tartalmú kiválásokra, mely anyagok vizsgálata az üzemvitel szempontjából is jelentős.

Könnyűfém tuskóöntödék korszerű berendezései

DENIFLÉE SÁNDOR

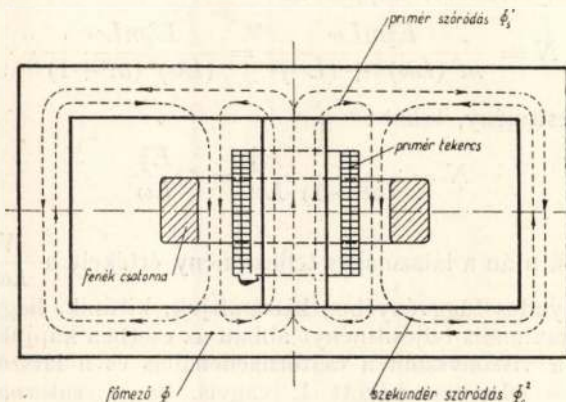
(Folytatás)

621.74:658.22:669.71.

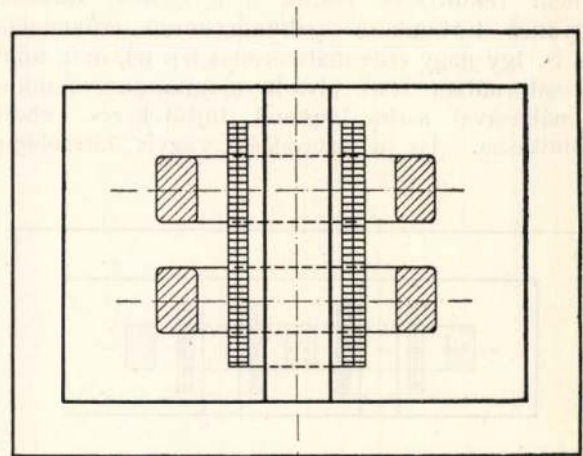
A hőátadást tehát, mint látjuk, főleg az előbb említett elektrodinamikai hatások eszközlik, s az erő, amely a folyékony alumínium térfogategységére hat. H. Stamm szerint egyenesen arányos a mágneses mező erősségével és a szekundér áram intenzitásával. Anélkül, hogy e jelenségek bővebb magyarázatába bocsátkozhatnánk, megjegyezhetjük, hogy bár a csatornateljesítmény növelésének egyik módja az ampérsűrűség növelése, fenti okokból egy bizonyos maximális ampérsűrűség fölé nem mehetünk. Ez a maximális ampérsűrűség a csatorna alakjától a tégelyben levő fémfürdő magasságától, helyesebben annak hidrosztatikai nyomásától, s a megengedhető fűrdőmozgástól függ. A jelenlegi normális egyaknás kemencéknél 300–400 A/cm² szokott az ampérsűrűség lenni.

A teljesítmény növelése, a fenti ampérsűrűség elérése után már csak azáltal lehetséges, hogy növeljük a csatorna keresztmetszetét, vagy emeljük

a csatornák számát egyről pl. kettőre. Így keletkezett az egyaknás, s egycsatornás, egyfázisú kemencéből, amelynek elvi vázlatát a 22. ábra tünteti fel, a két fenékcatornával dolgozó egyfázisú kemence, amelynek elvét a 23. ábra mutatja (fenékkövön átfektetett keresztmetszetek).



22. ábra.



23. ábra.

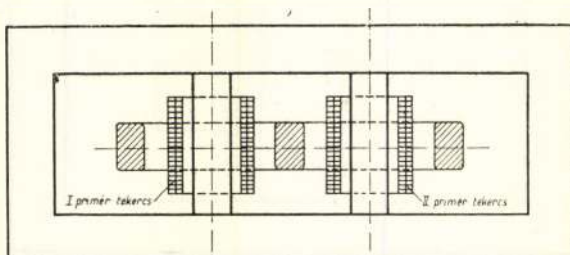
A hasznos csatornakeresztmetszet ily módon való növelése egyszerű módja a teljesítmény növelésének, de az öntési teljesítmény növelése szempontjából még nem elégséges. A csatorna keresztmetszetének növelésére irányuló törekvés hozta létre a Scott-kapcsolás alkalmazásával a kétfázisú egyaknás kemencét, amelynek hosszmetsetét a 21. ábra tünteti fel, s amelynek elvi vázlatát a 24. ábrában láthatjuk. A csatorna keresztmetszetének növelése

alkalmából természetesen annak szükségessége is mutatkozott, hogy a tégely térfogata megfelelőleg növeltesék, ami 3 vagy több fenékcatorna esetében szükségessé tette a körszelvényű tégely feladását és az ovális vagy négyszegletes tégelyre való áttérést. Ebben az esetben azonban nagyobbodott a felület s megnöttek a hőveszteségek.

Megjegyezhetjük itt, ha a 22. és 23. vázlatokat összehasonlítjuk a második Kjellin-kemence elvi vázlatával (17. ábra), lehetetlen meg nem állapítani azt, hogy Kjellin alapvető elvei tették lehetővé az indukciós olvasztókemencék, s így az alumíniumolvasztó-kemence helyes irányú való kifejlődését. Ami pedig a kétfázisú Scott-ba kapcsolt indukciós kemencét illeti, a 24. ábra teljesen egyezik a kétfázisú Röchling-Rodenhauser-kemence elvi vázlatával (18. ábra). Elvileg tehát a Kjellin-kemencéből kifejlődött acélolvasztó indukciós kemencék és az alumíniumolvasztó indukciós kemencék fejlődési iránya egy és ugyanaz. Későbbiekben látni fogjuk, hogy a kétfázisú, egyaknás alumíniumolvasztó indukciós kemencének mi az elvileg szokásos kapcsolási módja.

Ezek után ki kell térnünk egy fontos körülményre, amely nehezíti az alumínium olvasztására szolgáló kemencék teljesítményének növelését. Ez a nehézség, mint már említettük, onnan ered, hogy a csatorna dinamikus ellenállásán kívül számolni kell azzal a látszólagos ellenállással is, amely a primér és a szekundér szóródási mezők következtében áll elő.

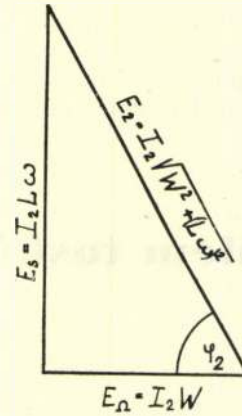
Szilárdsági és szerkezeti okokból ugyanis a primér tekercs menetei és a fenékcatorna, vagyis a szekundér-menet között aránylag nagy a távolság, a primér mező erővonalai nem mind záródnak a vasmagban, amint ezt pl. a 22. ábra is feltünteti, hanem tekintélyes részük a levegőben záródik. Ugyanez történik a szekundér-mező erővonalai-val is. Így nagy erővonalaszóródás lép fel, ami, mint a csatornában levő olvadt alumínium ohmikus ellenállásával sorba kapcsolt fojtótekercs vehető számításba. Ez a szóródási, vagyis látszólagos



24. ábra.

ellenállás önindukciós jellegű feszültségesést okoz és a fáziseltolás szögét a kapocs-feszültség és az áramerősség között jelentősen megnöveli. Ez a látszólagos ellenállás pedig, mint ez a számításokból és mérésekből kitűnt, sokkal nagyobb, mint a csatorna ellenállása. Így pl. a normális 2 tonnás, egyaknás kemencénél e látszólagos ellenállás háromszorosa a csatorna ellenállásának. Azt,

hogy a látszólagos ellenállás valóban sokkal nagyobb, mint a csatorna ellenállása, bizonyítja az a gyakorlati jelenség, hogy az állandónak vehető szóródási ellenállás mellett magának a csatornaellenállásának növekedésével nő a teljesítmény, mert javul az arány a W és ω között. Mint látni fogjuk, ez az arány a teljesítményre nézve döntő jelentőségű. Az említett körülményekből következik, hogy a szekundérmenetben, vagyis az olvadt fémbe keletkező áram erőssége túlnyomórészt a szóródási ellenállástól függ, helyesebben a csatornaellenállástól és a látszólagos ellenállás előbb említett e viszonyszámától.



25. ábra.

A 25. ábra alapján a szekundéráram erőssége:

$$I_2 = \frac{E_2}{\sqrt{W^2 + (L\omega)^2}} = \frac{E_2}{\sqrt{W^2 + (L2\pi\omega)^2}}$$

A kemence látszólagos teljesítménye tehát, mint az előzőekben már láttuk:

$$N = I_2^2 W = \frac{E_2^2}{W^2 + (L\omega)^2} = \frac{E_2^2}{W^2 + (L2\pi\omega)^2}$$

Ha a csatornaellenállás és a látszólagos ellenállás viszonyszáma

$$\frac{W}{L\omega} = m$$

akkor

$$W = mL\omega$$

így az előbbi egyenletbe a csatornaellenállás értékét behelyettesítve, kapjuk az

$$N = \frac{E_2^2 mL\omega}{m^2 (L\omega)^2 + (L\omega)^2} = \frac{E_2^2 mL\omega}{(L\omega)^2 (m^2 + 1)}$$

teljesítmény, tehát:

$$N = \frac{m}{(m^2 + 1)} \frac{E_2^2}{L\omega} = c \frac{E_2^2}{L\omega}$$

Ezek után a látszólagos teljesítmény értékeit a $\frac{W}{L\omega}$ hányados függvényében kiszámítjuk, kitűnik, hogy a maximális teljesítményt abban az esetben kapjuk, ha a viszonyszám a csatornaellenállás és a látszólagos ellenállás között 1, vagyis, ha a csatornaellenállás egyenlő a szóródási ellenállással.

Ha tehát

$$\frac{W}{L\omega} = 1, \quad c = 0,5, \quad N = 0,5 \frac{E_2^2}{L\omega}$$

$$\frac{W}{L\omega} = 0,5, \quad c = 0,4, \quad N = 0,4 \frac{E_2^2}{L\omega}$$

$$\frac{W}{L\omega} = 1,5, \quad c = 0,46, \quad N = 0,46 \frac{E_2^2}{L\omega}$$

és így tovább.

S ha a c tényező görbáját a $\frac{W}{L\omega}$ függvényében megszerkesztjük, kitűnik, mint ezt a 27. ábra mutatja, hogy a c értéke a $\frac{W}{L\omega} = 1$ értéknél éri el a maximumot s azután csökkenik. Így tehát elméletileg a $c = 0,5$ értéknél volna a szekundér-oldalon, vagyis magában a kemencében a maximális teljesítmény is.

A valóságban azonban a csatornaellenállás és a látszólagos ellenállás közötti 1 : 1 arány szerkezeti és szilárdsági okokból, mint említettük, nem valószínű meg, ez a legjobb esetben a mai kemencék-nél 1 : 3, így a tényező értéke :

$$c = \frac{m}{m^2 + 1} = 0,3$$

tehát

$$N = 0,3 \frac{E_2^2}{L\omega}$$

Ami pedig a primerkapcsokon jelentkező effektív teljesítményt illeti, az a kemencének, mint transzformátornak η_v hatásfokától függ. Így a primérteljesítmény :

$$N_1 = E_1 I_1 \cos \varphi_1 = \frac{N_2}{\eta_v}$$

ahol

$$N_2 = N \cos \varphi_2$$

a szekundér effektív teljesítmény.

Kitérve röviden erre a kemencehatásfokra, az alábbi megállapításokra jutunk.

Mint tudjuk, $N = WI_2^2$ s ha a transzformátor-áttétel n , úgy $I_2 = nI_1$, vagyis

$$N = Wn^2 I_1^2$$

és

$$N_2 = Wn^2 I_1^2 \cos \varphi_2$$

ill.

$$N_2 = \eta_v N_1 = \eta_v E_1 I_1 \cos \varphi_1$$

amiből

$$I_1 = \frac{N_2}{\eta_v E_1 \cos \varphi_1}$$

tehát

$$N_2 = Wn^2 \cos \varphi_2 \frac{N_2^2}{\eta_v^2 E_1^2 \cos^2 \varphi_1}$$

s

$$\eta_v^2 = \frac{W \cos \varphi_2 N_2^2 n^2}{E_1^2 \cos^2 \varphi_1 N_2} = \frac{W N_2 \cos \varphi_2 n^2}{E_1^2 \cos^2 \varphi_1}$$

$$\eta_v = \frac{n \sqrt{W N_2 \cos \varphi_2}}{E_1 \cos \varphi_1}$$

A primerkapcsokon mért teljesítmény pedig :

$$N_1 = \frac{N_2}{\eta_v}$$

$$N_1 = \frac{N_2 E_1 \cos \varphi_1}{n \sqrt{W N_2 \cos \varphi_2}}$$

Mint tehát a fentiekből következtethetnők, mind a szekundérteljesítmény növelésére, mind a kemence hatásfokának megjavítására egyszerű megoldás volna a csatornaellenállás növelése azáltal, hogy a csatorna keresztmetszetét megfelelőleg szűkítjük, hogy így megközelítsük a kedvező 1 : 1 arányt, ami egyben a $\cos \varphi$ értékének javulásával is járna. Ebben az esetben növelnők a kemence hatásfokot, elérnők esetleg az 1 : 1 arálynak megfelelő maximális teljesítményt is, de a csatornában levő folyékony alumínium hőmérséklete rohamosan emelkednék, s így a csatorna eldugulása még gyakrabban következne be. Ezenkívül ez a mód ellene szólna a csatorna keresztmetszetének növeléséről és az elérhető maximális ampérsűrűségről az előzőkben mondottaknak is. Így a gyakorlatban a csatorna ellenállásának növeléséről le kell mondanunk.

A látszólagos ellenállásnak, mint ezt már az előzőkben említettük, van egy kellemetlen befolyása a $\cos \varphi_2$ értékére, amelyet erősen leront. A $\cos \varphi_2$ értéke az alumíniumolvasztó indukciós kemencék-nél lényegesen rosszabb, mint a színes fémeket olvasztó kemencék-nél, ahol $50 \sim$ áram esetében eléri a 0,75–0,85 értéket, anélkül, hogy a drága fáziskompensációt igénybe kellene venni.

Ha tehát a

$$\cos \varphi_2 = \frac{W}{\sqrt{W^2 + (L\omega)^2}}$$

egyenletben a $W = mL\omega$ -nek megfelelően a csatornaellenállás értékét behelyettesítjük,

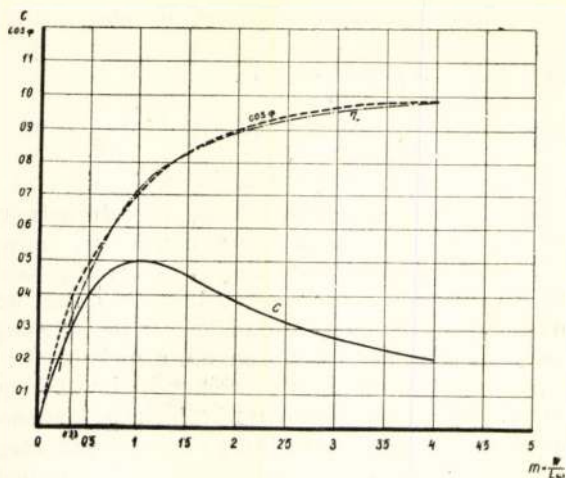
$$\begin{aligned} \cos \varphi_2 &= \frac{mL\omega}{\sqrt{m^2(L\omega)^2 + (L\omega)^2}} \\ &= \frac{mL\omega}{\sqrt{(L\omega)^2(m^2 + 1)}} \\ &= \frac{mL\omega}{L\omega \sqrt{m^2 + 1}} \\ &= \frac{m}{\sqrt{m^2 + 1}} \end{aligned}$$

Mint látjuk, a $\cos \varphi_2$ a csatornaellenállás és a látszólagos ellenállás hányadosának függvényében fejezhető ki, s ennek görbáját a 26. ábrában felrajzoltan kitűnik, hogy a $\cos \varphi_2$ e hányados növekedésével állandóan nő, mialatt az elméleti teljesítmény az $m = 1$ értéknél maximumot ér el, s azután esik. A maximális teljesítmény esetében, amint

ez a fenti diagrammban látható, a $\cos \varphi_2 = \frac{1}{\sqrt{2}}$

vagyis a $\cos \varphi_2 = 0,707$.

Az alumíniumolvasztó indukciós kemencénél azonban fenti érték nem érhető el, ezeknél a gya-



26. ábra.

korlatilag elérhető $m = \frac{1}{3}$ hányados esetében a $\cos \varphi_2 = 0,40$.

Visszatérve a kemencehatásfok kifejezésére és behelyettesítve abba a $\cos \varphi_2$ -re az előbbiekből nyert kifejezést, valamint az $N_2 = N \cos \varphi_2$ értéket, kitűnik, hogy a hatásfok mily nagy mértékben függvénye a csatornaellenállás és a látszólagos ellenállás, m viszonyszámának. Ugyanis:

$$\eta_v = \frac{n \sqrt{c} \frac{E_2^2}{L\omega} \cos^2 \varphi_2 W}{E_1 \cos \varphi_1}$$

$$= \frac{E_2 n \cos \varphi_2 \sqrt{\frac{m}{m^2+1}} \frac{W}{L\omega}}{E_1 \cos \varphi_1}$$

s miután $\frac{W}{L\omega} = m$ és $n = \frac{E_1}{E_2}$, tehát $E_1 = nE_2$

$$\eta_v = \frac{\cos \varphi_2 \sqrt{\frac{m}{m^2+1}} m}{\cos \varphi_1}$$

$$\eta_v = \frac{m}{\sqrt{m^2+1}} \frac{1}{\sqrt{m^2+1}} \frac{1}{\cos \varphi_1}$$

$$\eta_v = \frac{m^2 \sqrt{\frac{1}{m^2+1}}}{\sqrt{m^2+1} \cos \varphi_1}$$

$$\eta_v = \frac{1}{\cos \varphi_1} \frac{m^2}{m^2+1}$$

s ha

$$\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2, \quad \eta_v = \frac{m \sqrt{m^2+1}}{m^2+1}$$

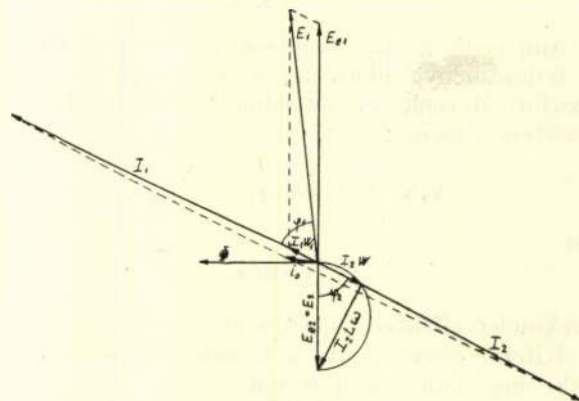
Ha az η_v fenti kifejezésének alapján a különböző m értékeknek megfelelően kiszámítjuk a hatásfokok értékeit és azok alapján megrajzoljuk a hatásfok-görbét, feltételezeten, hogy $\cos \varphi_1 = \cos \varphi_2$, kitűnik, hogy az η_v görbéje nagyjából követi a $\cos \varphi_2$ görbét, de úgy, hogy $m = 1:3$ viszonyszám esetében $\eta_v = 0,32$, s csak $m = 3:4$, jelenleg szerkezeti okokból még el nem érhető elméleti viszony-

szám mellett éri el a 0,60 értéket s közelíti meg a $\cos \varphi_2$ görbét. Villamos szempontból tehát az alumíniumolvasztó indukciós kemence nem éppen kitűnő hatásfokú.

Ki kell még térnünk a priméroldal fázisszögére is. Előfordul, hogy a primér- és szekundéroldal fázisszögei egyenlők, de előfordulhat az is, hogy köztük jelentős különbség is van. Vizsgáljuk meg most azt, hogy esetünkben, ahol $W = mL\omega$, vagyis

közelebből $W = \frac{1}{3} L\omega$, ami a szekundérrész be-

folyása a primérrész fáziselmoradására. Ha a szekundérrész önindukciómertes volna, vagyis ha nem volna szóródás, úgy a szekundérrészen fáziselmoradás nem volna, amely körülmény természetesen csökkentené a primérrész elmaradását. A szekundérrészen azonban az ohmikus terhelésen kívül fellépő önindukciós terhelés folytán a szekundér kapcsoló feszültség a szekundér áramerősséget fázisban φ_2 szöggel megelőzi, ami azt eredményezi, hogy primérrészen nő a fáziselmoradás szöge, vagyis romlik a $\cos \varphi_1$. Így, ha az indukciós kemencét a 15. ábrában feltüntetett elvi vázlat szerint transzformátornak tekintjük, amelynek szekundérkörében az ohmikus terheléssel annak háromszorosával egyenlő szóródási, vagyis önindukciós jellegű ellenállás van sorbakapcsolva, a primérrész fáziselmoradási szögét az alábbi ismert szerkesztési eljárással határozhatjuk meg.



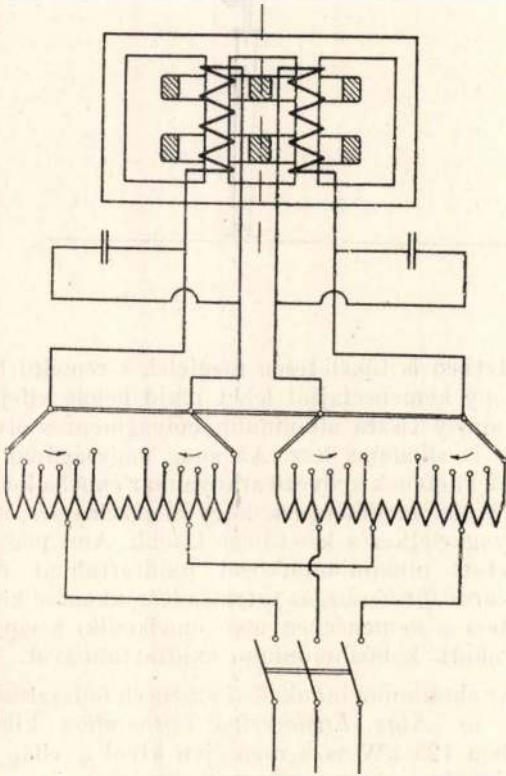
27. ábra.

Ez a szerkesztési eljárás, abból indul ki, hogy a szekundér elektromotoros erő (E_{e2}) mint átmérő fölé rajzolt félkör ívén lemetsszük az $I_2 L\omega$ értékét, megkapjuk az $I_2 W$ ohmikus feszültséges értéket s egyben a szekundér áramerősség irányát is, amelyre felvisszük az I_2 értékét. Miután a szekundér egyetlen menet egyben maga a szekundér ohmikus ellenállás, külön belső ohmikus feszültségeséssel számolnunk nem kell. Ez utóbbi körülmény folyamánya az, hogy a szekundér elektromotoros erő (E_{e2}) és a szekundér kapcsoló feszültség (E_2) értékei és iránya egyező. Ilymódon megkapjuk a szekundér fázisszögét és az i_0 üresjárási áram figyelembevételével az I_1 irányát és nagyságát, a primér belső feszültségeses ($I_1 W_1$) számításvételével pedig a primér kapcsoló feszültséget (E_1) és a primérfázis elmaradási szögét (φ_1). E szerkesztési eljárás segítségével meg lehet állapítani a primér fázisszögét abban az esetben is, ha a szekundérkörben önindukciós terhelés

(szóródás) nincs. Ebben az esetben kitűnik, hogy a fáziselmélet szöge lényegesen kisebb.

A teljesítménytényező értéke az indukciós kemencéknél általában csökken az adag-súly növekedésével, amin az acélművek úgy segítenek, hogy kis periódusszámú árammal dolgoznak. Az bizonyos, hogy a kis periódusszám növeli a $\cos \varphi$ értékét, ez a megoldás azonban, tekintettel a periódusátalakítók nagy beszerzési költségeire, valamint arra, hogy hathatósabb módszer is van, az alumínium-kemencéknél nem vehető számításba.

Amíg tehát az ellenállás kemencéknél gyakorlatilag $\cos \varphi = 1$ értékkel számíthatunk, addig az indukciós kemencéknél a $\cos \varphi$ értéke a szekundérkörben, vagyis a kemencében legjobb esetben csak 0,40. Ezen a kellemetlen körülményen úgy segíthetünk, ha fáziskompenzációról gondoskodunk. A fáziskompenzáció esetünkben abból áll, hogy a primér tekercseket megfelelő kapacitású kondenzátor-batteriaival párhuzamosan kapcsoljuk. A Scottba kapcsolt s kompenzált kétfázisú indukciós kemence elvi kapcsolási vázlatát tünteti fel a 28. ábra.



28. ábra.

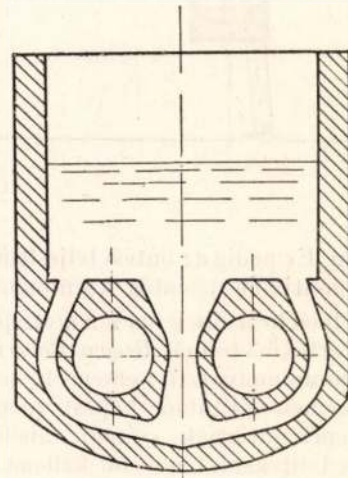
A kondenzátorokkal történő fáziskompenzáció drága berendezést jelent. Az egész indukciós olvasztóberendezés árának sokszor több, mint 50%-át teszi ki a kondenzátortelep ára. Így pl. egy 3 tonnás s 450 kW csatlakozási értékű, egykörös alumínium-olvasztó, indukciós kemence jelenlegi árának a kondenzátorberendezés költsége 53%. A $\cos \varphi_1$ értéke így 0,90-re emelhető fel.

Mint az elmondottakból láthatjuk, az olvasztási teljesítményt befolyásoló villamos teljesítményt különböző okokból bizonyos határon túl növelni nem lehet, ezért a kemenceszerkesztők más irányok-

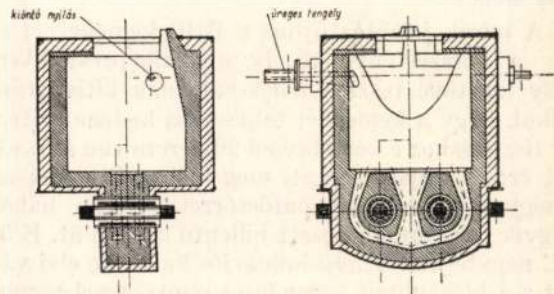
ban kerestek és találtak megoldásokat az öntési teljesítmény növelésére.

A megoldások a már említett csatornakeresztmetszet növelésén és az ampérsűrűség emelésén kívül arra törekedtek, hogy a csatornák számát emeljék, a csatornák alakját az ampérsűrűség és a dinamikai hatások szempontjából a legkedvezőbbben alakítsák ki, újszerűen oldják meg a kiűrités módját, a kemencék tégelyének alakját pedig a nagyobb teljesítménynek és a hőszigetelés követelményeinek megfelelőleg úgy képezzék ki, hogy a feltek azalatt is a kemencében maradjon, mialatt a fenékcatornát tisztítják. Minde törekvések eredménye az lett, hogy a korszerű indukciós alumínium kemencék öntési teljesítménye a normális Russ-kemencéhez képest tetemesen megnövekedett.

A 250 kW csatl. értékű, 2 tonnás normális Russ-kemence (1941) öntési teljesítménye 400 kg/ó, áramfogyasztása 50 kWó/100 kg, teljesítménytényezője 0,75, termikus hatásfoka pedig 60%, amely értékek gyakorlatilag elérhetők, 750° C hőmérsékletű fémfürdő esetében. A kb. 370 kW csatl. értékű 3 tonnás Russ-kemence óraterjesítménye pedig 500 kg 750° C-on levő fém. Ezekkel a normális kemencékkel szemben jelentős haladást jelent a korszerű *Brown-Boveri* egykörös nagyteljesítményű alumíniumolvasztó indukciós kemence.



29. ábra.



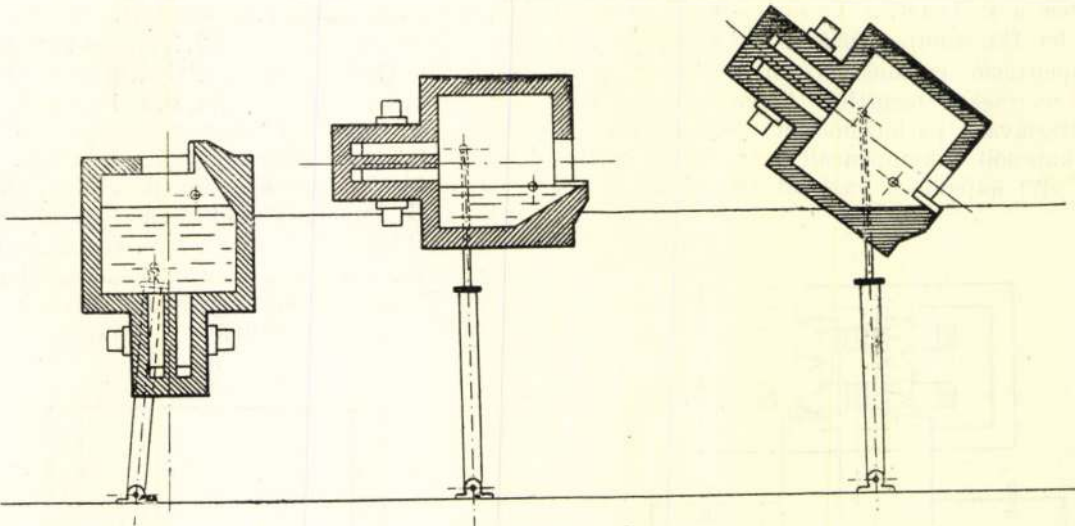
30. ábra.*

Mint a 29. és 30. ábrák feltüntetik, ennek a *Brown-Boveri*-kemencének 2 fenékcatornája van, 2 egymással párhuzamos síkban elhelyezve, amelyeknek alakja azonban lényegesen eltér a 21. ábrában feltüntetett normális kemence csatornáitól. Azáltal hogy a csatornák betorkolása a tégelybe erősen ki

szélesedik, a folyékony alumínium áramlási sebessége a tégely terében tetemesen lecsökken. A fenécsatornák ez újszerű kiképzésének villamos szempontból az a következménye, hogy az ampérsűrűség, amely a csatornák legszűkebb részében a legnagyobb, egyenletesen csökkenik le a csatornáknak a tégely terébe való nagyobb keresztmetszetű becsatlakozásával, ami a dinamikai hatásokat erősen gyengíti. Minde körülmények folytán a káros fűrdőmozgás lényegesen lecsökken, ami lehetővé teszi azt, hogy a kemencét a kiöntés után, amikor a telíték marad csak a kemencében, rögtön a teljes teljesítményre

Telíték	1000kg
Csatl. érték	450 kW
Ventilátor	18 kW
Teljes $\cos \varphi$	0,95 kW
Teljesítm. vakfűtéshez.....	30 kW
Olvasztási telj. 750° C	900 kg/ó
Fogyasztás áll. üzem	0,47 kW/ó
	kg (veszt. nélkül)

Az ismertetett kemencefajta mind öntészeti célokra, mind hengerlési és sajtózási célokra szolgáló alumíniumötvözetek olvasztására minőségi



31. ábra.

lehet kapcsolni. Ez pedig az öntési teljesítmény növelésének szempontjából jelentős körülmény.

Ily kivitelben készülnek ma a nagyteljesítményű 465 kW csatl. értékű 3 tonnás *Brown-Boveri* egyaknás kétfázisú alumíniumolvasztó-kemencék, amelyeknél a normális kemencefajtaéhoz képest meg lehetett kettőzni a fenécsatornák számát, anélkül, hogy a kb. 1000 kg telítéksúlyt növelni kellene, az öntési teljesítmény pedig eléri a 900 kg/ó értéket, ami 80% emelkedést jelent a normális 3 tonnás kemencéhez képest.

A másik jelentős újítás e BBC kemencénél az, hogy a körszelvényű tégely oly kiképzést nyert, amely lehetővé teszi a fenécsatornák kitisztítását anélkül, hogy a kemencét teljesen ki kellene üríteni. Egy tisztításhoz e kemencénél 20 percre van szükség. Mint érdekes újszerűséget, meg kell említenünk azt is, hogy a kiöntés nem öntőcsőrel történik, hanem az egyik üregesre kiképzett billentő csapon át. E 3 t BBC nagyteljesítményű indukciós kemence elvi vázlatát s a hidraulikus berendezés segítségével történő billentés egyes fázisait tüntetik fel a 30. és 31. ábrák, amelyek bővebb magyarázatra nem szorulnak.

A korszerű 3 tonnás BBC kemence főbb adatait az alábbiakban ismertetjük :

Adagsúly	4000 kg
Öntési súly	3000 kg

tekintetben is tökéletesen megfelel, s remélni lehet hogy oly kemencefajta lehet majd belőle kifejlesztteni, amely tiszta alumínium hóllyagmentes olvasztására is alkalmas lesz. Az adag nagyságának s a fűrdő felületének kedvező aránya már ennél a kemencénél is azt eredményezi, hogy a gázelnyelés, s így a hóllyagkeletkezés lehetősége kisebb. Ami pedig az olvasztott alumíniumötvözet oxidtartalmát illeti, az a káros fűrdőmozgás tetemes lecsökkenése következtében a kemencében nem emelkedik, s egyezik a berakott kohóalumínium oxidtartalmával.

Az alumínium indukciós kemencék fejlesztésének terén az *Ajax Engineering Corporation* kihozta 1944-ben 125 kW-os kemencéjén kívül a világ legnagyobb alumínium indukciós kemencéjét.

Hibaigazítás

E cikk előző folytatásában lapunk 6. száma 130. oldalán kellemetlen sajtóhibát igazítottunk. A jobboldali hasábon közölt $\cos \varphi_3$ értéke helyesen

$$\cos \varphi_3 = \frac{W}{\sqrt{W^2 + (L\omega)^2}}$$

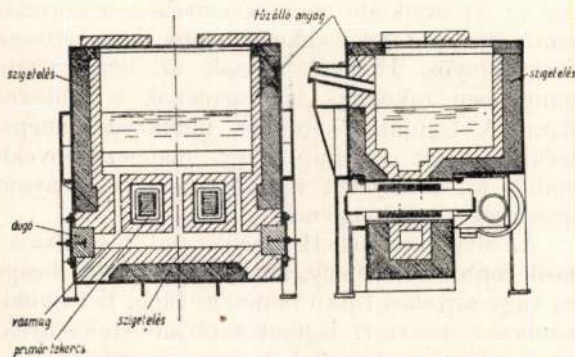
A szerző elnézését kérjük.

Szerk.

az 500 kW csatl. értékű *Tama-Wyatt* kemencét, amelynek olvasztási teljesítménye 1100 kg/ó. E kemencéből, amely alumíniumötvözetek olvasztására alkalmas, 2700 kg darabsúlyú hengerlési tuskókat öntenek fazonhengerosok részére. Az egyaknás *Tama-Wyatt* kemence vázlatát tünteti fel a 33. ábra, amelyből látható, hogy a függőleges fenécsatornák tisztítása gyorsan és könnyen végezhető el, az e csatornákból a nagyra méretezett vízszintes csatornába hullott tapadékok pedig a csatorna két végének megnyitása után könnyen eltávolíthatók. Erről a kemencéről sajnos közelebbi adataim nincsenek.

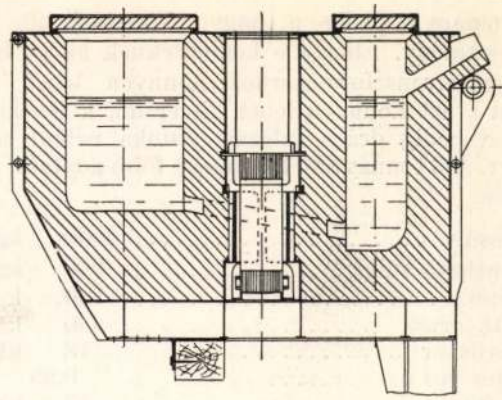
Kitűnő s nagyteljesítményű indukciós kemencéket épít még *Gautschy-Electro Fours*, *BIRLEC* stb.

Újszerű s az eddigiektől eltérő megoldást választott 1940-ben *Siemens* és *Halske* az öntési teljesítmény növelése végett. Ez az újfajta kemence kétaknás kemence, amelynek egyenes, s a vízszintestől néhány fokkal eltérő síkban fekvő fenécsatornái vannak. Az egyik aknában történik a beolvasztás, a másikban összegyűlik az olvadt alumínium s onnan történik öntőcsőrrel az öntés. Billentéskor, a forgási pont az öntőcsőr. Az ilyen kemence csatornáit ki lehet könnyen tisztítani, anélkül, hogy a telítéket ki kellene önteni. Előnye továbbá ennek az



33. ábra.

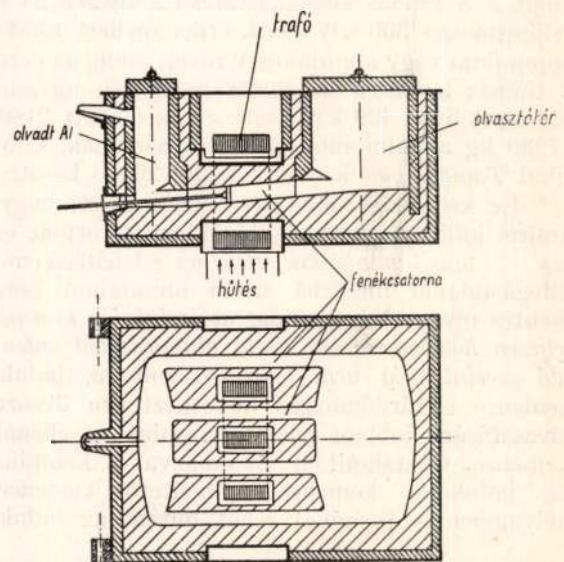
elrendezésnek az, hogy, miután a csatorna hossz-tengelyének irányában hat az elektrodinamikus erők eredője, amelynek iránya itt majdnem vízszintes, felfelé a fémfürdőben csak egy kis komponens fejt ki hatást. Így a káros fürdőmozgás minimumra redukálódik, s fürdő felületén csak kis rezgés észlelhető. Ennek a kemencefajtának továbbfejlesztése is kecsegtet azzal a reménnyel, hogy sikerülni fog oly indukciós kemencét építeni, amely alkalmas lesz tiszta alumínium teljesen hólýagmentes öntésére is. A dinamikus erők ilymódon történő lefékezése által lehetővé válik az, hogy öntés után a kemencét, amelyben csak a telíték marad, rögtön rá lehet kapcsolni a legmagasabb fokozatra. A 35. ábra a 2 tonnás S&H kemencét tünteti fel, amelynek öntési teljesítménye 360 kW csatlakozási érték mellett 600 kg, vagyis 50%-kal nagyobb, mint az u. o. betétsúlyú Russ-kemence teljesítménye. Ennek a Scott-ba kapcsolt kétfázisú kemencének 3 fenécsatornája van. A 3 tonnás forgóáramú Siemens-kemence öntési teljesítménye 420 kW csatlakozási érték mellett 720 kg/ó 750° C-on levő alumínium-



35. ábra.

ötvözet, tehát majdnem 50%-kal haladja meg a 3 tonnás Russ-féle normális indukciós kemence órateljesítményét. Ennek a kemencének, mint azt a 36. ábrában láthatjuk, 4 fenécsatornája van.

Összefoglalva a kétaknás kemencék előnyeit, azok a következők: nagy telítékekkel (1000–1500 kg) dolgoznak, amely az adag beolvadását sietteti, a fenécsatornák könnyen és gyorsan tisztíthatók a telíték kiöntése nélkül, a kemence billentés alatt is fűthető, az adagot az olvasztó térben jól át lehet keverni anélkül, hogy a kiöntőtérben levő alumíniumfürdőt káros mozgásnak tennők ki, mindezek



36. ábra.

folyománya pedig a nagy olvasztási, ill. öntési teljesítmény. Előnye e kemencéknek az is, hogy a kemencetranszformátorhoz könnyen lehet hozzáférni s azt könnyen lehet kiszerezni, a fenékcatornákat pedig drága falazási munka nélkül cserélni lehet. A 3 tonnás S&H kemence főbb adatai a következők.

Férősúly	4500	kg
Kiönthető súly	3000	kg
Telíték	1500	kg
Csatl. érték	420	kW
Ventilátor	18	kW
Teljes $\cos \varphi$	0,95	
Vakfűtés	55	kW
3 t olvaszt. idő	240	perc
Olvasztási telj.	720	kg/ó
Áramfogyasztás	0,48	kW/ó/kg
Tisztítási idő	20	perc

Egyébként, amint az ábrákból látható, a kétaknás indukciós kemencék téglalakra eltér a kör-szelvényű keresztmetszettől, ami magával hozza azt, hogy e kemencéknél nagyobb hőveszteségekkel kell számolni s így a hőszigetelésre különösen nagy gondot kell fordítani.

e) Az olvasztás és öntés az indukciós kemencéknél.

Ha a 30. és 31. ábrákban feltüntetett korszerű 3 tonnás BBC kemencék, valamint a 3 tonnás S&H kétaknás kemencék olvasztási teljesítményeit összehasonlítjuk a 3 tonnás ellenállásfűtésű kemencék óraterjesztésével (I. táblázat), rögtön látjuk az indukciós kemencék nagy előnyét: a lényegesen nagyobb olvasztási teljesítményt, ami a BBC kemencénél 80%, a S&H kemencénél pedig 44% többletet jelent. Míg u. i. a 3 tonnás ellenálláskemence olvasztási teljesítménye 500 kg/ó, addig a korszerű BBC kemencéé 900 kg/ó és a S&H kemencéé 720 kg/ó. Teljesség kedvéért pedig megjegyezhetjük, hogy az áramfogyasztás állandó üzemi állapotban az ellenállásfűtésű és az indukciós kemencénél kb. ugyanaz 0,485 kW/ó, ill. 0,470 kW/ó 1 kg-ra számítva. Míg tehát a 3 tonnás ellenállásfűtésű kemence 24 órás teljesítménye 300 kW csatl. érték mellett 12000 kg alumínium vagy alumíniumötvözet, addig az európai 3 tonnás korszerű indukciós kemencék ugyanezen idő alatt 540–420 kW csatl. érték mellett 21600–17280 kg alumíniumötvözetet olvasztanak, az amerikai *Tama-Wyatt* kemence pedig 26400 kg-ot.

Le kell szögeznünk itt azonban azt, hogy — amiről különben már az előzőkben is történt említés — míg önmagában véve az ellenálláskemence kifogástalanul megfelel tiszta alumínium hólágmentes olvasztására, addig az *indukciós kemencéből teljesen hólágmentesen tiszta alumíniumot önteni ez idő szerint még nem lehet*, viszont az indukciós kemence a furdómozgás következtében ötvözetek olvasztására jobban felel meg, mint az ellenálláskemence. Gáztalanítást alkalmazva és kombinálva az indukciós kemencét pihentető kemencével, hólágmentes tuskókat lehet önteni az indukciós

kemencékből is. Ez utóbbi diszpozíció különben minőségi okokból ajánlatos ötvözetek esetében is, amint később látni fogjuk.

A hőszigetelésre természetesen az indukciós kemencéknél is nagy gondot kell fordítani a jó termikus hatásfok elérése végett, s ez itt tekintettel a fenékkő különleges alakjára és méreteire nem hajtható végre oly tökéletesen, mint az ellenállásfűtésű kemencéknél.

Az indukciós kemencék legkényesebb része a fenékkő, amelyben a csatorna van, mert e csatorna aránylag vékony falának átszakadása folytán olvadt fém kerülhet a primér tekercesbe, jölehet az rendesen vékonyfalú eternitsóvel védve van. Ez a része a kemencének az, ahol a legtöbb meleget veszti, mert itt tökéletesen szigetelni nem lehet.

A fenékkövet fémformában történő döngölés útján különleges masszából állítják elő. Teljesen megfelelőnek mondható masszanyagot sajnos eddig még nem sikerült kikísérletezni, s jelenleg 64% SiO₂ és 36% Al₂O₃ összetételű savanyú masszát használnak, amelyhez vízüveget kevernek. A massa nedvesítést legcélszerűbb keverőgéppel végezni, amihez megjegyezhető, hogy a döngölőmassza max. 5% vizet tartalmazhat csak. Az ilyen masszából készült s jól kiszáritott fenékkőben levő csatornák fala 2–3 cm vastagságban a folyékony alumínium által az itt uralkodó nagy hőmérsékleten korunddá alakul át, tehát jól megkeményedik, ami természetesen előnyös. Hátrányos csak az, hogy viszont könnyebben rakódnak le tapadékok a csatornák falára. A legújabb kétaknás indukciós kemencék fenékcatornáit korund- vagy magnezitesövekből képezik ki, amelyeket az előbb említett savanyú masszával körüldöngölnek.

Az olvasztás mellett a helyes öntési eljárás az a másik fontos körülmény, amelytől az öntött hengerlési vagy sajtolási tuskó minősége függ. E tuskókkal szemben támasztott legfontosabb követelmények a következők: a szövület legyen egyenletes és ne durva egyenlőtlenül kristályos, legyen mentes a kiválásoktól, ne legyenek benne oxid- és salakzárványok, s végül legyen a tuskó tömör és gázhólyagoktól mentes. Általános elvként jegyezzük meg tehát az alumínium és ötvözetek öntésére vonatkozólag, hogy nyugodtan kell önteni, mind a kemencéből az öntőüstbe, mind az üstből a kokillába, vagy a kemencéből közvetlenül a kokillába vagy öntőgéppel. Nyugodt öntéssel el lehet kerülni, hogy oxid- vagy salakzárványok sodródjanak bele a fémbe, vagy hogy abban levegőzárványok keletkezzenek. A kisebb oxidrészesek, mert fajsúlyuk és az alumínium fajsúlyja között az öntési hőmérsékleten nagy különbség nincsen, a tuskókban ott maradnak, ahova sodródnak, vagyis szuszpendálódnak. Így a tuskókban a legkülönbözőbb helyeken oxidzárványok keletkeznek, amelyek a gyártás folyamán sok selejtre, a késztermékekben pedig kellemetlen minőségi hibákra vezetnek. A nyugodt, egyenletes s lehetőleg rövid sugárral történő öntést lehetővé teszi a buktatható kokilla. (Folytatjuk.)

ALUMÍNÍUM

Felelős szerkesztő: Vajk Péter. — Felelős kiadó: A Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat Vezérigazgatója.
Szerkesztőség: V., Szalay-utca 4. Telefon — 2-516137. Athenaeum. (F. v.: Soproni B.)

ALUMINIUM

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

Fémipari Intézet közleményei

A karbonáttartalom meghatározása timföldgyári lúgokban, lúgsókban és ásványi anyagokban pl. bauxitban*

LÁNYI BELA

Определение содержания карбоната в глиноземнозаводских щелоках, щелочных солях и минеральных материалах, например в боксите.

Автор: Др. Лани Бейла.

Заключение.

Критически испытавши применяющие методы, в настоящее время более точным является метод при котором карбонат растворяется кислотой, а получающаяся углеродная кислота измеряется по весу или по объему. На рис. 1. показан сосуд оборудованный сосилкой, который описуется в книгах старых авторов, а эта сосилка обеспечивает возможность преимущества работы в области газов волюменометрических определений. На рис. 2. видно установку измерительных приборов и на рис. 3. — газовую восстановительную номограмму. На рис. 4. показано количество Na_2CO_3 в миллиграммах, а также миллимольное количество Na_2O , соответствующее CO_2 с восстановительным объемом. На рис. 5. в Торр-ах можно отчитать улучшающие цифры, требуемые для восстановления барометра на 0° .

Также дается описание прибора — металлического Испытательного Института — служащего для определения органических материалов, с помощью которого путем титрования более точно можно определить содержание карбоната в реакциях едкого барита.

Determination of Carbonate-Contents in Alumina Factory Lies, Salts and Minerals, as Bauxite.

By LÁNYI BELA

All the applicable methods having been critically examined, at present suitable the most exact one seems to be the dissolution of carbonates with acid and the weight or volume determination of the arising CO_2 . Fig. 1. shows the decomposition still described, earlier^{2, 3} having been equipped now with a new siphon-pipe which offers advantageous working conditions in field of gasvolumetric determinations.

Fig. 2. shows the gasvolumeter, fig. 3. the nomogramm of gas-reduction, in fig. 4. with CO_2 at reduced volume the quantities of Na_2CO_3 and Na_2O in mg. and the millimol quantity of Na_2O can be seen. Fig. 5. shows the correction numbers in Torrs, necessary to the reduction of barometric tension.

A description was also given of the „Apparatus for the Determination of Organic Compounds”^{11, 12} owned by the Metal Research Institute. With this apparatus a very exact determination

of carbonates in $\text{Ba}(\text{OH})_2$ reaction with titrimetric is possible.

Timföldgyári lúgok szódatartalmának meghatározása közönséges titráló eljárásokkal éppen az alumínát miatt csak pontatlanul végezhető el. Erre az eddig megjelent irodalmi közleményekből is következtetni lehet.¹ A gravimétrikus meghatározások elé is sok akadály gördül, kiváltképpen akkor, ha a műveletet aránylag gyorsan akarnók elvégezni.

Azonban már *Georg Lunge*², *Treadwell*³, stb. szerzők könyveiben kimerítően olvashatók azok a módszerek, melyek szerint a karbonát szénsavját gázalakban felszabadítva, következtethetünk anyagunknak a karbonát tartalmára.

E tárgykörben általánosan használt eszközök lettek az »azotométer«, »n₁trométer« és a közönséges »gázvoluméter«⁴ elv alapján működő készülékek, kisebb-nagyobb módosításokkal.

Ezeket az eszközöket több csoportba sorozhatjuk.

Mi az első csoportba az ú. n. »kalciméter« elv szerint dolgozókat osztjuk be. Ezeknél a szénsavat többnyire nem illanó erős savval (kénsav) szabadítják fel, és a fejlődő CO_2 térfogatából, vagy súlyából következtetnek a vizsgált anyag karbonát tartalmára.

Lunge⁵ e módszerek értékét nem sokra tartja. Úgy véli, hogy pl. a *Baur*⁶ által szabadalmaztatott berendezés ugyan tényleg egyszerűsített, de egyszerűsített el is rontott azotométer. Hasonló véleménye van a cukorgyárakban használt *Scheibler*-féle és a cementgyárakban alkalmazott *Dietrich* és *Michaelis*, valamint a *Rumpf*-, *Thörner*-, *Fuchs*-féle, stb. szerkezetekről. Valószínűleg ez a véleménye lenne arról az eszközzel is, melyet a Bányászati és Kohászati Lapok 1949. évfolyam »Alumínium« 11. számában⁷ az üzemi lúgok szódatartalmának meghatározására *László Antal* munkatársammal a »turbidimétrikus Al_2O_3 elemzésnél« ajánlottam, melyet azonban ő eredményesen tudott használni. Cikkében méretezett rajzban tette közzé azt a bontó edényt, mely eredetileg krezolok szódatartalmának meghatározására készült és nem is akart pontosabb lenni, mint amennyit »kalciméter«-től megkívánhatunk. A szénsav felszabadítása gyors — éppen

* Előadás 1951. május 23-án az ajkai kohóban.

az üvegedényzet sajátos kialakítása miatt —, a zárófolyadék igen tömény, tehát lehüléskor sem lesz számbavehető a CO_2 elnyelése. Természetesen a gázterfogató végleges értékét, csak a reakcióhő miatt erősen felmelegedő oldatnak 5–10 percnyi lehűtése után mérhetjük meg. Analitikai mérlegre nincs szükség.

Ugyancsak a kalciméterek csoportjába szokás sorolni azokat a berendezéseket, melyek a CO_2 felszabadítása után bekövetkező súlycsökkenésből számítják a karbonáttartalmat. Megfigyeléseim szerint ezek jól mérnek. Üzemilág elemzésre alkalmasak azok a *Fresenius*-féle szerkezetek is, melyekkel a termés barnakőnek az MnO_2 tartalmát oxálsavra való hatása alapján szokás meghatározni⁸ a távozó szén-sav súlyából. Természetesen két analitikai mérlegelésre van szükség. A szén-sav kiszellőztetése csak néhány percig tart. A Műgyetem Elektrokémiai Intézetében lévő *Fresenius* készüléket erre a célra »üvegbot« csapokkal szereltük fel. Ezeknél a kénsav nem tud kihúzódni a csap dugója mellett, ezért a vele való bánásmód könnyű. A bontást a reakcióhő fejlődő hő miatt azonban csak olyan lassan szabad végezni, hogy a távozó CO_2 -vel kifelé tartó vízgőzt, az elnyelő csövek még visszafoghassák. Ha anyagunkból csak CO_2 gáz szabadul fel, ezt az eszközt igen pontos elemzésekre lehet használni.

Az eljárások második csoportjába lehet sorolni azokat a műveleteket, melyeknél külön bontó edényben állítjuk elő a CO_2 -t, és ezt onnan továbbítjuk a mérőhelyre, ahol térfogatosan, vagy súlyra vizsgálunk.

Ezt a módszert alkalmazza *Bogárdi*⁹, amikor *Pettersson* szerint hidrogénnel mossa ki a bontott folyadékból a szén-savat és *Winkler Lajos*-féle¹⁰ abszorbersben, analitikai mérlegben méri. *Bogárdi* rendszerénél gyorsabbnak tartom a *Fresenius* készüléket, mert őnála a CO_2 kihajtása kb. 20 percet igényel és két analitikai mérlegelésre *Bogárdi*-nak is szüksége van.

Ebbe a csoportba sorolható a *Fémkutató Intézet* »Szerves anyagmeghatározó készülék«-e is¹¹. Analitikai mérleg nélkül szolgáltatja a legmesszebbmenő pontosságot. Mi a CO_2 -t kénsavval szabadítjuk fel — akár a vizes oldatokból, akár pedig ásványokból (bauxit), baritvízben elnyeletjük és a keletkező BaCO_3 mennyiségét makro-, vagy félmikro titrálással határozzuk meg, az elérendő pontosságnak megfelelően. (Dús karbonáttartalomnál $1/10 \times n$ oldatokat és közönséges bürettát, kevés karbonát esetében pedig félmikro bürettát használunk.)

Zombory László és *Nagy Pál*¹ cikkében számszerű eredmények olvashatók a titrálással meghatározott szén-savról, *Papp Elemér*, *Romwalter Alfréd* és *Antonescu Adrian* cikkében pedig a szén-sav meghatározásnak a baritvív vezetőképességváltozása alapján elvégezhető műveleteit találjuk.¹²

Mellesleg megemlíthetjük, hogy ennek az eljárásnak a pontossága, megbízhatósága és gyorsasága éppen a baritvízből keletkező BaCO_3 -mal való bánásmód miatt felülmúlja a *Treadwell* által módosított *Pettersson*-féléét, melyről maga *Treadwell* írja, a svájci vizeknek szabad CO_2 és karbonáttartalom elemzéseinél, hogy »egy meghatározás ritkán tart egy óra hosszánál tovább.« Az Intézet »Szerves

anyagmeghatározó készülék«-ében felszabaduló CO_2 -t teljesen tisztán tudjuk a baritvízbe vinni, ha a zavaró anyagokat vagy magában a bontó lombikban pl. HgCl_2 -vel, vagy a gáz útjába tett *Fresenius*-féle rézszulfátos horzsakővel stb., stb. lekötjük. A szárítócsőben természetesen CaO -tól mentesített kalciumkloridot kell használni, amit *Liebig* is úgy állított elő és a mai nap is úgy alkalmazunk, hogy a felhasználandó CaCl_2 -t szén-savas atmoszférában raktározzuk. Ekkor a CaO -ból CaCO_3 lesz, ezért a gázból szén-savat már nem tud megkötni, és azt a baritvív felé hiánytalanul áttereszt.

Harmadik csoportba sorolhatók azok az eljárások, melyek éppen úgy, mint az előző csoportbeliek a CO_2 felszabadítását külön edényben végzik, de mennyiségét térfogatos gázelemzés szerint — lúgban való elnyeletés árán — a *térfogatcsökkenésből* határozzák meg. E térfogatos módszereknek egyik legnagyobb bajuk, hogy egyszerűt sincs olyan olcsó és könnyen kezelhető zárófolyadékunk, mely a CO_2 -ből semmit el nem nyel, másrészt a legtöbb esetben azt sem kerülhetjük ki, hogy a hőfokot, barométerállást és a zárófolyadék gőznyomását tekintetbe ne vegyük. Ugyanis ezek alapján kell a CO_2 térfogatát »normál érték«-ére redukálnunk, ami miatt az elemzés pontossága feltétlenül szenved, mert legtöbbször nincs reá lehetőség, hogy a hőfokot, légnomást és a gőzteniőt elég pontosan állapítsuk meg.

Az Intézetnek előbb ismertetett, »Szerves anyag meghatározó készülék«-e időszakonként végzett pontos ellenőrző mérésekre való. A mindennapi üzemi használatra az említett »kalciméter«-ünk helyett most gyorsabb eszközt akarunk ajánlani, mely beosztásunk szerint ugyancsak e harmadik csoportba tartozik.

Mielőtt berendezésünket ismertetnők, tekintsük végig az e téren tapasztalt fejlődést. Az első, aki ilyen elvek alapján dolgozott, *Pettersson*¹³ volt. Ő a karbonátokból külön bontó edényben szabadítja fel a CO_2 -t, amit a megbontott folyadékból részben főzéssel, véglegesen pedig kb. 15 centigrammnyi Al huzalból fejlesztett hidrogénnel űz ki. A gázelegyet higanyos bürettában fogja fel, azután átnyomja a KOH -oldatot tartalmazó gáznyelő pipettába. Az elnyelt gáz-mennyiséget normál állapotra redukálja.

Lunge és *Marchlewski*¹⁴ megtartják *Pettersson* rendszerét. Azonban a gáztérfogatót a *Lunge*-féle »nitrométer«-ben (bürettával és nívó edénnyel közlekedő »kompenzációs« edény segítségével) a barométer állástól, a környezet hőmérsékletétől — nedves gáznál a zárófolyadék résznyomásától is — függetlenítve, azonnal a »normál térfogat«-nak megfelelően tudják leolvasni. Zárófolyadékuk higany.

Lunge és *Rittener*¹⁵ úgy egyszerűsítették az előbbi eljárást, hogy *Bunte* bürettában fogják fel a gázelegyet és *Bunte* szerint magában a bürettában végzik az abszorpciót.

A mi általunk használt és most ismertetésre kerülő — üzemi vizsgálatra ajánlott — eszköz, mint előbb is mondtuk, lényegében szintén a harmadik csoportba tartozik. Eljárásunknál azonban

1. fenntartjuk annak a lehetőségét — úgy mint a »Szerves anyag meghatározónak«-nál is dolgoztunk —, hogy ha szükséges, a szén-savat levegővel visszük

el a bontóedényből, tehát nem alkalmazunk hidrogén fejlesztést, mint *Pettersson* és *Bogárdi*.

2. Megtartjuk *Pettersson* elvét, aki a gázelegyből külön pipettában hajtja végre az abszorpciót.

3. Elhagyjuk a kétségtelenül pontos és gyors, de sok higanyt igénylő *Lunge*-féle »nitrométer« elvén alapuló mérőkészüléket.

4. Gázbürettánkat a szokásnak megfelelően vízköppennyel vesszük körül, melyben lehetőleg vízvezetéki víz áramoljék, hogy a gáztérfogatot és hőmérsékletet pontosan olvashassuk le.

5. A CO_2 -t 1 : 1 arányú kénsavval szabadítjuk fel, hogy a folyadék jól felmelegedve csak igen kevés CO_2 -t abszorbeálhasson. Ha szükséges, a bontó edényt melegítjük — mint azt *Pettersson* is teszi.

6. A bontó lombikban és a gázgyűjtő bürettában lévő levegőt, valamint a fejlődő CO_2 -t, tömény sóoldattal (mely savanyú is!) hajtjuk át a bürettába, ahol zárófolyadéknak is ezt az oldatot használjuk fel.

7. A gázredukcióhoz könnyen kezelhető nomogramot adunk. Ennek segítségével a tizedespont után következő három jegyre leolvashatjuk azt a tényezőt, mellyel a pipettában elnyelt CO_2 milliliterjeit szorozni kell, hogy v_0 térfogatát megkap-hassuk.

8. Különlegesen a timföldgyári lúgelemzések számára készítettünk táblázatot, melynek alapján a lúgok bemérendő mennyiségét megítélhetjük. (Ebben a táblázatban a »Szerves anyag meghatározó készülék«-be mérendő lúg mennyiségét is megtaláljuk.)

9. Nomogramot készítettünk, mellyel a v_0 térfogatú CO_2 -t könnyedén át tudjuk számítani egyrészt a neki megfelelő Na_2CO_3 grammokra, másrészt e szódatartalomnak megfelelő Na_2O grammokra vagy Na_2O millimolokra, mely utóbbi érték a kausztikus molviszony kiszámításához szükséges.

Mielőtt készülékünket ismertetőnk, tekintsük meg a 8. pontban említett, a szövegben 1. számúnak jelzett táblázatot, mely a timföldgyári lúgok szódatartalmáról és a bemérésekről tájékoztat bennünket. A táblázatot két kettős függőleges vonal három főoszlopra bontja. Az első főszlop első függőleges rovatában a timföldgyári lúgtípus sorszáma és neve található. A második függőleges rovat mutatja a szódatartalom nagyságrendjét g/liter értékben, harmadik rovatban pedig az előbbi számoknak megfelelő CO_2 milliliterek (v_0 térfogaton!) található, ha elvileg egy liternyi szobahőfokú lúgból akarnánk minden szénsavmennyiséget felszabadítani. A második főszlopban találjuk A_{ml} jelzéssel a »Szerves anyagmeghatározó készülék«-be mérendő típus lúg azon milliliterjeit, melyben annyi felszabadítható CO_2 van, hogy munkánkat a BaCO_3 szűrésénél könnyedén elvégezhessük. Ugyancsak itt találjuk tájékoztatásul azoknak az $1/10 \times n$ HCl ml-eknek a számát is, mely a bemért A_{ml} -nyi lúgnál — ha az a típuslúg karbonát mennyiségét tartalmazza — a keletkező BaCO_3 kvantitatív oldására szükséges. (Természetesen több savban oldunk és a felesleget $1/10 \times n$ NaOH-val titráljuk vissza).

A harmadik főszlop három függőleges rovata ez értekezés tárgyául választott és általunk most ajánlott szóda meghatározó készülék számára készült. a_{ml} jelzésű rovatban a bemérendő típus-

lúgok milliliterjeit látjuk, mellette pedig a bemért mennyiségekből fejleszthető CO_2 »normál mliter«-jeit olvashatjuk le. A következő függőleges rovat a bontás alatt és a bontás után a bürettába gyűjtendő gáztérfogatot mutatja. Az itt részletezett összeg tagjaiból látható, hogy 100 ml-es bontó lombik felhasználásakor és a_{ml} -nyi üzemi lúg bemérésénél, valamint a 3 ml-nyi összekötő cső esetében a reakció végén mekkora térfogatú gázelegyre számíthatunk, melyet a bürettában kell összegyűjtenünk.

Az 1. sz. táblázat második főszlopjának számértékei arról is tájékoztatnak bennünket, hogy a »Szerves anyagmeghatározó készülék«-kel dolgozva, nagy könnyúséggel érhetjük el a 0.5—0.6%-os pontosságot, ha a lúg bemérését gondosan végezzük. Az »alkalikus kondenz víz« szódatartalmát azonban közönséges büretták és $1/10 \times n$ adatok használatánál csak 3—4%-nyi pontossággal kapjuk. Félmikro módszerrel kell titrálunk, ha 0.7—1.0% pontosságot akarunk az alkalikus kondenzvíznél elérni.

A harmadik főszlop szerint az első öt típuslúgból — ha a normál térfogatra való redukció helyes és a bemérés is pontos volt — elvileg 0.3—0.4% pontosságot lehetne várni. Azonban ismeretes, hogy ha nem használunk pl. *Lunge* vagy más rendszerű kompenzátort és nem alkalmazunk higanyos zárófolyadékot, akkor a redukció hibája miatt csak gyakorlott gázelemzőnél kapjuk a v_0 térfogatot 0.8%-nál pontosabban, ezért gyakorlatlan kézben a szóda meghatározásunk is lehet ennyire hibás. A 6., 7. számú típuslúgjainknál az 1 %-os pontosságot már gyakorlott gázelemző is nehezen tudja csökkenteni, míg a 8. számú lúgnál 2%-nál jobb eredmény nem is várható.

Alkalikus kondenzvíz szódatartalmát csak a »Szervesanyag meghatározó készülék«-ben vizsgáljuk.

Az elmondottakból következik az 1. és 2. számú ábrán látható készülékkel való dolgozási mód is:

1. A bontó lombikba bemérünk a_{ml} -nyi timföldgyári lúgot.

2. 1 : 1 arányú kénsavat engedünk hozzá.

3. a keletkező gázelegyet beszívjuk a bürettába,

4. ha szükséges, a bontó lombikban lévő folyadékot felfőzzük.

5. Mind a bontólombikot, mind pedig az összekötő csövet a bontólombikban lévő szivornyán át kitöltjük zárófolyadékkal.

6. Amennyiben szükséges, az összekötő cső megtöltése előtt annyi levegőt szívunk be a bontó lombikon át a bürettába, hogy az elnyelt CO_2 -t még az 0.1 ml-re osztott részén olvashassuk le.

7. Az egész gázelegyet a bürettába tároljuk, hőfokát, térfogatát és a barométer állást leolvassuk.

8. A gázelegyet átvisszük a KOH-val töltött pipettába, végrehajtjuk az elnyeletést,

9. a maradékot visszaszívjuk a bürettába, leolvassuk a térfogatcsökkenést.

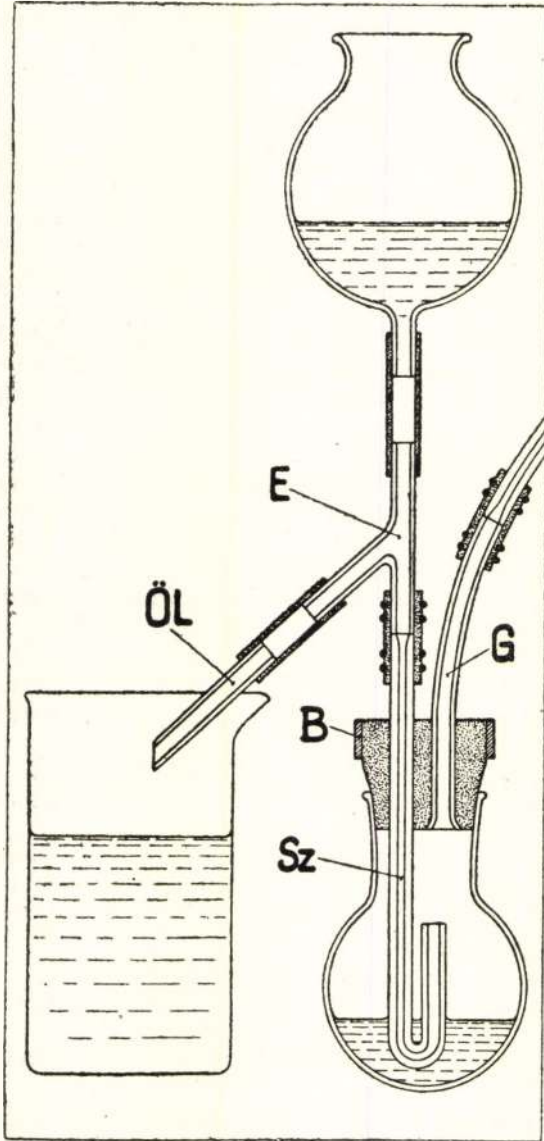
10. A »térfogatcsökkenést« — mely a szénsav- és a neki megfelelő vízgőz térfogatából adódik össze — v_0 -ra redukáljuk, és

11. kiszámítjuk a neki megfelelő szódat g/literben, vagy Na_2O g/literben, vagy Na_2O millimol-okban.

Készülékünk három részből áll:

a) A bontóedény és szerelvényei:

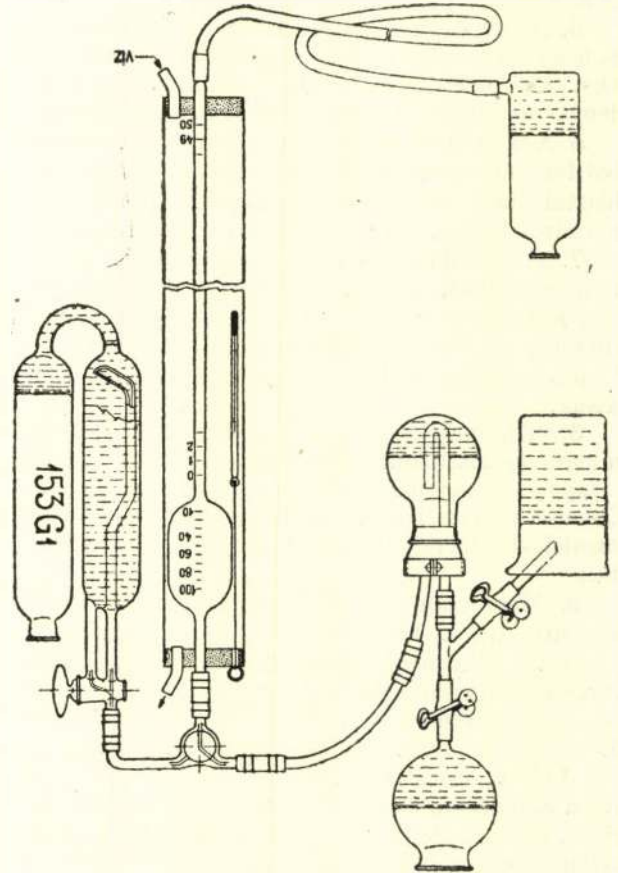
(1. ábra). Jénai 6. sz. bőnyakú gömb lombik, melyből több egyforma nyakméretűt tartunk kéznél. (100 ccm-es, kihajlott szélű peremezett nyakkal, — tehát nem ú. n. »vastagon jelrakott« széllel, melybe a gumidugókat nem lehet jól beilleszteni.)



1. ábra

A 6. sz. lombik helyett lehet használni jénai 4030-as 100 ccm-es szulfuráló lombikot is. A bontóedényt igen puha — két helyen átfúrt gumidugó zárja le. A dugó felső részét, mint a rajz is mutatja karborundum kövön hengeresre csiszoljuk és 13–15 mm széles, 2–3 mm vastag vasszalagból készített B bilincsbe fogjuk. A bilincset 8 mm-nél nem vékonyabb gömbvashoz szegecseljük. Ennélfogva lehet egy Bunsen-állványra erősített dióba, helyére szorítani. A gumidugó baloldali furatába Sz jelzésű szivornya csövet illesztünk. Ez az új szerkezeti rész a bontó edény könnyed kezelését szolgálja mind a emérésnél, mind pedig a bontás alatt és ezután, a lombik cseréjekor. A szivornya leszálló ága 2–2,5, de legfeljebb 3 mm belső átmérőjű csőből készüljön

és csak a felfelé hajló ága legyen az ábra méreteiről is leolvashatóan kb. 5 mm belvilágú. Anyaga célszerűen kvarc, hogy a forró folyadék hőhatása miatt ne törjön. (Az üveg olcsó és ha jó anyagot kapunk, ez is sokáig eltarthat.) A szivornycső a gumidugó felső lapjából kb. 1,5 cm-re álljon ki. Itt csatlakozik hozzá gumicsökötéssel át a ferde szögben, lehetőleg kvarcból forrasztott elágazás, melynek felső végéhez kb. 100–130 ccm ürtartalmú (BS) üvegedény kerül a bontósav, később pedig az



2. ábra

öblítő záróanyag számára, melyet vagy a pohárból, vagy pedig a 2. ábrán látható Deville-palackból szükség szerint töltünk át. Az összekötő gumicsöveket Hoffmann-féle, vagy más rugós szorítókkal zárjuk, vagy nyitjuk.

Az E elágazásnak balra-lefelé mutató végéhez Hoffmann-szorítón át ÖL-jelű öblítő rugalmasan csatlakozik, mely alá folyadékgyűjtő hengerpoharat állítunk.

A gumidugó jobb oldali furatába kerül a G-jelű összekötőcső, melyen a gázokat a bűrettába továbbíthatjuk, anélkül, hogy légbuborék maradna vissza.

A gázvezető gumicsöveket Pregel¹⁶ szerint parafinos viasszal impregnáljuk, feszesen húzzuk fel az üvegrészekre, szigetelő szalaggal körülcavarjuk és kötöződróttal rögzítjük.

b) A gázmérő bűretta.

Felül bővebb része kb. 100 ml-nyi térfogatú és 10–10 ml-es osztású legyen. Az alsó része szűkebb mérőcsőhöz csatlakozik, mely 50 ml térfogatú, és 0,1 ml-re 0,7–0,8 mm hosszú beosztás legyen rajta.

Alsó részén legyen az 50 ml-es jel, a számozás felé csökkenjen, hogy az abszorpció feljegyzésénél előbb a nagyobb és azután a kisebb térfogatnak megfelelő számokat olvashassuk le és a kivonáshoz a leolvasások sorrendjét ne kelljen felcserélni. A bürettának bővebb részén nem kell pontos térfogatjelzés. Felső csöve gumival csatlakozzék a felette lévő »karlsruhei« csaphoz, mely lehetővé teszi, hogy balfelől a bontóedényhez, jobbfelől pedig a harmadik részt képező

c) *gáznyelő pipettához* lehessen kapcsolni. E pipettát legalább 200 köbcéntiméternyi gáz befogadására készíttessük. Ha nem akarunk költségesebb jénai üvegszűrős 153 GI-es, vagy más buborékoló pipettát használni, alkalmazzunk közönséges Orsat elemzőhöz valót, de forrasztassunk belé összesodort vasdróthálót. Ennek a felületén jól tapad a káliklóg, nagy felülete miatt az elnyelés is gyors lesz.

Mint a rajzokból látható, a készülék könnyed kezelése érdekében nem használunk higanyt, sem *Petersson* (17), sem *Drehschmidt* (18) által kigondolt vagy *Lunge* (19) szerint javított »kompenzáló« csöveket, hanem a felszínek beállítását a Deville-palack folyadékszintjével végezzük el. Az elnyelt CO₂ térfogatának redukcióját számítás vagy a 3. ábrán látható nomogram alapján végezzük.

A gáztérfogat normál (és száraz) állapotra való átszámításához

$$v_0 = \frac{v}{1 + 0,00367 \cdot t} \cdot \frac{p}{760}$$

képlet szolgál, ahol p a bürettába zárt gáz redukált nyomása, tehát

$$p = (b - c) - \pi = b_0 - \pi$$

ahol b az éppen uralkodó barométerállás, π a záró-

1. T Á B L Á Z A T

A timföldgyári lóg	tartalma			Szódaelemzés a »Szervesanyag meghatározó készülék«-ben				Szódameghatározás a gázelemző készülékben							
	szóda g/liter	Na ₂ O g/mol/liter	1 liternyi lógból fejlődő CO ₂ normál millilitrumben mérve	A ml bemérés	Megfelel g szódnának	Képződik BaCO ₃ g-okban*	Oldáshoz kell 1/10 × n HCl ml-ben	a ml bemérés	Feloldók CO ₂ normál ml-ben mérve	Levegő a bontóedényben	Levegő a lombik nyakában	Levegő az összekötő csőben	A fejlődött CO ₂	Összesen	Beszívandó pótlevegő
1. Sűrű lóg	80	0.756	16780	2	0.160	0.297	30.2	2	33.56	98 + 10 + 3 + 33 = 144					0
2. I. Dorr lóg	36	0.339	7560	4	0.144	0.268	27.15	4	30.24	96 + 10 + 3 + 30 = 139					0
3. Kikevert lóg	9	0.085	1890	15	0.135	0.251	25.45	20	37.80	80 + 10 + 3 + 38 = 131					15
4. II. Dorr lóg	4	0.038	841	25	0.100	0.186	18.75	40	33.56	60 + 10 + 3 + 33 = 106					40
5. III. Dorr lóg	2	0.019	420	50	0.100	0.186	18.75	50	21.0	50 + 10 + 3 + 21 = 84					65
6. IV. Dorr lóg	1	0.009	210	100	0.100	0.186	18.75	50	10.5	50 + 10 + 3 + 10 = 73					60
7. V. Dorr lóg	0.5	0.004	105	200	0.100	0.186	18.75	50	5.25	50 + 10 + 3 + 5 = 68					60
8. VI. Dorr lóg	0.025	—	5	400	0.010	0.018	1.87	—	—						
9. Alkálikus kondenz víz															

* Legkedvezőbb a szabványméretű készülékben 0.1—0.2 g BaCO₃-mal dolgozni!

Használatkor a bontólombikot lehúzzuk a gumidugóról, belemérjük az 1. táblázatban látható a_{ml} -nyi lógot, a gumidugót megnedvesítjük és a lombikot azbesztszinórral átfont Bunsen-karikával a helyére szorítjuk. Elvégezzük a bontást és a gázt átvisszük a bürettába. Az abszorpció után bürettánkból a gázt az összekötő csővön és a szivornyán keresztül a ferde csővön nyomjuk ki. Ekkor a gumidugó és a szivornya között levegő marad, ezért a lombikot könnyen el tudjuk távolítani.

A bennlévő folyadékot a Deville-palackba öntjük, a lombikot savmentesre mossuk, belemérjük a következő lógoldatot. Ugyancsak savmentesre mossuk — mosópalackból — a szivornyát, a gumidugót és az összekötő csőnek a dugóba szájazó részét, a lombikot helyére tesszük. A Deville-palackkal szívást idézünk elő, megvizsgáljuk, hogy a lombik a gumidugóval jól zár-e és megkezdjük a CO₂ felszabadítását.

folyadék gőznyomása, t °Cels. hőmérsékleten, c a 0°-ra való barométerredukciónak korrigáló számértéke, tehát b_0 a redukált barométerállás.

A 3. ábrán látható nomogram olyan szorzótábla, melynek ordinátái Celsius fokra osztott léptékben $1/1 + 0,00367 \cdot t$ értékeit tartalmazzák, abszcisszái pedig a $p/760$ hányados szerint p számértékeit mutatják.

Ha tehát pl. 740 mm értékű sárgarézkálán leolvasott barométernyomásnál 20° C hőmérsékletű nüretsában 30 ml-nyi CO₂-öt nyeltünk el, akkor a zárófolyadékunk gőznyomását a 20° C mellett feltüntetett adatok alapján: $\pi = 17,5 - 1,3 = 16,2$ Torr-nak számítjuk ki. Az 5. ábrán látható diagram szerint a $b - c$ érték:

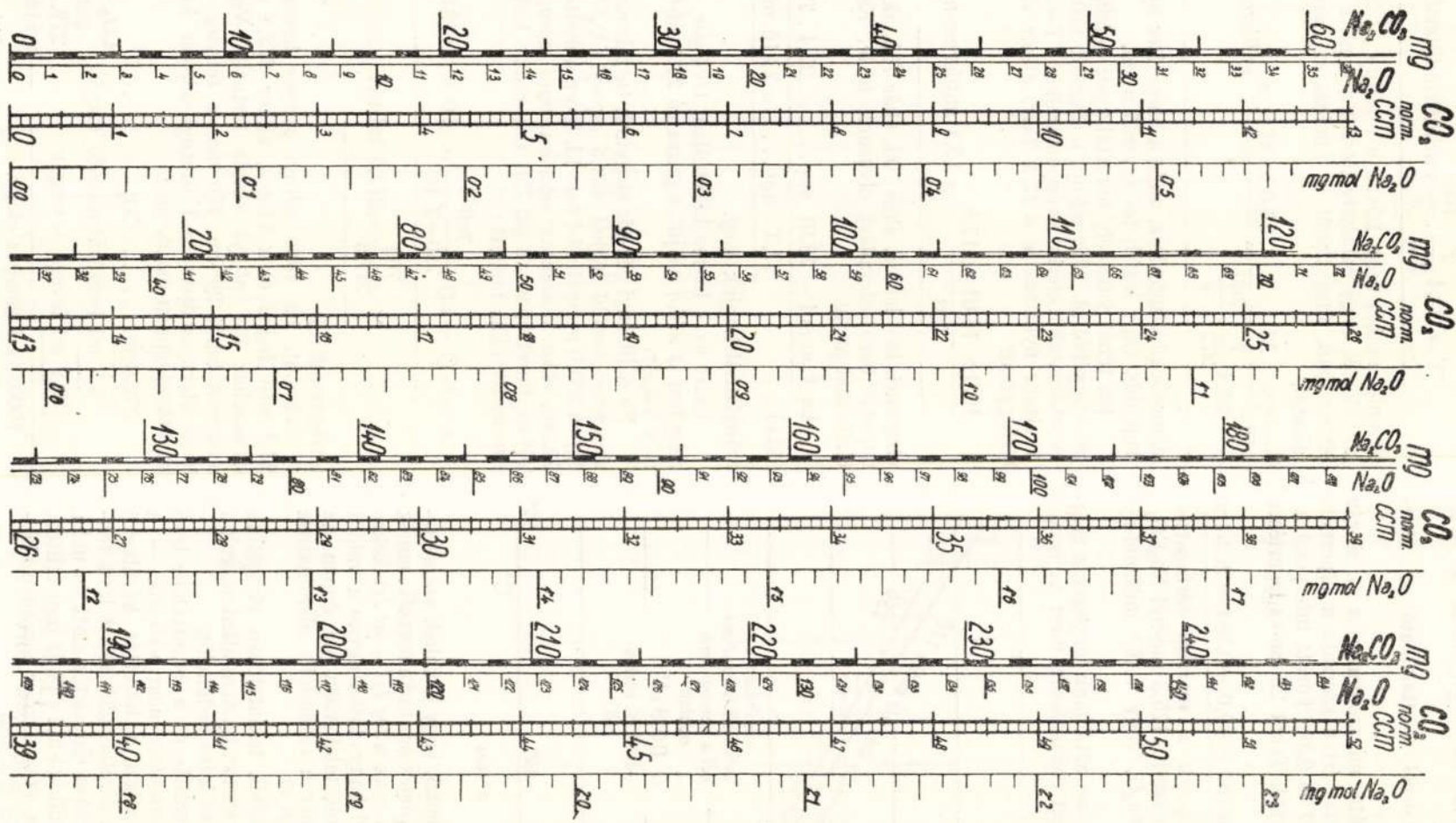
$$740 - 2,41 = 737,59 \approx 737,6 = b_0$$

lesz a redukált barométerállás és ezért

$$p = 737,6 - 16,2 = 721,4 \text{ Torr.}$$



3. ábr.



$2226 \text{ norm. ccm} \hat{=} 106 \text{ mg szoda} \hat{=} 62 \text{ mg Na}_2\text{O} \hat{=} 1 \text{ mg-mol Na}_2\text{O}$
 $100 \text{ norm. ccm} \hat{=} 4.762 \text{ mg szoda} \hat{=} 2.785 \text{ Na}_2\text{O} \hat{=} 0.492 \text{ mg-mol Na}_2\text{O}$

Ezekből az adatokból a redukcióhoz pl.

ha $v = 30,0 \text{ ml}$ -t leolvastuk a bürettán, akkor $1/1 + \alpha \cdot t \dots 20^\circ$ -ra megtalálható az ordinátán

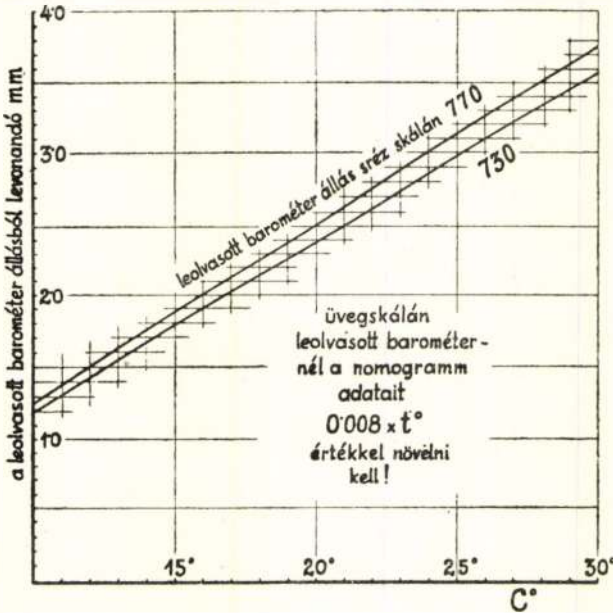
$p/760 \dots 721,4$ -nél megtalálható az abszcisszán,

E két koordináta metszéspontja a 3. ábrán A-nál fekszik és e két érték szorzata a hiperbola vonalak között $0,880$ és $0,890$ között interpolálva: $0,884$ -et ad eredményül. Tehát 25 cm -es logarlécen számolva:

$$v_0 = v \cdot 1/1 + \alpha t \times p/760 = 30,0 \times 0,884 = 26,52 \text{ ml}$$

lesz az elnyelt CO_2 -nek a normál térfogata. Ennek pedig a 4. ábra szerint $125,3 \text{ mg}$ -nyi Na_2CO_3 , vagy $73,9 \text{ mg}$ -nyi Na_2O , vagy $1,193 \text{ millimol}$ -nyi Na_2O felel meg.

Amint látjuk, a szorzótáblánk lényegesen megkönnyíti a gáztérfogat redukálását, mert az ismert



5. ábra

táblázatainkat az jellemzi, hogy a valódi számértékeket csak az $1 + \alpha t$ kifejezésre tartalmazzák, ennek a reciprokját azonban csak a $\log 1/1 + \alpha t$ értékekre találjuk meg. A $p/760$ hányadosok ugyan a valódi értékekre nézve is megtalálhatók, de éppen az $1/1 + \alpha t$ táblázat hiánya a számológép alkalmazása elé nehézségeket gördít.²⁰

Az elkövethető hibák tekintetében vizsgáljuk át a helyzetet arra az esetre, ha nem alkalmazzuk a normál térfogatra vonatkozó redukciót.

Amíg a barométerállás és a bürettában lévő gáznak $T^\circ \text{Kelv.}$ hőmérséklete nem változik — a hőfok állandósítását végzi a bürettát körülvevő vízköpeny — addig a zárófolyadék felett levő telített vízgőznek a nyomása elnyeletés előtt és után azonos marad. Egy millimol-nyi ($18,01 \text{ mg}$) telített vízgőz térfogata T° -on, (Gay-Lussac törvénye alapján, mert $22,4 \text{ ml}$ lévén 273° -on)

$$22,4 \frac{T}{273} \text{ milliliter/millimol}, \dots 760 \text{ Torr-nál},$$

mert a vízgőznek $V \text{ ml}$ térfogata $22,4$.

Ha a bürettában a vízgőz résznyomása T° -on $\pi \text{ Torr}$, akkor a telített vízgőz molterfogátát

$$V = 22,4 \frac{T}{273} \cdot \frac{760}{\pi} \text{ milliliter/millimol}$$

egyenlet szabja meg. Lévén a molsúly $M = 18,01$, következik, hogy valamely tetszőleges, pl. 1 liter nyi térfogatban, függetlenül a mindenkori barométerállástól,

$$g = \frac{M}{22,4 \frac{T}{273} \cdot \frac{760}{\pi}} = \frac{16,0 \times M \times \pi}{T} \text{ milligram/liter}$$

mennyiségű vízgőz lesz, amíg a barométer nyomása nagyobb, vagy legfeljebb egyenlő π -vel.

Ha tehát valamely bürettába gáz + telített vízgőz elegyéből pl. 1000 ml -nyi térfogatot zártunk be és táblázataink szerint az éppen uralkodó $T = 293^\circ$ -on a vízgőz nyomása $\pi = 17,5 \text{ Torr}$, akkor ebben a térfogatban

$$\frac{16,0 \times 18,01 \times 17,5}{293} = 17,3 \text{ milligram-nyi}$$

vízgőznek kell lennie, akár 700 , akár 750 , akár 780 mm -nyi barométerállást olvasunk is le. Ennek a térfogatát pedig

$$\text{ha } 1 \text{ mmol} = 18,01 \text{ mg} \dots 22,4 \cdot T/273 \text{ m}$$

$$\text{akkor: } \frac{17,3 \text{ mg} \dots 23,15 \text{ ml}}$$

aránylatból kapjuk meg.

Ezért az 1 liter es bürettában lévő gáz + vízgőz elegyben is $976,9 \text{ ml}$ jut a gázra és $23,1 \text{ ml}$ -t foglal el a vízgőz.

Ez a liternyi gáz-gőz elegyünk tartalmazzon az elemzésre kerülő lúgból $494,5 \text{ mg}$ -nyi CO_2 -öt (ami éppen $250,0 \text{ normál ml}$ -t tesz ki, lévén a molterfogot $22,26$), akkor a szénsav számára, mint száraz gázra, 20° -os bürettában és pl. 750 mm -esnek leolvasott barométer állás mellett:

$$v = v_0 (1 + \alpha t) \frac{760}{750 - 2,44} = 250 \times 1,0734 \times$$

$$\times \frac{760}{747,6} = 272,8 \text{ ml-nyi}$$

térfogat adódik.

Viszont, ha 1000 ml -nyi gáz-gőz keverékben $23,1 \text{ ml}$ -t foglal el a vízgőz, akkor $272,8 \text{ ml}$ -nyi szénsavhoz $6,3 \text{ ml}$ -nyi vízgőz tartozik. Végeredményben tehát 20° -on, 750 mm -es tényleg észlelt barométernyomáson az 1 liter nyi gáz-gőz keverék következőképpen oszlik meg:

$272,8 \text{ ml} \dots \text{CO}_2$	
$6,3 \text{ ml}$ hozzászámítható vízgőz	$\text{CO}_2 + \text{vígőz}$
$279,1 \text{ ml}$ levegő + vízgőz	$279,1 \text{ ml-nyi térfogat}$

$1000,0 \text{ ml}$ gáz-gőz elegy.

Amikor a CO_2 -öt elnyeletjük, eltűnik a hozzátartozó vízgőz is, tehát a térfogatsökkenést nem $272,8 \text{ ml}$ -nek, hanem $272,8 + 6,3 = 279,1 \text{ ml}$ -nyinek fogjuk találni.

Helyes szénsavértékhez tehát csak akkor juthatunk, ha a »térfogatcsökkenést« 760 mm-re és 0°-ra, azaz v_0 -ra redukáljuk.

3. számú ábrán látható nomogrammunk szerint, ha 20°-on $\pi = 17,5$, és előbbi számításunk alapján $b_0 = 747,6$ mm, akkor $747,6 - 17,5 = 730,1$ értéket kell az abszcisszán felkeresni, ami a 20°-nak megfelelő ordinátával B pontban a hiperbolák között 0,895-ös tényezőre mutat, tehát 494,5 mg-yinak a normáltérfogata:

$$v_0 = 279,1 \times 0,912 = 250 \text{ norm. ml}$$

lesz az a térfogat, mellyel a 4. ábrából a Na_2CO_3 Na_2O tartalmat ki tudjuk számítani.

A barométer 0°-ra való redukálását nem szükséges túl nagy gonddal végezni. Erre mutat az 5. ábrán levő grafikon is, melyből látszik, hogy a redukciónál kivonandóként (0° alatt összeadandóul) szereplő milliméterek számértékét jobban befolyásolja a hőmérséklet, semmint a tényleges barométerállás, mert pl. 730 és 770 ténylegesen leolvasott nyomásvonalak (izopond-ok) igen közel futnak egymáshoz, míg a korrigálandó mm-ek és a hőmérséklet közötti összefüggés az izopondok meredek dőlési szögét hozzák létre.

Az 1., 2. és 5. ábrát Máz Gergely, a 3. és 4. ábrát Ivány Zsuzsa, tervezési osztályunk dolgozói készítették.

IRODALOM

1. László Antal: Új módszer aluminát-lúgok elemzésére. Bány. Koh. Lapok. Alumínium. 1949. 11. szám. 241. lap.

Az ajkai dolgozók hozzászólása

Koloszár József: Lányi professzor előadásából hallottuk, mennyire fontos a timföldgyárak körfolyamatában levő aluminátlúgok szódatartalmának pontos meghatározása. Fontos azért, mert a szóda — mint tudjuk — a feltárás szempontjából hatástalan, tehát jelenléte a lúgban nem hasznos. Éppen ezért az a hír, hogy van egy módszer ezen lúgok szódatartalmának pontos meghatározására, üzemünk szempontjából nagyjelentőségű. Sajnos általában a timföldgyárakban jelenleg használatos szódameghatározási módszerek nem adnak tiszta képet a lúgban levő szóda százalékos mennyiségéről, vagyis nem pontosak. Ugyanez a helyzet nálunk is. Mi az üzemünkben a lúgvizsgálatokat Bayer által kidolgozott és alkalmazott módszer szerint végezzük, melynek eljárási elve az, hogy a 10-szeresére hígított lúgnak az Na_2O tartalmát fenolftalein indikátor mellett, az alumíniumoxid-tartalmát pedig tropeolin 00 indikátor mellett sósavval megtitráljuk. A szódához nem kötött Na_2O tartalom meghatározásához a már 10-szeresre felhígított oldatból kiveszünk 40 ccm-t egy 200 ccm-es lombikba, hozzáadunk 10 ccm 10%-os báriumklorid-oldatot a karbonát leválasztás céljából, majd az oldatot forrásig hevítjük és jelig töltjük. A redős szűrőn átszűrt szüredékből 50 ccm-t titrálunk n/1 sósavval, fenolftalein indikátor mellett. Minthogy köztudomású, hogy a timföldgyári lúgok kisebb, nagyobb mértékben tar-

- Lányi Béla: Aluminátlúgok elemzése színes indikátorokkal. Kohászati Lapok. Alumínium 1951. 1. szám 11. lap.
- Zombory László és Nagy Pál: Kohászati Lapok 1951. Alumínium 3. szám.
2. Georg Lunge: Chemisch-technische Untersuchungs-methoden. 144—177. lap. Bd I. Springer 1904.
 3. Treadwell: Quantitative Analyse. Bd II. Deuticke 1949. 11. kiadás.
 4. Lunge: loc. cit. 170. lap.
 5. Lunge: loc. cit. 170. lap.
 6. Baur: Zts. anal. Ch. 1884. 371.
 7. László Antal: loc. cit.
 8. Berthier—Thompson és Fresenius—Will módszere, Lunge loc. cit. 485. lap. Fresenius: Qant. An. 6. Aufl. Bd 1. 444. lap.
 9. Bogárdi Endre: Koh. Lapok 1951. Alumínium. 4. szám.
 10. Winkler Lajos: Analitikai kémiai vizsgálatok. Budapest.
 11. Lányi: Szervesanyag meghatározó készülék. Bány. Koh. Lapok 1949. év Alumínium 11. szám.
 12. Zombory László, Nagy Pál: loc. cit. Papp Elemér, Romwalter Alfréd, Antonescu Adrián Koh. Lapok. 1951. Alumínium 2. szám.
 13. Pettersson: B. B. 23. (1890. év) 1402.
 14. Lunge és Marchlewski: Zts. f. angew. Ch. (1891. év) 229. lap.
 15. Lunge és Rittener: Zts. f. angew. Ch. (1906. év) 1849. lap.
 16. Pregel: Die quant. org. Mikroanalyse.
 17. Pettersson: loc. cit.
 18. Drehschmidt: B. B. (1888. év) 21. kötet 3242.
 19. Lunge: loc. cit.
 20. MNOSZ, 5102. Szén meghatározása az acélban. A Ströhlein stb. féle készülékeknel használatos gázredukciós táblázatot is tartalmazza.

talmakzna foszfátokat és vanadátokat, melyek a titrálások végpontját zavarják, ugyanis szintén savat fogyasztanak, ezáltal a szóda valóságos értékét meghamisítják. Éppen ezért ezzel a módszerrel meghatározott szódatartalom is csak üzemi pontosságú. A Lányi Professzor úr által ismertetett és a Fémipari Kutató Intézet által módosított előbb ismertetett szódameghatározási készüléket, mellyel a lúgban levő szódatartalom meghatározása 0,5%-os hibahatárral gyorsan végrehajtható, örömmel üdvözlöm és remélem, üzemünk is a legrövidebb időn belül bevezeti ezt az egész tökéletesnek látszó módszert. Ezáltal a timföldgyárunk üzemzetősége az eddiginél realisabb képet fog kapni a körfolyamatban levő aluminátlúg szódatartalmáról és ezáltal jobb és eredményesebb termelést ér el.

Máriássy Mihály: Treadwell szerint az ipari lúgok meghatározásának klasszikus módszere fenolftalein és metiloranzssal való kettős titrálás. A módszer kétségtelenül ma is a legjobb módszer ipari lúgok esetén, de használhatatlan akkor, ha a lúg alumíniumtartalmú. Aluminátlúgok esetén ugyanis a metiloranzs átcsapása élelenné válik. Fenti szerző ajánlja ilyen esetben csak a fenolftalein használatát többszöri kiforrálás mellett. Ez a módszer azonban nem elég pontos, sőt a kivált alumíniumhidrát mellett a fenolftalein színe is nehezen

érzékeny és adsorpciós jelenségek is nehezen feltételezhetők. Éppen ezért nagy nyereség az üzemnek, ha a szódameghatározáshoz ezt a pontos és egyszerűnek látszó meghatározást be lehet vezetni.

Felteszi a kérdést az előadóhoz, hogy alumínium-titrálásnál, melynek pontossága a különböző meghatározások egyikével sem teljesen kielégítő, a pontosság fokozható-e organikus anyagok, pl. cukor hozzáadásával.

Somogyi üzemvezető megkérdezi, hogy mik a pontossági viszonyok a szervesanyag meghatározó készülékben és az előbb ismertetett volumetriás széndioxid meghatározó készülékben való CO_2 meghatározás esetén, valamint, hogy mi indokolja az egyik vagy a másik előtérbe helyezését. Másik kérdése az, hogy a körfolyamatban levő lúgszódátartalmát illetően mik az egyensúlyi viszonyok, mennyi széndioxid kerül a lúgba a bauxit karbonáttartalma által és mennyi a lúg elkarbonátosodása miatt, valamint a kb. állandó 12–15%-os szódatartalmat mennyiben változtatja meg az, ha a tartályokat levegőtől elzárva tartjuk.

Dr. Lányi Béla válasza a hozzászólásokra :

Koloszár figyelmét felhívja arra, hogy tekintve azt, hogy üzemi sűrűlűgokról van szó, melyek viszkózitása nagy, kívánatos, hogy a használatos vízre és kifolyásra kalibrált pipettákat beméréskor vízzel bemossuk. Felhívja a figyelmet arra is, hogy a be-

mérést a várható szódatartalomtól függően kell megválasztani oly módon, hogy a keletkező CO_2 gáz kb. 30 ccm legyen. Ajánlatosnak tartja, eredeti, kb. 2 ccm lúgot bemérni, miáltal a felesleges higításokkal adott hibák elkerülhetők.

Máriássynak válaszolva megjegyzi, hogy várható is az alumínium- és CO_2 -tartalom titrálásánál fellépő rendellenesség, mivel a nátriumaluminát állandóan bomlik és a keletkező alumíniumhidrát zavar. Éppen ezért dolgozta ki az Intézet a turbidimetrikus eljárást, ahol adszorpciós indikátorral kényelmesen jelezhető a végpont, miután a báriumkloriddal a zavaró ionokat leválasztották. Ami a szervesanyag alkalmazását illeti, ennek a kérdésnek a tisztázására valóban törekedett az Intézet, de minthogy bizonyos speciális szervesanyagokat beszerezni nem lehet, a kísérletek még nem mutatnak tiszta képet.

Somogyi kérdésére azt feleli, hogy a szervesanyag-meghatározóban végzett széndioxid meghatározásának pontossága 0,5%, az új készülékben való meghatározás pontossága 0,7%. Utóbbinak előnye az, hogy rövidebb idő alatt elvégezhető. Az üzemi lúg széndioxid egyensúlyának vizsgálatát illetően úgy véli, hogy ez minden lúg és minden bauxit esetében speciális, tehát egy üzem keretein belül ez a kérdés sokkal jobban megvizsgálható, mint az üzemtől távol székelő Intézetben. Így helyesnek tartja, ha felszólaló a kérdést a helyi viszonyoknak megfelelően veszi vizsgálat alá.

Hidrogén meghatározása fémalumíniumban. (II.)

DR. PAPP ELEMER, DR. ZOMBORY LÁSZLÓ és DR. MAGYAROSSY ISTVÁN

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВОДОРОДА В МЕТАЛЛИЧЕСКОМ АЛЮМИНИИ. (II.)

Автор: Др. Папп Е., Др. Зомбори Ласло и Др. Мадыароши И.

Определения выполняемые с применением прибора описанного в первой части сообщения дали следующие результаты:

1. Измеряемый объем водорода прямо пропорционален отклонениям получаемым на измерительном приборе (микроамперметр), то есть площади ограничиваемой кривой, полученной при графическом построении зависимости отклонений от времени.
2. Определение водорода в металлическом алюминии при применении указанного метода дает хорошие результаты.

Concerning the Determination of the H_2 -Contents of Aluminium (II.)

By dr. E. Papp, dr. L. Zombory and dr. St. Magyarossy.

From the tests carried out by means of the apparatus described in part (I) of our communication, it finds corroboration that:

1. the volume of the hydrogen gas measured in is in linear proportion to the indication caused in the measuring instrument (microammeter), or, respectively, to the area of the curve obtained by plotting the indication of the instrument against the respective time; and

2. the determination of the H_2 -contents from metallic Al-proofs by the procedure described furnishes satisfactory results.

Über die Bestimmung des H_2 -Gehaltes von Aluminium (II.)

Dr. E. Papp, Dr. L. Zombory und Dr. St. Magyarossy.

Aus den mit Hilfe des im I. Teil unserer Mitteilung beschriebenen Apparates durchgeführten Versuchen findet es Bestätigung, dass:

1. das Volumen des eingemessenen Wasserstoffgases in linearer Proportion zu dem am Messapparat (Mikroampermeter) verursachten Ausschlag, bzw. zu dem Flächeninhalt der Kurve steht, die sich aus der graphischen Darstellung des Ausschlags in Funktion der bezüglichen Zeit ergibt; und
2. die Bestimmungen nach dem beschriebenen Verfahren des H_2 -gehaltes aus metallischen Al-Proben zufriedenstellende Ergebnisse liefern.

A fenti tárgyra vonatkozó kísérleteink eredményeit összefoglaló dolgozatunk első részében¹ ismertettük a H_2/Al rendszert tárgyaló irodalmi adatokat, továbbá részletesen leírtuk a fémalu-

mínium hidrogén tartalmának meghatározására szerkesztett és összeállított készülékünket.

A dolgozatunk e II. részében a fenti készülékkel végzett kísérletsorozataink eredményeit ismergetjük. A kísérletek egy része ismert mennyiségű beadagolt hidrogéngáz mérésére, más része pedig fémalumínium mintákból végzett hidrogéngáz tartalom meghatározásokra vonatkozik.

Kísérletek bemért hidrogén gázzal

A készülékünkbe¹ bemért mennyiségű száraz hidrogéngázt eresztettünk be oly módon, hogy az 5. b. vákuumsap elfordításával, enyhe túlnyomással adagoltuk be a hidrogéngázt. Több kísérletsorozatot végeztünk. Először gyorsan és egyszerre, majd lassabban és többszöri adagolásban engedtünk be H_2 -t. Az olvasztócső a kísérletek egy része alatt *hideg* volt, más része alatt pedig a csövet az alumínium olvadási hőfokára *fűtöttük* fel. Kísérleteinket két szempontból értékeltük:

a) mi az összefüggés a beadagolt hidrogén mennyisége és a mérőműszeren észlelt *maximális kitérés* között?

b) mi az összefüggés a beadagolt hidrogén mennyisége és a mérőműszer kitérésének, valamint az ennek megfelelő időnek koordináta rendszeren való feltüntetésével kapott görbe által határolt terület nagysága között?

A beadagolt hidrogén mennyiségét mindig *normál térfogatra* számítottuk át.

a) *Hidrogénmennyiség és maximális műszerkitérés összefüggése.* Kísérletsorozatok alapján megállapítottuk, hogy az olvasztócsőbe beadagolt hidrogén normál térfogata *lineárisan* függ össze a vezetőképesség-különbség által okozott maximális mérőműszer kitéréssel, azonban azt is észleltük, hogy a lineáris összefüggés mellett az *olvasztócső térfogatától* függően az egyenértékek különbözők. A fenti kérdések eldöntésére két kísérlet-sorozatot végeztünk.

1. kis olvasztócsőben (kb. 300 cm³) és

2. nagy olvasztócsőben (kb. 1000 cm³).

Az adatokat az I. táblázat tünteti fel.

I. táblázat

Bemért H_2 , cm ³	H_2 , normál cm ³	Maximális kitérés	Átlagból számított H_2 , cm ³	Különbség cm ³
a) Kísérletek kis kvarccsőben.				
1.0	0.90	1.7	0.84	-0.06
4.5	4.08	8.4	4.14	+0.06
6.0	5.44	10.9	5.37	-0.07
11.0	9.96	20.0	9.85	-0.11
12.5	11.30	23.0	11.33	+0.03
18.2	16.38	33.0	16.26	-0.12
21.5	19.43	38.9	19.16	-0.27
25.8	22.96	47.0	23.15	+0.19
33.8	30.45	62.0	30.54	+0.09
	120.90	244.9		

1 cm³ H_2 = 2.03 skálarész.

b) Kísérletek nagy kvarccsőben.

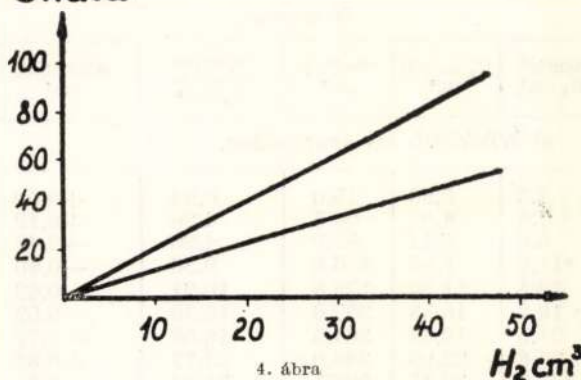
3.0	2.80	3.1	2.77	-0.03
9.4	8.48	9.8	8.75	+0.27
12.0	10.80	12.0	10.71	-0.09
14.3	12.90	14.4	12.86	-0.04
19.0	17.16	19.2	17.14	-0.02
19.5	17.70	20.1	17.95	+0.25
25.1	22.66	25.2	22.50	-0.16
	92.50	103.8		

1 cm³ H_2 = 1.12 skálarész.

Amint a kísérleti adatokból látható, a bemért hidrogén térfogata és a hővezetőképesség-különbség által előidézett maximális mérőműszer kitérés között *egyenese arányú* összefüggés áll fenn. Grafikonnal ábrázoltan (4. ábra), az átlag összefüggések alapján egyeneseket szerkesztettünk: az egyes értékek rajzban is egészen csekély szórást mutatnak.

A lineáris összefüggést ábrázoló és a gázmérésekre felhasználható egyenest azonban *minden készülékre külön* kell megszerkeszteni, azonos áramerősség és gázsebességnél (nyomás) is. A két kvarccsőben végzett mérések különbsége a 4. ábrából is jól látható.*

Skála



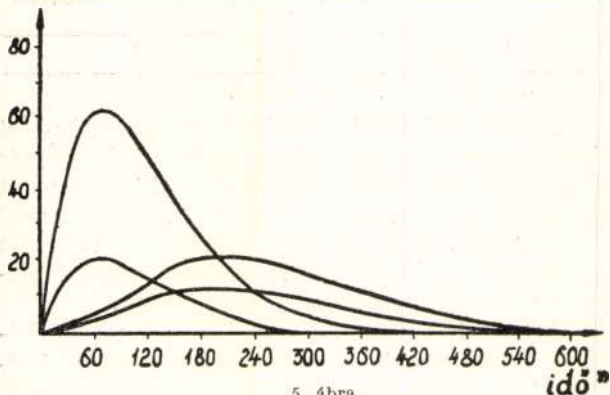
4. ábra

b) *Maximális kitérés, valamint az idő és hidrogén viszonyából adódó görbe által határolt terület összefüggése.* A kemencébe bemért hidrogént nitrogén gázzal a hődrótra hajtottuk. A mérőműszer kezdeti kiindulásától számítva, pontos időközökben (két percig 5 mp-ként, utána 10 mp-ként) a 0 pontra való beállásig, amely a hidrogén elfogyását jelentette, leolvastuk a műszer kitérését. Az adatokat koordináta rendszeren ábrázoltuk és pedig a függőleges tengelyen a skála kitérésüket, a vízszintes tengelyen pedig az utóbbiaknak megfelelő időpontokat. Minden esetben, amikor a hidrogént egy adagban mértük be, gyorsan emelkedő majd lassabban süllyedő görbét kaptunk. A nagyobb kvarccsővel kapott görbe alacsonyabb, de elhúzódóbb, mint a kis kvarccsővel kapott kísérletek eredményei (5. ábra). Az átöblítéssel hidrogén kiűzési eljárással kapcsolatban, amelynél feltételezhetően a hidrogén-

* Figyelemreméltó a készülékek szerkesztése szempontjából is az a tény, hogy míg az olvasztócsöveink ürtartalmának aránya kb. 1:3 volt, addig a max. kitérés és a hidrogén cm³ aránya (mindig a kis kvarccső adatait véve elsőnek), kb. 2:1.

nak a hődróttal való érintkezése esetleg változó gázkoncentrációval és huzamosabb ideig történhetik, kísérleteket végeztünk oly módon, hogy a bemért hidrogén gázt részletekben adagoltuk a rendszerbe, és az összetett hatást jelző műszerkitérést a fentiek alapján rögzítettük és ábrázoltuk (6. ábra).

Skála



5. ábra.

A kapott görbékkel határolt területek nagyságát planiméterrel megmértük**. A kísérletek eredményei a következők:

II. táblázat

Bemért H ₂ , cm ³	H ₂ normál cm ³	Terület cm ²	Átlagból számított H ₂ , cm ³	Különbség cm ³
1.0	0.90	15.0	0.92	+0.02
4.5	4.08	68.5	4.20	+0.12
6.0	5.44	81.0	4.96	-0.48
*11.0	9.96	156.0	9.56	-0.40
12.5	11.30	178.8	10.91	-0.49
18.2	16.38	267.6	16.36	-0.02
21.5	19.43	304.5	18.66	-0.77
25.8	22.96	388.0	23.77	+0.81
*33.8	30.45	506.5	31.04	+0.59
	120.90	1965.9		

1 cm³ H₂ = 16.26 cm²

b) Kísérletek nagy kvarcsőben.

Bemért H ₂ , cm ³	H ₂ normál cm ³	Terület cm ²	Átlagból számított H ₂ , cm ³	Különbség cm ³
3.0	2.80	46.6	2.86	+0.06
9.4	8.48	140.0	8.58	+0.10
*12.0	10.80	168.6	10.33	-0.47
14.3	12.90	212.6	13.03	+0.13
19.0	17.16	281.4	17.24	+0.08
*19.5	17.70	295.5	18.11	+0.41
25.1	22.66	376.0	23.04	+0.38
	92.50	1520.7		

1 cm³ H₂ = 16.44 cm²

A *-gal jelölt kísérletek eredményei az 5. ábrán; az °-val jelölt kísérletek eredményei a 6. ábrán vannak grafikusán feltüntetve.

** A kísérletek eredményei valamivel jobban eltérnek egymástól, mint a maximális kitérésből kapott adatok. Ennek elsősorban az lehet az oka, hogy az ábrázolásnál kapott görbék, szabad kézzel végezvén a görbék megrajzolását, a planimetrálásnál bizonyos, kisebb hibahatárokon belüli eltolódást mutathatnak.

c) Kísérletek szaggatott hidrogén adagolással.

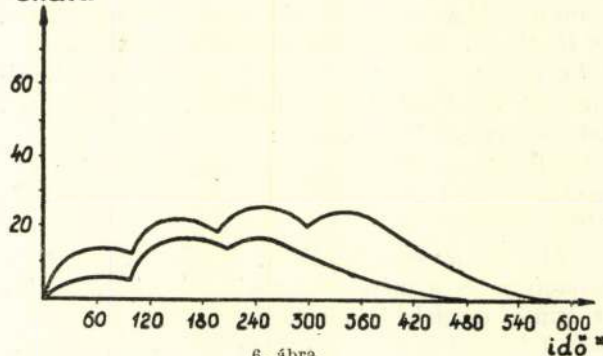
9.1	8.21	135.6	8.31	+0.10
*14.3	12.98	209.0	12.81	-0.17
19.7	17.91	296.4	18.14	+0.23
21.7	19.68	322.0	19.73	+0.05
*29.7	26.94	440.0	26.96	+0.02
32.5	29.50	478.0	29.29	-0.21

115.42 | 1881.0

1 cm³ H₂ = 16.30 cm²

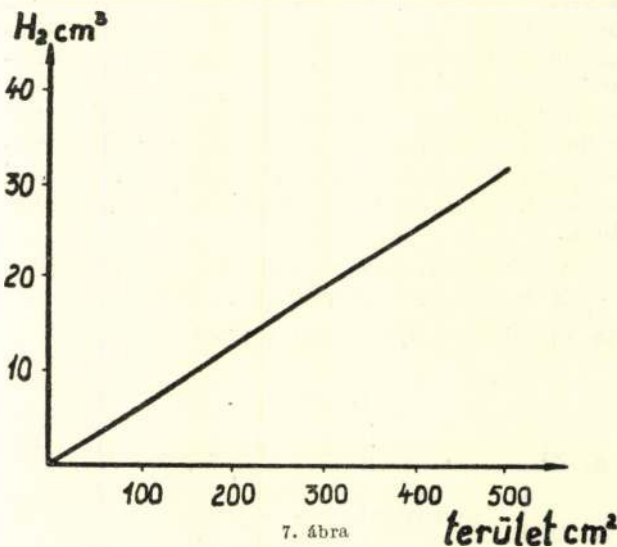
Amint az adatokból látható, az ú. n. területi egyenértékek — ellentétben a maximális kitérés eredményekkel — függetlenek a készülék térfogatá-

Skála



6. ábra.

tól és azonos áramintenzitás és gáznyomás mellett a bemért hidrogén mennyiséggel (térfogattal) mindig egyenes arányban vannak.



7. ábra

A megfelelő grafikont a kísérleti eredmények mérlegelt átlaga alapján az

1 cm³ H₂ = 16.32 cm²

összefüggésnek megfelelően ábrázoltuk és a további, fémalumíniumból való hidrogén meghatározások eredményeinek kiszámításánál ez az összefüggés volt a H₂ tartalomra vonatkozó meghatározások alapja. (7. ábra).

Hidrogén meghatározás fémaluminium mintákból

A fém minták, amelyből a meghatározásokat végeztük, részint a laboratóriumban egyéb elemzésre használt minták voltak, részint pedig a hazai üzemektől kaptunk hidrogén meghatározásra alkalmasnak ítélt mintadarabokat. A meghatározásokat a következőképpen hajtottuk végre:

a) *A fém előkészítése*: Mint már előbb említettük, a meghatározások használhatóságának legfontosabb előfeltétele a fém minták megfelelő előkészítése. A vizsgálandó fémből, ha ez lehetséges volt, kb. 10–12 cm hosszú, 2–3 cm széles és kb. $1\frac{1}{2}$ cm magas hasábot esztergályoztunk ki és pedig abból a felületből, ahol a gázokozta hólyagosodás nyomai szemmei is észlelhetők voltak. Ha a vizsgálandó fém minta nagysága nem engedte meg a fenti hasáb kivágását, úgy kb. hasonló mennyiségnek megfelelő rész-darabokat készítettünk elő. A bemérés kb. 100 g volt. A felületeket lereszeltük, lecsiszoltuk, majd a fémdarabokat alkohol-benzol keverékben gondosan, többször zsirtalanítottuk. (Természetesen kézzel a tisztítás folyamán nem érintettük a vizsgálandó fémet!) A zsirtalanított fémet szárítószekrényben 120° -on gyorsan kiszáritottuk.

b) *Olvasztócsónak*. A fém minták olvasztásához 15 cm hosszú, 2 cm magas, 4 cm felső szélességű félhenger alakú alundum-csolnakot használtunk, amelyet a meghatározások előtt a fém mintákhoz hasonlóan, mindig letisztítottunk és a fém mintával együtt 120° -on kiszáritottuk.

c) *A készülék¹ előkészítése az olvasztáshoz*. Mint fentebb már leírtuk, a meghatározások előtt a készüléket száraz nitrogéngázzal átmostuk, hogy ebből a levegőt és főleg az esetleges víznomokat eltávolítsuk. Az olvasztócső előkészítése alatt a csövet kb. 250° -ra fűtve tartottuk, kb. 1 órán át, miközben a nitrogéngázt hátulról vagyis a kvarcdugóval ellentétes csővég felől vezettük be a készülékbe. Amikor a fém előkészítése megtörtént, a 12-es számú kvarcdugót kivettük, a csónakot a leírt fém mintával együtt a kvarccsőbe gyorsan betoltuk és a kvarcdugóval a csövet elzártuk. Eközben a meleg nitrogéngáz állandóan öblítette az olvasztócsövet. A kvarcdugónál a piceines tömítést gyorsan elvégezve, a kvarcdugónál 350° -ra fűtöttük fel és ezen a hőmérsékleten az esetleges felületi nedvesség teljes eltávolítása céljából — az előzőekben leírt előkészítésen még túlmenően — 3 elővákuumozást végeztünk, 30 perces időközökben az 5. b. hármas csapon keresztül, mialatt a foszforpentoxidos-csövet természetesen elzártuk. A vákuumozás után az 5. a. hármas csap segítségével a gáznyomást az olvasztócsőben is a szükségesre kiegyenlítettük, majd megnyitva az olvasztócső csapjait, annak gáztartalmát az 5. a. és 5. c. csapok megfelelő állításával a hődrótos készülékre hajtottuk és a kitérést az elektromos mérőműszeren, a leírt módon megmértük. Kísérleteink alatt egyszer sem tapasztaltuk, hogy az elővákuumozások után a mérőműszer kitért volna, vagyis az elővákuumozások alatt hidrogénfejlődés nem következett be.

d) *Olvasztás*. A harmadik elővákuumozás után az olvasztócsövet ismét kivákuumoztuk és 800° -ra

felfűtöttük a már említett ellenállás kemence segítségével, fojtótekerccsen keresztül vezetett 110 V-os váltóárammal. A vákuum alatt tartott olvasztócső hőmérsékletét kb. 2 órán át 800° -on tartottuk, majd a fűtést kikapcsoltuk és az olvadátkot vákuumban a dermedés pontjára lehűtöttük. A dermedéspontnál a fent leírt módon a vákuumot kiegyenlítettük a készülékben lévő kívánt nyomásra és az olvasztócső gáztartalmát száraz nitrogéngázzal a hődrótos műszerre ráhajtván, a kiszívott gázok által okozott kitérést a mérőműszeren lemértük.

e) *Mérés*. A fémből kivákuumozott gázok hővezető képességének különbsége által okozott hatás lemerése a már ismertetett elektromos berendezés segítségével történt. A mikroampermérő kitérését ezen kísérleteknél is két szempontból figyeltük, vagyis rögzítettük a maximális kitérést, másrészt a kitéréseket az időhöz viszonyítva elvégeztük az ismertetett területgörbének megszerkesztéséhez szükséges adatok feljegyzését.

f) *Olvasztás megisméllése*. A gáztartalom által okozott kitérés mérésének befejezése után, vagyis amikor a mikroampermérő ismét elérte a kezdeti 0 pontot, az olvasztási műveletet megismélltük. E megisméllt olvasztást addig folytattuk, amíg a mérőműszer üzemi szempontból figyelembe jövő kitérést vagyis hidrogéntartalmat mutatott. A végzett kísérleteinknél 3 olvasztás elég volt a végső eredmény eléréséhez, a további olvasztások már csak az alább ismertetendő vakpróba adatait mutatták.

g) *Vakpróba*. Mint a hasonló elvű készülékeknél és kísérleteknél általában, az általunk összeállított készüléknél is szükséges a vakpróbák elvégzése. Ezen célból egyrészt üres olvasztócsővel, másrészt a csőbe behelyezett üres alundum-csolnakkal elvégeztük teljesen a fentebb leírt meghatározási műveleteket. (Vákuumozások, olvasztások és mérések.) A sorozatosan végzett vakpróbák jól egyező eredményeket adtak, amely utóbbiak kiértékeléséből kapott adatokat az elemzések végső kiszámításánál figyelembe vettük.

h) *Elemzések időtartama*. A kísérletek időtartamát illetően a tapasztalataink alapján az olvasztási és mérési műveleteket, a végső eredmény eléréséig, tehát a megisméllt meghatározásokkal együtt, lehetőleg *flyamatosan, megszakítás nélkül* kell elvégezni.

i) *Mérési eredmények kiszámítása*. A kísérleti eredmények kiszámításánál a 4. és 7. ábrákon közölt grafikonokat használtuk. A maximális kitérésből (4. ábra) illetve a területi grafikonokból (7. ábra) kapott értékek természetesen *normál* gáztérfogatot adnak. Ezeket az adatokat a megfelelő hőfok és légnyomás figyelembe vételével átszámítottuk a tényleges gáztérfogatra.

A kapott hidrogénmennyiség kiszámításánál a maximális kitérés adat volt az irányadó, azonban, mint a III. táblázatban közölt adatok mutatják, a területi érték alapján adódó hidrogénmennyiségek is megfelelő üzemi pontossággal megegyeznek a maximális értékből kapott adatokkal és nagyságrendi ellenőrzésre feltétlenül alkalmasak.

A megvizsgált fémaluminium minták a következők voltak: I. a. és b. kb. 2 cm, 6 cm hosszú, középen kifűrt fémhengerek 99.5-es alumíniumból.

II. a. és b. Külföldi eredetű, állítólag 99.99-es alumíniumból vágott kb. 30 g-os négyszögletű darabok.

III. a. és b. Ismeretlen eredetű és összetételű alumíniumtömbből kiesztergályozott hasábok.

IV. a. és b. Üzemi, 99.5-ös alumínium próbapogácsák. A felületük gázfejlődés folytán hólyagosodás nyomait mutatta.

V. 99.7-es alumínium próbapogácsa. A felülete az előbbieknél hólyagosabb volt.

VI–IX. 99.0-es alumíniumból próbatömbök. A közepükön gáz-zárványból eredő, hosszú lyukacsosság volt. Ez utóbbit magában foglaló, a fent ismertetett olvasztási mintáknak megfelelő méretű hasábot esztergályoztunk ki a mintákból. Az elemzési adatokat a III. táblázat tünteti fel.

III. táblázat

Minta	Bemért Al g	H ₂ cm* norm. max. kitérésből	H ₂ cm* norm. területből	H ₂ cm tényl. 100 g Al-ból
I/a	165	8.2	7.9	5.47
I/b	82	5.7	5.4	7.72
II/a	103	2.1	2.1	2.26
II/b	102	2.0	2.0	2.10
III/a	97	8.0	7.—	9.26
III/b	94	7.7	8.4	9.02
IV/a	111	5.3	6.—	6.75
IV/b	120	6.0	5.6	4.82
V	121	4.3	3.8	5.46
VI	101	9.0	8.6	9.89
VII	101	5.0	4.5	5.46
VIII	102	6.3	5.8	6.80
IX	103	6.5	6.0	6.91

Amint a közölt adatokból látható, az elemzési eredmények, a párhuzamos vizsgálatokra vonatkozólag is üzemi szempontból elfogadhatóan egyeznek. Az eltéréseket az is okozhatja, hogy a megvizsgált mintákban még párhuzamos mintavétel esetében sem bizonyos a hidrogéntartalom egyenletes eloszlása.*** A maximális kitérésből, valamint a területszámításból kapott adatok csekély eltérése a területi adatok kiszámításánál már említett hibákból adódhatnak.

Ezúttal is hangsúlyozzuk, hogy az általunk leírt készülék megszerkesztésénél, annak használatánál, az eljárás gyakorlati keresztülvitelénél mindig figyelembe kell venni az elemzésekre használt készülék adottságait, ezeket előkísérletekkel pontosan

*** A fémekben lévő hidrogéntartalom, mint már említettük, részint molekuláris okklúzió, részint atomos oldás folyamán áll elő. A vonatkozó fizikai törvények alapján² nyilvánvaló, hogy az olvadt fém által elnyelt hidrogén a megszilárdult fém egyes rétegeiben nincs egyenletesen elosztódva.

meg kell állapítani, a meghatározásokat pedig szigorúan betartott azonos előfeltételek és körülmények között kell végezni.

Összefoglalás.

A dolgozatunk I. részében¹ ismertetett hidrogén-meghatározó készülékkel kísérletsorozatokat végeztünk, részint bemért mennyiségű hidrogéngázzal másrészt fémalumínium mináttal.

1. Meghatározott mennyiségű hidrogén beméréseivel végzett kísérletsorozatok eredményei az alábbiak:

a) A hődrótos készülékkel a külső hőmérséklet hatásának kikapcsolása mellett, ha a hődrótot fűtő áram intenzitását, valamint a dróttal érintkező gáz sebességét (nyomását) pontosan állandónak tartjuk, nitrogén alapgáz felhasználásával a hozzákevert hidrogéngáz mennyiség meghatározására jó eredményeket kapunk.

b) Az a) alatti körülmények között a bemért hidrogéngáz mennyisége egyenesen arányos az ismertetett jelzőműszer kitérése és a megfelelő idő közötti összefüggés grafikus ábrázolásánál adódó görbe által bezárt területtel. Ez az összefüggés független az olvasztókészülék térfogatától.

c) A bemért hidrogén mennyisége ugyancsak egyenesen arányos a mérőműszer *maximális kitérésével* ezek az összefüggések azonban az olvasztókészülék térfogata szerint egymástól eltérőek.

2. A fémalumínium mintákból végzett meghatározások üzemi szempontból jó eredményeket adnak. A maximális kitérésből és a területi görbéből számított adatok egymás között elfogadhatóan megegyezést mutatnak. Az iránytadó a gáztartalom meghatározására a maximális kitérésű adat, a területi görbéből kapott adat pedig alkalmas nagyságrendi ellenőrzésre.

Kísérleteinket a Fémipari Kutató Intézetnek a Műszaki Egyetem Elektrokémiai Tanszékén elhelyezett vegyészeti osztályán végeztük. Ezúton is őszinte köszönetet mondunk dr. Lányi Béla műegyetemi ny. r. tanár úrnak, aki Intézetének eszközeit rendelkezésünkre bocsátva, nagy mértékben hozzájárult a feladatunk eredményes elvégzéséhez. Az előkísérletek egy részét Antonescu Adrian vegyész-mérnök kartársunkkal végeztük, aki a kísérleteink befejezése előtt, más munkaterületre távozott el Intézetünkötől.

HIVATKOZÁSOK:

¹ Papp E., Zombory L. és Antonescu A.: Kohászati Lapok VI. Alumínium 149. 1951.

² Verő József: Bányászati és Kohászati Lapok IV. 473. 1949.

... A munkafolyamatok mechanizálása az a számunkra új és döntő erő, mely nélkül az előírányzott tempókat és a termelés új méreteit betartanunk lehetetlen.

(SZTÁLIN)

Hulladékalumínium újfajta eljárással történő tisztítása

DR. DOMONY ANDRÁS és VÁRHELYI REZSO

Очищение алюминиевых отходов путем применения нового метода.

Авторы: Др. Домонь Андраш и Варгели Реже

Авторы краткое описание причин получения отходов и определяют очищению подвергаемое количество отходов. После описания более частых примесей алюминиевых отходов, рассматривают общие методы применяемые для очищения. Из распространенных методов дают подробное описание метода выполняемого с применением хлорирования, а затем рассматривают преимущества и недостатки этого метода.

После того дают подробное описание метода разработанного ими и выполняемого с применением S_2Cl_2 . Показуют термодинамические и химические основы очистительного эффекта серы и хлора. Также дают описание экспериментальной печи и результатов полученных при экспериментах выполняемых для устранения содержания магния. На основе экспериментальных результатов проводят оценку возможности внедрить и распространить новый метод в промышленности.

Экспериментальные результаты показали, что применение нового метода для очищения алюминиевых отходов является лучше, чем все другие методы применяемые в практике.

A világgazdaságban az alumínium kivételével az összes fém körfolyamatban kering. Az elhasznált hulladékfémeket és ötvözeteket ugyanis rondítóiktól egyszerű kohászati, vagy kémiai eljárások segítségével el lehet választani és ily módon a színeket ismét elő lehet állítani. Az alumíniumnál és ötvözeteinél azonban, — a fém különleges kémiai sajátossága miatt —, az eddig használatos kohászati finomító eljárások nem alkalmazhatók. A már egyszer idegen fémmel ötvözött alumínium a szokásos eljárások segítségével színeffémmé nem tisztítható. A hulladékalumínium gazdaságos értékesítése és az alumínium fém körforgásának biztosítása érdekében a nehézfémeknél megszokott finomítási eljárásoktól el kellett térni.

Az újbóli feldolgozásra kerülő alumíniumhulladékokból készült áruk, kémiai, fizikai és szilárdságtulajdonságait részben a hulladékanyag összetétele, részben a fém tisztasága (salak és gáz tartalom) szabja meg. A hulladékalumínium helyes értékelése szempontjából ismernünk kell az alumínium iparban keletkező különböző hulladékfajtáknak tulajdonságait és az ismételt feldolgozásnál ezeknek megfelelően kell a legmegfelelőbb módszereket kiválasztani.

A gyártás közben a különböző munkamenetek alkalmával keletkezett hulladékanyagok tisztasági foka oxidációra, salakképződésre való hajlama más és más. Az egyszerűbb áttekintés érdekében a hulladékok könnyűfémeket az alanti csoportokba sorolhatjuk:

- I. a) Öntödék és félgyártmányt előállító üzemek saját, darabos hulladéka.
- I. b) Öntödék és félgyártmányt előállító üzemek saját, közepes vékonyságú hulladéka.
- I. c) Öntödék és félgyártmányt előállító üzemek vékony hulladéka és forgácsa.
- II. a) Készáru gyártásnál keletkező és az ócskapiacról származó szinalumínium félgyártmány hulladék.
- II. b) Készáru gyártásnál keletkező és az ócskapiacról származó vegyes, közepes vékonyságú ötvözet hulladék.
- II. c) Készáru gyártásnál keletkező és az ócskapiacról származó vegyes öntvény, vagy vegyes vékony félgyártmány hulladék és gyártmány.

Az 1. számú ábra vázlatosan szemlélteti a különböző fajtájú és keletkezésű hulladékok feldolgozási lehetőségeit.

A 2. számú ábra példaképpen egy 10.000 tonnás kohótermelés esetén keletkező alumínium készáru és hulladékanyag mennyiségi elosztását szemlélteti.

Az ábrából és az elmondottakból megállapítható, hogy az öntödék és a félgyártmányt előállító üzemek által felhasznált saját hulladékot figyelmen kívül hagyva, a készáru gyártásnál évenként

- 410 t ismert összetételű félgyártmány hulladék (Ib.) (IIa.),
- 276 t ismeretlen összetételű félgyártmány hulladék (IIb.),
- 108 t ismert összetételű öntvény és öntödei hulladék (Ib.),
- 144 t ismeretlen összetételű öntvény és öntödei hulladék (Ic.), (IIc.),
- 420 t forgács és vegyes apró hulladék (Ic.) és (IIc.) nagyságrendi mennyiségű hulladék keletkezik. Ehhez a mennyiséghez hozzájön még a kiselejtett, elhasználdott alumínium árukból származó hulladék, amit évi 10.000 tonnás készáru termelés esetén

400 tonna ismeretlen összetételű

600 tonna ismeretlen összetételű (színelumínium) anyagra lehet becsülni.

Alumíniumhulladék feldolgozás szempontjából tehát évi 10.000 tonnás készáru termelés esetén nagyságrendileg 2000 t hulladékfém keletkezésével kell számolni. Ez olyan nagy mennyiség, hogy érdemes számára egy raffinálási folyamatot kidolgozni, melynek alapján az így tisztított alumíniumhulladék az általános körfolyamatba visszavezethető.

Az alumíniumhulladékok szennyeződései három főcsoportra oszthatók:

1. *Fémes rondítók*, amelyek az alumínium alapanyagban oldódnak, vagy azzal ötvözetet alkotnak és csak szűrés, desztilláció, szublimáció, vagy tűzfolyékony elektrolízis segítségével távolíthatók el.

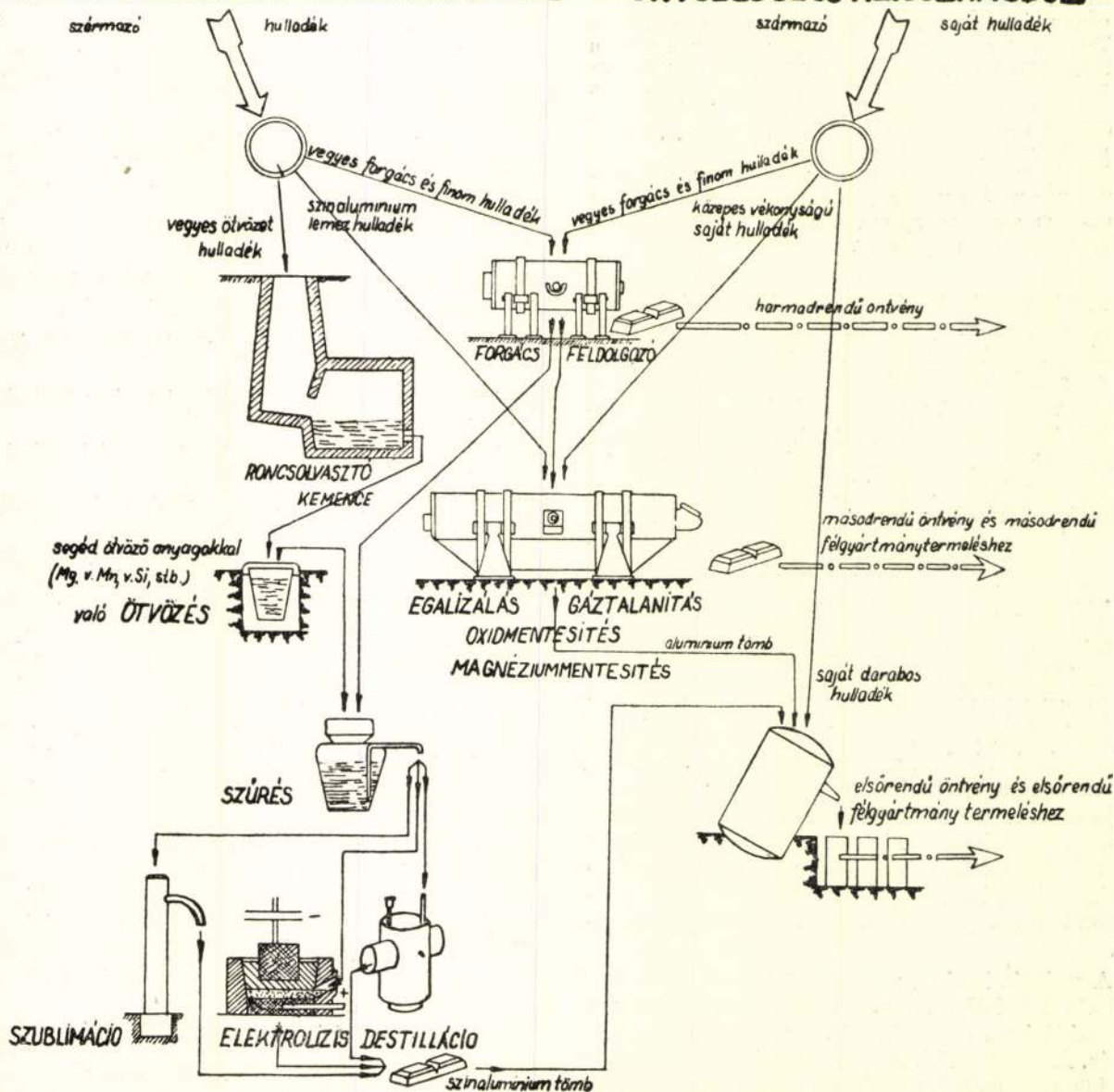
2. *Nem fémes szennyezések* (salak- és oxidzárványok, elnyelt gázok). Ezek a szennyeződések a hulladékalumínium feldolgozása közben kerülnek a fémbe részint a könnyűfém darabok felületét borító alumínium oxidhártyából, részint az alumíniumnak az oxigénhez való nagy vegyrokonsága következtében. Az olvadt fém ugyanis könnyen oxidálódik és salakosodik, különösen akkor, ha a hulladékok felülete szerves vagy szervetlen anyagokkal vagy nedvességgel szennyezett. A fémfűrdő a szennyeződések, nedvességet elroncsolja, illetve megbontja. A fém a bomlás közben keletkezett oxigénnel, szénnel stb. — különösen magasabb hőfokon —, alumíniumoxid, alumíniumcarbíd stb. salakot alkot, a keletkezett gázt pedig —, különösen a hidrogént —, mohón elnyeli. A 3. számú ábra a folyékony alumíniumnak H_2 gáznyelőképességét szemlélteti a hőfok függvényében. Amint azt a diagramm is bizonyítja, közvetlenül az alumínium olvadáspontja felett az olvadt fém a H_2 -t mohón

elnyeli, illetőleg O_2 jelenlétében nagyobb mennyiségű alumíniumoxid salak képződik. Ezért a hulladékok feldolgozásánál gondoskodni kell arról, hogy olvasztásnál a fémfűrdő ne hevüljön túl, továbbá H_2 és O_2 bomlási terméket szolgáltató nedvesség és szerves vagy szervetlen anyagokból álló szennyeződés pedig lehetőség szerint ne legyen jelen. Ezért a fém a feldolgozás alkalmával gondos tisztításnak kell alávetni. Az oxidokkal, salakokkal, gázzal szennyezett fém tisztítását szolgáló eljárások közös lényege, hogy az olvadt fémbe lebegő salak és oxid-szennyeződések, illetőleg elnyelt gázokat a fémről olyként hajtjuk ki, hogy minél kisebb alumínium leégés mellett, tökéletes gáz- és salakmentes fémot kapjunk.

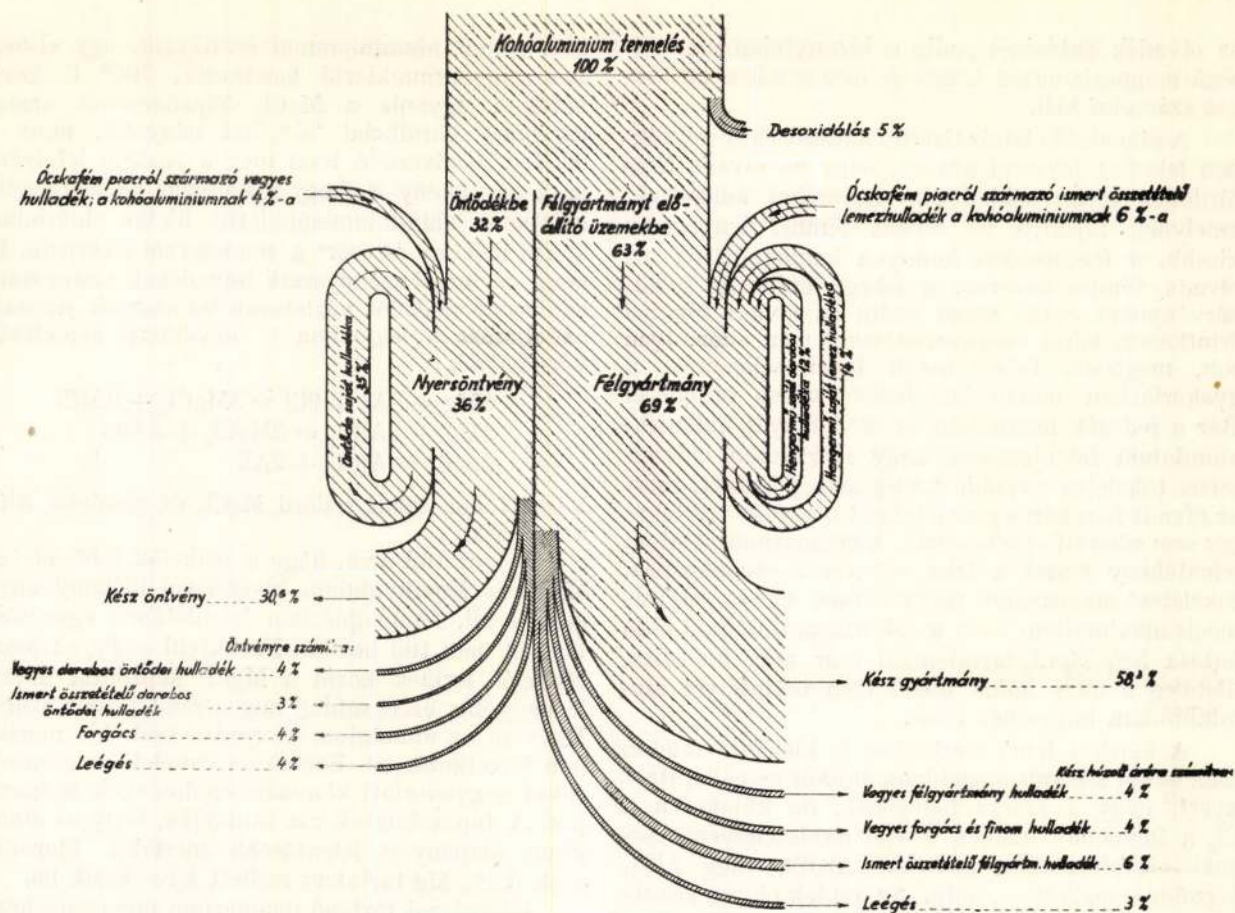
3. *Salakosodásra hajlamos fémes rondítók.* A legtöbb fémnek az oxigénhez való vegyrokonsága az alumíniumnál kisebb, miért is az alumínium ötvözői olvasztás közben nem salakosodnak el. Kivételt csak a magnézium képez.

KÉSZÁRUGYÁRTÁSBÓL és ÓCSKAPIACRÓL

ÖNTÖDÉBŐL és HENGERMŰBŐL



1. ábra



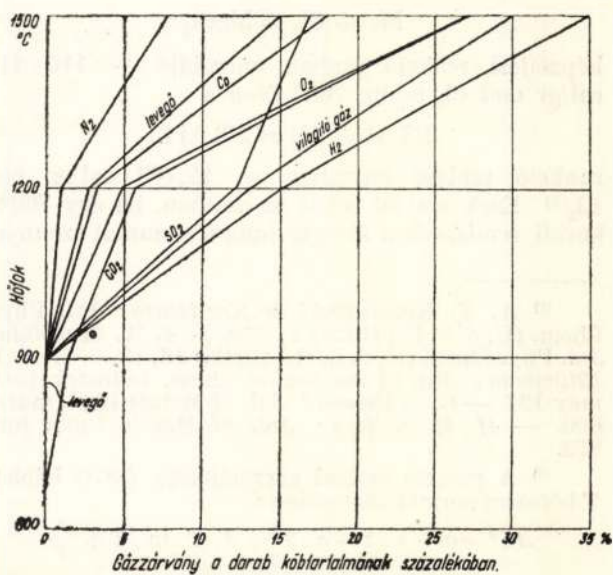
2. ábra

A magnezium tartalmú alumíniumötvözetek Mg tartalmának egy része ugyanis olvasztás közben oxidálódik (»elég«); a keletkezett magneziumoxid pedig a fémfürdőben lebegő káros salakot alkot, ami a hulladékból készült áruk minőségére igen hátrányos. Ezért kell a magnezium tartalmú alumíniumhulladéknak minőségi árura történő feldolgozása alkalmával a magneziumot a fémfürdőből tökéletesen eltávolítani. A magneziumon kívül bizonyos mértékben a horganyt is ehhez a csoporthoz sorolhatjuk, mert a horgany az alumínium hőfokán erősen illékony; az eltávozó horgany gázok könnyen oxidálódnak és bár a folyékony alumínium a horganyoxidot részben redukálja, a szublimációs mozgás következtében az öntésnél, a nem megfelelően tisztított fémbe, finom eloszlású horgany oxid szennyeződés maradhat.

Munkánk további részében a hulladékalumínium fémes szennyeződéseinek eltávolításával nem kívánunk foglalkozni, csupán a második és harmadik csoportban felsorolt szennyeződések eltávolítását szolgáló régi, valamint új — az eddig elterjedt eljárásoknál eredményesebb — munkamenetet kívánjuk ismertetni.

A legrégebbi gáztalanító és salakmentesítő eljárás: a folyékony fémnek huzamosabb ideig, közvetlenül az olvadáspont felett való tartása, az úgynevezett *pihentetés*. Ennél a műveletnél a fémbe elnyelt gázok és a fürdőben lebegő, a folyékony fém fajsúlyánál kisebb fajsúlyú, oxid- és salakszennyeződések a fém felszínére kerülnek, ahonnan részben eltávoznak (gázok), részben lesalakolhatók (oxidok).

Az eljárás hátránya, hogy az olvadékban lebegő salakzárványok, — miután fajsúlyuk az olvadt fém fajsúlyához közelálló —, csak igen lassan és tökéletlenül válnak el a fémtől. Ugyancsak tökéletlen a gáztalanítás is, mert az eltávozó gázoknak nemcsak a fém viszkozitását és hidrosztatikai nyomását kell leküzdeniük, hanem eltávozás előtt még meg kell birkóznia a fémfürdő felületén képződött oxidhártya ellenállásával is. Magnezium mentesítés szempontjából a pihentetési eljárás nem hatásos,

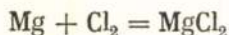


3. ábra

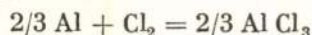
az olvadék öntésénél pedig a bizonytalan mennyiségű magneziumoxid képződés összes káros hatásával számolni kell.

A pihentető eljárás tisztító hatását nagy mértékben lehetett javítani azáltal, hogy az olvadt fémfürdőhöz olyan sókból álló keveréket adagoltak, amelynek fajsúlya az olvadt fémnél lényegesen kisebb, a fémfürdőről könnyen leszalakolható; az olvadt fémbe keverve, a lebegő oxid- és salakzárványokat oldja, maga pedig az olvadt fémmel érintkezve, káros szennyeződések nem okoz. Igen sok, megfelelő tulajdonságú ilyen sókeverék, a gyakorlatban »aluminium fedősó« néven terjedt el. Bár a fedősók használata az eredményes hulladék-alumínium feldolgozását nagy mértékben elősegítette, tökéletes megoldást még sem jelentett, mert az olvadt fém káros gáztartalmát a kívánt mértékre így sem sikerült csökkenteni. A magneziumtartalom jelentékeny részét a friss sókeverék elsalakosítja, tökéletes magnezium mentesítésre ez az eljárás mégis alkalmatlan, mert a sók magneziumoxid oldó hatása 5% MgCl₂-tartalomnál már nem kielégítő, illetőleg a nagy hőfok miatt igen tekintélyes alumíniumfém leégéseket okoz.

A kérdést ipari mértékben is kielégítő módon csak akkor sikerült megoldani, amikor megállapítást nyert, hogy a száraz halogének, de különösen a Cl₂ a folyékony fémekben lebegő oxidszennyeződések — valószínűleg gázalakú AlOCl, vagy AlCl₃ képződése mellett —, oldja. Az oxidok oldása következtében a felszabaduló O₂ a gázárammal a fémfürdőből eltávozik, illetve Al₂O₃ képződése mellett a fémfürdő tetején könnyen eltávolítható salakot alkot. A fürdőmozgás következtében a Cl₂ — amely a folyékony alumíniumban nem oldódik —, a fémekben oldott H₂-t is kiszorítja és ezáltal a salaktalanítással egyidejűleg az olvadékot tökéletesen gázmentesíti. A klórkezelés a magnezium mentesítés szempontjából is előnyös, mert a klórnak a magneziummal szemben lényegesen nagyobb a vegyrokonsága, mint az alumíniummal szemben. Míg ugyanis, — az irodalomban közölt adatok alapján —, ⁽¹⁾ 700° C-on

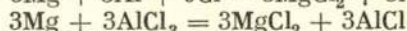
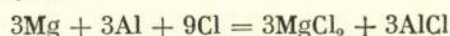


képződési reakció szabad energiája — 116.118 cal/gr mol Cl₂ addig 700° C-on a



reakció szabad energiája — 92,163 cal/gr mol Cl₂⁽²⁾ Ezek szerint tehát az esetben, ha egy 700°C körüli rendszerben klórgáz magnéziummal szennye-

zett olvadt alumíniummal érintkezik, úgy elsősorban magneziumklorid keletkezik. 700° C körüli hőfokon ugyanis a MgCl₂ képződésének szabad energiája körülbelül 20%-kal nagyobb, mint az AlCl₃-é. Kedvezővé teszi még a reakció lefolyását az a körülmény is, hogy a klórozás közben esetleg keletkező alumínium-subklorid, illetve alumíniumklorid illékony és ezért a rendszerből eltávozik. Ha magneziummal szennyezett hulladékok klórozásánál lejátszódó reakciót vázlatosan fel akarjuk jegyezni, az eljárást a legjobban a következő képletekkel választhatjuk:



Végső fokon tehát szilárd MgCl₂ és gázalakú AlCl₃ keletkezik.

Tekintettel arra, hogy a reakciók jobboldala a MgCl₂ és fémalumínium kivételével illékony anyagokból áll, fémmagnézium jelenlétében egyensúlyi helyzet nem tud beállni. Ezenkívül pedig az összes reakciós termék közül a MgCl₂ képződési hője a legnagyobb, ezért addig, míg a rendszerben szabad Mg van, az alumínium klórozása csak kis mértékben következik be. Ezeket az elméleti megfontolásokat a gyakorlati klórozási eredmények is igazolják. A tapasztalatok azt mutatják, hogy az alumínium alapanyag jelentősebb mértékű klórozása csak 0,2% Mg tartalom mellett következik be.

Klorgázzal történő magnezium mentesítéshez a Mg tartalom alapján kiszámított elméleti klórgáz szükségletnél 20–30%-al több szükséges. Az olvadt fémfürdőből tehát a magnezium gyorsabban salakosodik el, mint az alumínium. Irodalmi és gyakorlati adatok alapján a klórral történő kezelés a fém Mg-tartalmát az olvadéknak oxid- és salakmentesítésével egyidejűleg, 0,5–0,1% Mg-ra csökkenti (lásd 1. sz. táblázat).

I. táblázat

Mg kiegészése klórgázzal történő tisztítási eljárással

Mg % tartalom		Irodalmi utalás
Cl ₂ kezelés előtt	Cl ₂ kezelés után	
0,51	0,02	W. Dautzenberg : Metall 1950. 7/8. 128. oldal
2,01	0,12	
1,23	0,29	

A klórozási eljárásra a gyakorlatban kétféle munkamódszert alkalmaznak. Ezek közül az egyik az alumínium olvadáspontján bomló nehézfém kloridokból (például MnCl₂, vagy PbCl₂) álló tisztító sótakarónak a folyékony fémfürdőbe történő keverése. A nehézfémkloridok a folyékony alumínium hatására bomlanak, statu nascendi klor keletkezik, amely a fém szennyezéseivel erőteljesen reagál. A tisztító sókeverék többi alkotórésze pedig (például a kryolith) a koaguált, illetve a fém felszínén összeállott oxid- és salakszennyeződések oldja. A nehézfémkloridok bomlása közben felszabaduló fém a folyékony alumíniummal finom eloszlású, nehezen oldódó alumínideket alkot (például Mn), illetve a

⁽¹⁾ A. F. Kapustinski és Korshunov : Jnl. Phys. Chem. (U. S. S. R.) (1938) 2, 220. — I. A. Makolkin : Jnl. Phy. Chem. (U. S. S. R.) (1942.) 16, 18. — H. I. T. Ellingham : Jnl. of the Soc. of Chem. Industry 1944. may 127. — C. J. Osborn : Jnl. of Metals 1930. march 600. — H. R. Kellogg : Jnl. of Metals 1950. june 852.

⁽²⁾ A reakció szabad energiájának (ΔG^0) képlete T hőfokon normál állapotban :

$$\Delta G^0 = a + b \cdot T + c \cdot T^2 + d \cdot T \cdot \ln \cdot T + \frac{e}{T}$$

ahol : a, b, c, d, e a reakcióra jellemző szabad energia állandók és T a hőfok Kelvin fokokban.

folyékony fémekben gyakorlatilag oldhatatlan lévén (például Pb), kristályosodási göcöket képez, amiáltal a megdermedt fém finom kristálystruktúrájának kialakítását és az ötvény szilárdsági értékeinek javítását nagy mértékben elősegíti.

A klorozással történő tisztítási műveletek másik nagy csoportja abból áll, hogy a folyékony fémfürdőt száraz klorgázzal öblítik át. Az eljárás hatásosságát még fokozni lehet azáltal, hogy a klorgáz buborékoltatás után a fémfürdőt száraz, semleges gázzal (például N_2) átmossák. Mivel a Cl_2 -vel történő magnezium mentesítési folyamat exotherm



nagyüzemi magnezium mentesítésnél célszerű a fel szabaduló hőt is hasznosítani. Ebből a szempontból a legjobban a konverter rendszerű, forgódobos kemencékben történő munkamenet vált be (3).

Bár a klorgázos eljárás, de különösen a klorozó és nitrogénes fújtatás, a magnezium eltávolítása és az olvadék tisztítása szempontjából igen jó eredményeket ad, a különleges berendezések (konverter stb.) szükségessége miatt csak ott tudott elterjedni, ahol nagy mennyiségű hulladékalumínium feldolgozására kerül a sor. A konverterből kikerülő fém öntésre, vagy ötvözésre megfelelő tisztaságú; a magnezium mentesítés azonban nem tökéletesen megbízható. Nagy hátránya még az eljárásnak az a körülmény is, hogy a felhasználásra kerülő gázoknak *tökéletesen* száraznak kell lenniök. Már csekély mértékű nedvességnyomok jelenléte, a vízgőz bomlása miatt, a fém oxid- és salakzárvány képződését nagy mértékben elősegíti.

Amint azt az előző rövid összefoglalás is bizonyítja, könnyűfémhulladékok feldolgozásánál és magnezium mentesítésénél a klorozó eljárások — a módszerek hiányosságai ellenére — jól beváltak. A tudományos életet viszont már régen kísértette, hogy a még gyorsabb és eredményesebb Mg mentesítés érdekében a Mg-nak a kénnel szembeni —, a klornál tekintélyesen nagyobb — vegyrokonságát ki lehessen használni. A kénes kezeléstől — a hatásos magnezium mentesítésen túlmenően — még azt is remélték, hogy a kén a hulladékalumínium Mn és Zn tartalmát is el fogja salakosítani⁽⁴⁾, mivel a fém-sulfidok vegyületeinek keletkezési hőjét vizsgálva szembeötlött, hogy a MnS képződési hője az alumíniumsulfidénál nagyobb, a ZnS-é pedig az Al_2S_3 képződési hőjével majdnem azonos. (Lásd II. sz. táblázat.)

II. táblázat

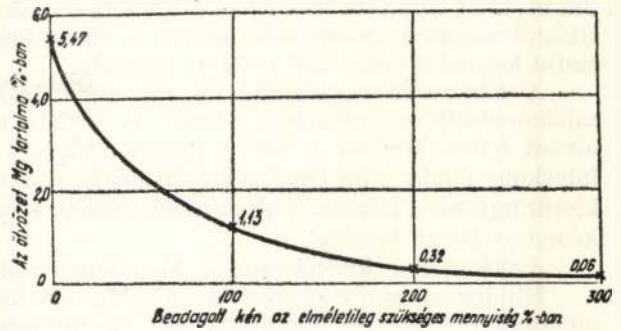
Fém-sulfidok képződési hője

Fémvegyületek	Keletkezési hő	Fémvegyületek	Keletkezési hő
CaS	112,2	CdS	34,0
BaS	102,5	PbS	20,9
Na_2S	89,7	CoS	19,5
MgS	79,4	FeS	18,8
MnS	62,9	Cu_2S	18,3
$1/3Al_2S_3$	42,1	NiS	17,4
ZnS	41,3	$1/3Sb_2S_3$	10,9
$1/2SiS_2$	10,4		

⁽³⁾ W. Dautzenberg: Metall 1950. 7/8. 125. oldal

⁽⁴⁾ P. Röntgen: Zeitschrift Aluminium 1941 124. oldal.

Röntgen (lásd 4. számú ábra) alapvető munkája⁽⁴⁾, valamint az újabb kutatások⁽⁵⁾ azt bizonyították, hogy a folyékony fémbe vitt szilárd kén, illetve kénvegyületek a magnezium mentesítési reakció lefolyása szempontjából nem elég hatásosak. A kénezési kísérletek kis hőfokon (680—720°C-on) eredményteleneknek bizonyultak, túlhevített



4. ábra

fémekkel (800—1000°C) végzett próbálkozások pedig nagy alumínium leégés mellett csak gyenge tisztító hatást és nagy kén veszteségeket eredményeztek (lásd III. sz. táblázat).

III. táblázat

Magnezium mentesítés kén és sulfidok segítségével

Sulfid	Mg% kezelés előtt	Mg% kezelés után	Hőfok	Kén mennyisége a teoretikus szükséglet %-ban
S	1,64	0,89	755	269
S	3,44	2,06	895	151
S	5,47	0,32	1100	200
Na_2S	4,80	3,90	730	124
BaS	4,36	3,69	760	126
BaS	4,11	3,41	900	102
Kálium polysulfid	3,99	0,95	800	137
Kálium polysulfid	3,20	0,20	900	118

A kísérletek sikertelenségének oka — a kutatók egybehangzó véleménye szerint⁽⁵⁾ — az volt, hogy nem tudtak közvetlenül az alumínium olvadékpontja feletti hőmérsékleten a fém és a kén között megfelelő bensőséges érintkezést létrehozni. Az irodalmi adatok⁽⁵⁾ utaltak arra, hogy finom eloszlású kénbevitel esetén a magnezium mentesítés tökéletes lehet, de ezt gyakorlatilag megvalósítani nem sikerült.

Az eddigi alumínium tisztítási eljárások ismeretében célul tűztük ki olyan módszer kidolgozását, ahol a klór és a kén kezelés összes előnyeit ki lehet használni az egyes eljárásoknál eddig tapasztalt hátrányok kiküszöbölésével.

Ennek érdekében gondoskodni kellett elsősorban, hogy a folyékony fémbe kerülő kénvegyület minél finomabb eloszlásban — lehetőleg statu nascendi — érintkezzék az olvadt alumíniummal. A statu nascendi keletkezett kén ugyanis a fém Mg

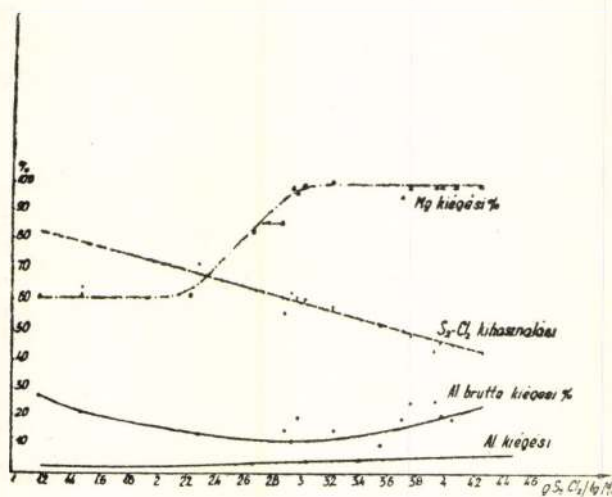
⁽⁵⁾ P. Röntgen: Zeitschrift Aluminium 1941. 124. oldal. — K. Schneider és E. Berblinger: Zeitschrift für Metallkunde 1949. XI. 411. oldal.

tartalmát mohón elsalakosítja és ezáltal a magnezium mentesítés közvetlenül az alumínium olvadáspontja felett, gyorsan és tökéletesen megy végbe. Ugyanakkor az alumínium leégés igen alacsony, mert a legújabban közölt irodalmi adatok alapján⁽⁶⁾ a kénnel érintkező 700–800° C-on folyékony alumínium vékony alumíniumsulfid hártárával vonódik be, mely az alatta lévő fémet a további elsalakosítástól megvédi. Jelentősebb mértékű alumíniumsulfid képződés csak 750° C felett kezdődik.

A kénezéssel egyidejűleg az olvadék gáz és salakmentesítése érdekében klórral is kellett az olvadt fémet kezelni. A kettős hatást S_2Cl_2 -nek a folyékony fémbe való bevitelével értük el. A kénklórur ugyanis a folyékony alumínium hőfokán elemi kénre és klórra bomlik.

A kísérletek kivitelezése a következő volt:

Minden egyes olvasztásnál 4–6% Mg tartalmú alumínium-ötvözetből indultunk ki. Az olvasztásokat 5,5 kW-os ellenállás fűtésű tégelykemencében végeztük. Egy-egy kísérlethez 500 gr fémet használ-



5. ábra

tunk, az olvadt fémfürdő magassága 150 mm volt. A beadagolt fémmennyiség beolvadása után megvártuk míg az ömledék hőfoka a 730–740° C-t elérte. Ekkor a fémből spektrál mintát vettünk és ezután a kemence továbbfűtését leállítottuk. Amikor a hőfok 700° C-ig süllyedt, megindítottuk az S_2Cl_2 csöpögtetését. Egyes kísérleti adagoknál a csöpögtetést 800° C-on kezdtük el. A kénklórur bevitele egy a tégelybe felülről benyúló grafit, illetve quarz csövön át történt. Az időegység alatt beviendő S_2Cl_2 mennyiség szabályozására a kénklórurt tartalmazó üveg-, illetve a vashől készült edény és a csöpögtető cső közé egy szabályozó csapot építettünk be. Az egész bevitelre szánt S_2Cl_2 mennyiséget a fürdőbe csöpögtetve hőfokot mértünk és újból spektrál mintát vettünk. Kísérleteink során minden alkalommal megmértük a fém beolvadási idejét, a mintavétel idejét és a S_2Cl_2 csöpögtetési időtartamot.

Végsőfokon a kénklórürös kezelésnél az alanti egyenlet szerinti reakciós termékek keletkezésével

lehet számolni: $3 Mg + S_2Cl_2 = 2MgS + MgCl_2$. Az egyenlet szerint — elméletileg — 1 gr Mg eltávolításához 1,86 gr S_2Cl_2 szükséges.

A legmegfelelőbb kénklórur mennyiségének megállapítása érdekében az S_2Cl_2 becsoportított mennyiségét 1 gr eltávolítandó Mg-ra számítva, 1,0–4,4 gr között változtattuk.

Kísérletsorozataink eredményét a IV. számú táblázatban és az 5. számú ábra diagramjaiban foglaltuk össze.

Az S_2Cl_2 kihasználás, amint az előrelátható volt, az S_2Cl_2 növekvő mennyiségével csökkent, a kihasználás tehát az optimális mennyiségnél — 3 gr S_2Cl_2 /1 gr Mg-nál — 60% (lásd 5. számú ábra). Az optimális S_2Cl_2 szükséglet ipari kivitelezése esetén megfelelő kemence konstrukció mellett csökkenthető, amint azt az általunk elvégzett félüzemi kísérletek, valamint K. Schneider és E. Berhlinger tapasztalatai is igazolták.

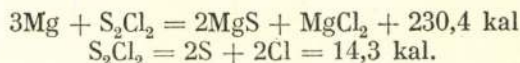
Az alumínium leégési százalék az S_2Cl_2 /1 gr Mg függvényében minimummal bíró görbének adódott. A minimum az optimális S_2Cl_2 kihasználásánál mutatkozik. Abszolút értékekben a leégési százalék igen nagyra — 15–20%-ra, optimumban 10%-ra — adódott. Ennek magyarázatát abban találhatjuk, hogy laboratóriumi méretű méréseknél a salakban maradt, valamint a csöpögtető, illetve a kezelő-rúdhoz tapadt alumíniummennyiség az egész beolvasztott fémhez képest nagy. Ennek igazolására az optimális S_2Cl_2 mennyiséggel méréseket végeztünk, amikor különlegesen ügyeltünk a fent felsorolt alumínium-vesztéseket okozó tényezők kiküszöbölésére, — sőt a salakból a benne lévő 0,5–2 mm \varnothing -jú alumínium göböcskéket gondosan kiszitáltuk és kiválogattuk. Az ilyként megállapított alumínium leégéseket a IV. számú táblázatban csillaggal jelöltük.

A legmegfelelőbb körülmények között végzett méréseink átlagos eredménye a következő:

4,5–5,5% Mg tartalmú alumínium-ötvözetet 3 gr S_2Cl_2 /1 gr Mg mennyiség bevitelével sikerült 0,05% Mg tartalom alá csökkenteni, amikor is az S_2Cl_2 kihasználás 60%-os, az alumínium leégés pedig 3,7–8,3%-ra adódott.

A kapott eredmények azt bizonyítják, hogy 5% Mg tartalmú fémnek aránylag rövid ideig tartó S_2Cl_2 kezelés révén elért, gyakorlatilag tökéletes Mg mentesítése az összes eddig ismert módszereknél eredményesebb eljárás. Ezenkívül a magnezium mentesített fém salak- és gázmentes, a Mg mentesítés következtében keletkezett salak a fémtől tökéletesen elválk, az alumínium leégések pedig alacsonyak.

Az Alumínium tisztítási folyamatnál a Mg kiegészé által termelt hőt megközelítőleg az alanti egyenletek segítségével határozhatjuk meg:



Ezekből meghatározva az 1 gr Mg reakcióba lépésénél keletkező hőmennyiséget, az hozzávetőlegesen 3 Kal-nak adódik. A hőmérleg megállapításához előzőleg megmértük a kemence és a benne lévő ömledék együttes lehülési görbáját. Ennek birtokában minden egyes mérésünknél meghatároztuk a keletkezett hőfok emelkedését. A fájhő és a kemencében lévő fémmennyiség ismeretében kiszámítottuk a reakció

⁽⁶⁾ E. I. Kohlmeier és H. W. Retzlaff: Zeitschrift für anorganische Chemie 243. oldal, 1950.

IV. táblázat

Sor- szám	g S ₂ Cl ₂ , 1 g Mg	Mg % raffinálás		S ₂ Cl ₂ kihasználási %	Al leégési %	Mg kiégési %	Csepegtetési idő perc	Füüdőhők a raffinálás		Hők emelkedés C°
		előtt	után					előtt	után	
1.	1,18	3,5	2,55	74,4	26,9	50,8	3	703	739	36
2.	1,48	3,1	1,95	63,4	20,6	50,7	4	702	744	42
3.	1,63	4,4	3,38	29,4	2,18*	25,8	5,6	701	748	47
4.	2,24	4,6	3,19	41,7	26,3	50,1	4,6	700	788	88
5.	2,28	4,85	0,69	71,9	13,3	86,0	10	698	819	121
6.	2,66	5,5	1,02	57,7	1,07*	82,6	25	697	870	173
7.	2,88	5,67	0,937	55,7	14,2	86,5	6,2	702	950	248
8.	2,93	4,8	0,048	62,7	10,8	99,0	25	800	1032	232
9.	2,97	4,7	0,18	60,5	19,1	96,7	24	701	958	257
10.	3,07	4,42	0,046	60,0	3,74*	99,0	12	699	961	262*
11.	3,21	5,35	0,000	58,0	5,6*	100,0	12,5	696	970	274
12.	3,7	3,95	0,27	50,2	18,9	94,7	25	650	1000	350
13.	3,74	3,7	0,01	49,6	24,7	99,1	39	690	940	250
14.	3,91	3,55	0,42	43,3	25,6	91,0	12	800	1180	380
15.	3,95	3,45	0,04	46,7	20,05	99,1	10	800	1110	310
16.	4,04	3,45	0,04	45,7	8,3*	99,2	12	640	1000	360
17.	4,23	3,3	0,02	43,7	22,6	99,5	23	700	1010	310
18.	4,24	3,22	0,03	43,8	22,9	99,3	10	800	1120	320

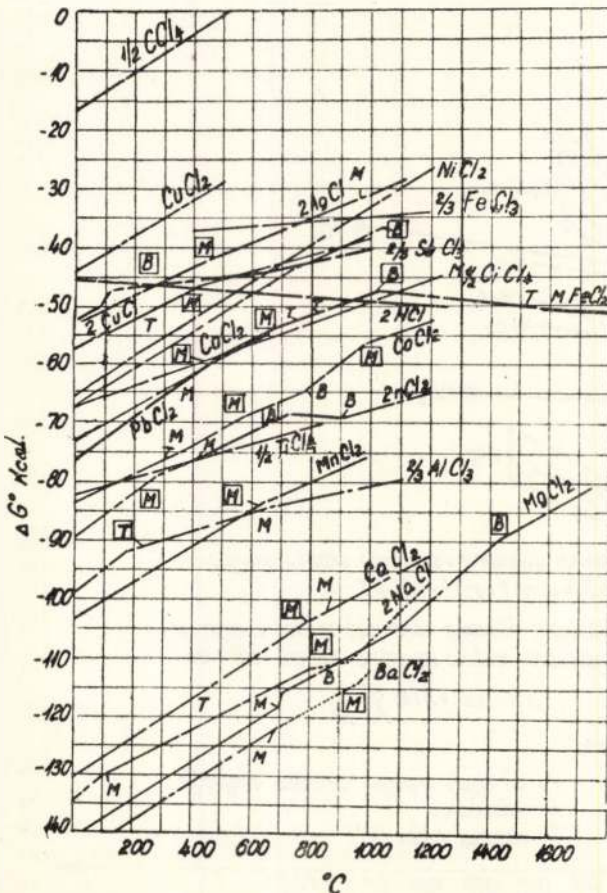
folyamán termelt hőmennyiséget. Ennek a számításnak eredményeként a kiszámított hőmennyiségek 1,1–1,4 Kal körüli értékek között mozogtak. Ha figyelembe vesszük, hogy a reakcióba lépett S₂Cl₂ bontásához 0,106 Kal/1 gr S₂Cl₂ szükséges, továbbá azt, hogy a bevitt S₂Cl₂-nek csak egy bizonyos százaléka használódik fel a fürdőben lévő Mg eltávolítására, úgy az előbb említett 3Kal keletkezését méréseink nagyságrendileg igazolják.

A kénklorürös tisztítási folyamatnál lejátszódó

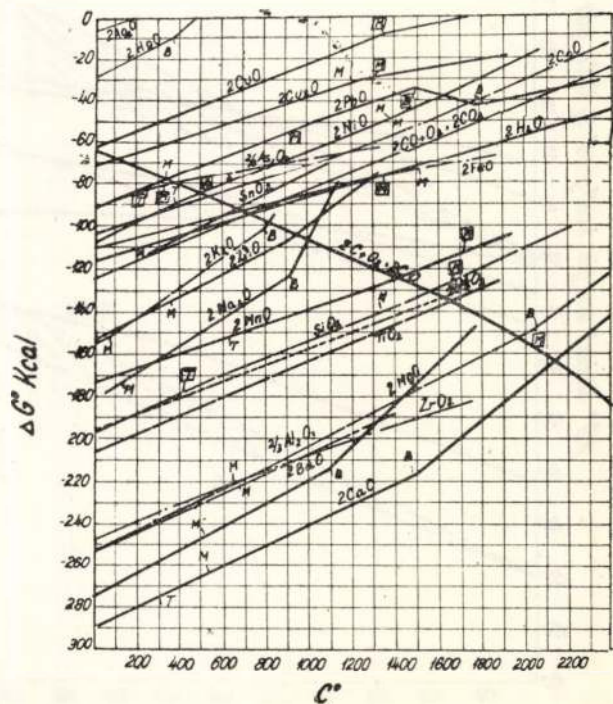
összes, gyakran igen bonyolult reakciókat termodinamikai alapon – a rendelkezésre álló hiányos adatok miatt – sajnos nem tudtuk meghatározni.

A két legfontosabb sulfidnak ugyanis – a MgS és Al₂S₃-nak –, szabad energiájára vonatkozó adatok még nincsenek megállapítva ⁽⁷⁾. Annak érdekében, hogy a lejátszódó folyamatokról a szobahőfokra vonatkozó keletkezési hő összehasonlításánál némileg pontos képet nyerhessünk, az irodalomban közölt adatok alapján összehasonlítottuk a fémkloridok és fénoxidok képzésére vonatkozó szabad energia adatokat ⁽¹⁾ (lásd 6., 7., 8. sz. ábrák).

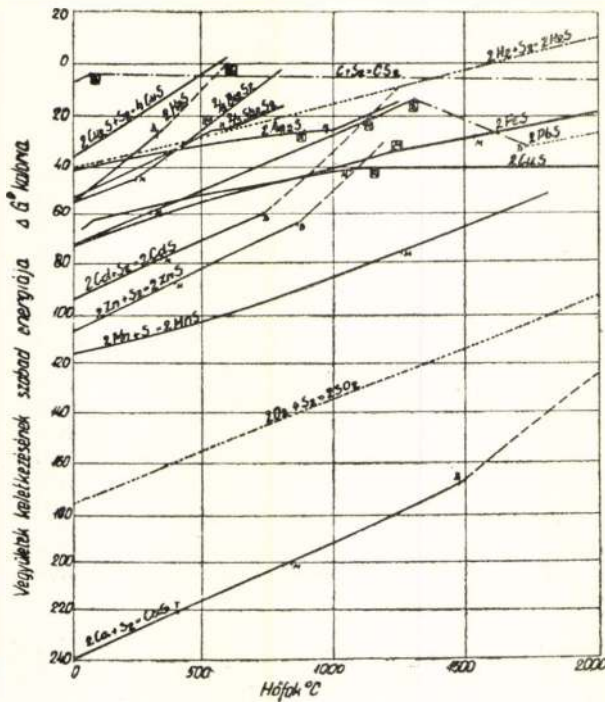
⁽⁷⁾ H. I. T. Ellingham: Int. of the Soc. of Chem. Industry 1944. may 133.



6. ábra



7. ábra



8. ábra

A hiányzó MgS és Al₂S₃ reakciók energiájának megközelítése és a többi reakció szabad energiájával történő összehasonlítás érdekében kénytelenek voltunk az irodalmi utalások alapján feltételezni, hogy a fémsulfidok képződésének hőfok függvényében történő szabad energia változási karakteriszi-

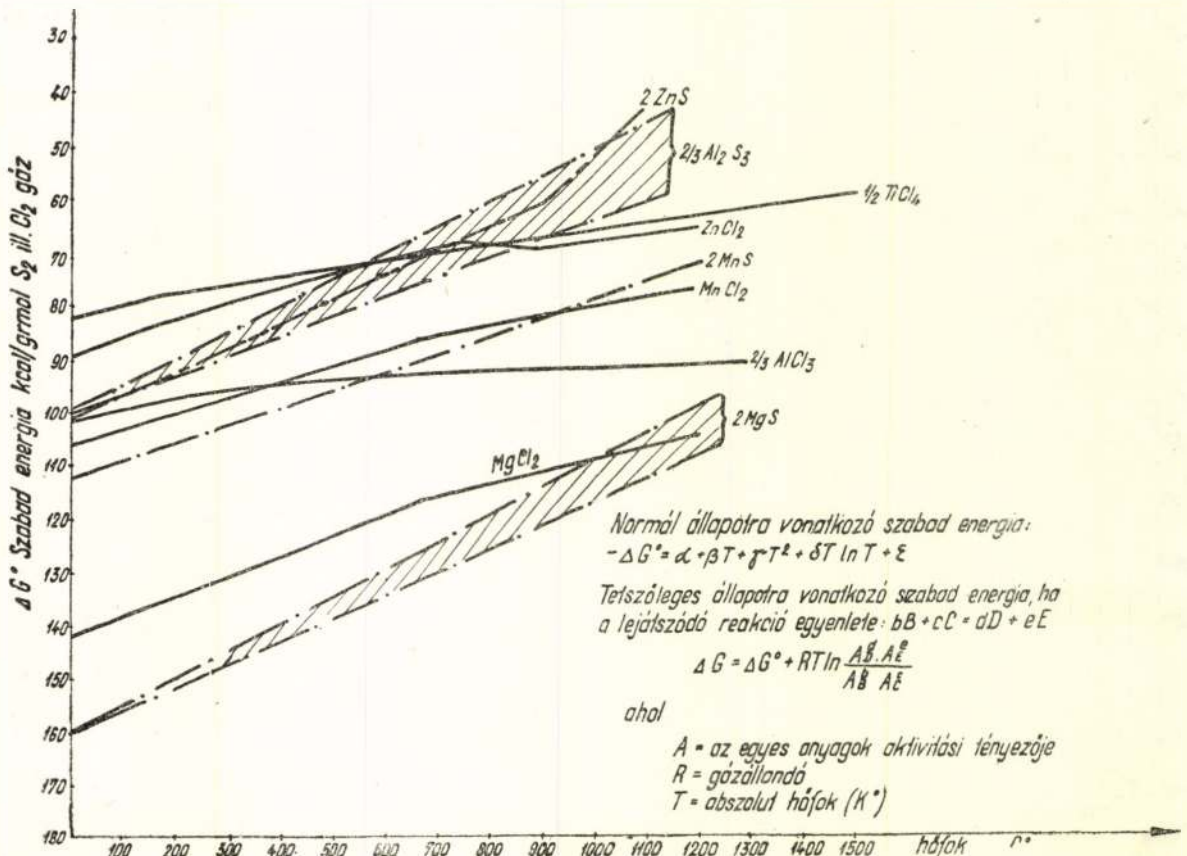
kája nagyjából hasonló a fémoxidok képzésénél fellépő szabad energia változások görbéinek irányvonalával. Ennek alapján a 9. sz. diagrammon feltüntetettük mindazon sulfidok és kloridok képződésének szabad energiáit, amelyek a hulladék-alumínium tisztítása szempontjából számba jöhetnek. Felvettük továbbá a diagrammba az oxidok megfelelő karakterisztikáival a MgS és Al₂S₃ vegyületek szabad energia változását is oly módon, hogy kiindulási pontként az irodalomban megadott képződési hőket állítottuk be (2Mg + S₂ = 2MgS + 158,8 kal; 2/3 Al₂ + S₂ = 2/3 Al₂S₃ + 82,6 kal); a szabad energia további bizonytalan változását pedig a diagrammban vonalkázott területtel jelöltük.

Ha ennek alapján összehasonlítjuk 700° C-on a kloridok és sulfidok képződésének szabad energiáját, megállapíthatjuk, hogy a legnagyobb szabad energia az MgS képződésénél lép fel.

V. táblázat

Kloridoknak és sulfidoknak képződésénél fellépő szabad energia 700° C körüli hőmérsékleten

	Kloridsor		Sulfidsor	
		Kal/mol Cl ₂		Kal/mol S ₂
MgCl ₂	116	2MgS	129—124 extrapolált érték	
2/3 AlCl ₃ . .	92	2/3 Al ₂ S ₃	76—64 extrapolált érték	
MnCl ₂	85	2MnS	88	
ZnCl ₂	69	2ZnS	69	
1/2 TiCl ₄ . .	71	1/2 TiS ₂	?	



9. ábra

Az MgS képződésének szabad energiája körülbelül 10–20%-kal nagyobb, mint a $MgCl_2$ -é. Ez a magyarázata annak, hogy a kénnel történő Mg mentesítés a klórral való tisztításnál lényegesen hatásosabb, amint azt kísérleteink is bizonyították: 5–10 perces kezeléssel 5% Mg tartalmú hulladékfémeket tökéletesen — 0,1–0,005% Mg tartalomra — lehetett tisztítani. Ilyen gyors és tökéletes magnezium mentesítés a klórral, vagy egyéb tisztító szerekkel történő kezeléskor ismeretlen.

A szabad energiát összehasonlító diagramm viszont arról is felvilágosítást ad, hogy a Mg mentesítésen kívül, a további alumínium rondítóknak salakba vitele miért nem jár sikerrel. Az MgS és $MgCl_2$ képződése után a legnagyobb szabad energia az $AlCl_3$ keletkezésénél lép fel. Ezért a maguán sulfid alakban nem salakosítható el, annak ellenére, hogy a mangánsulfid képződésének szabad energiája az Al_2S_3 képzésnél nagyobb. Ezt a megállapítást kísérleteink is igazolják (Lásd VI. sz. táblázat).

VI. táblázat

Mn mentesítésre vonatkozó kísérletek eredményei

Mangánszázalék		S_2Cl_2 mennyiség/gr Mn
kezelés előtt	kezelés után	
1,10	1,10	2,49
1,09	1,22	2,66
2,17	2,08	3,0
2,05	2,11	3,0

A sulfidok szabad energiájának összehasonlítása viszont arra is enged következtetni, hogy — bár a szobahőfokra számított képződési hő szerint a Mn kénnel az alumíniumból elsalakosíthatónak látszik —, 700° C-on a MnS és Al_2S_3 reakciók szabad energiái eredményes Mn mentesítés részére túlságosan közel állnak egymáshoz. Ez a feltevés magyarázatul szolgálhat arra, hogy Röntgen kénnel történő tisztítási kísérletei Mn mentesítés szempontjából miért végződtek negatív eredménnyel (lásd a 10. sz. ábra).

A hulladékalumínium mangán szennyezését tehát kén segítségével salakba vinni nem lehet.

Megkíséreltük továbbá a hulladékalumínium horgany tartalmát S_2Cl_2 kezeléssel csökkenteni. Amint azt a VII. számú táblázatban összeállított eredmények is mutatják, sem tiszta horganytartalmú, sem magnezium- és horganytartalmú hulladékoknál tökéletes Zn mentesítést elérni nem lehetett.

VII. táblázat

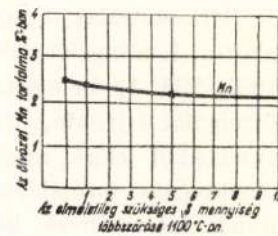
Zn tartalmú hulladékokkal végzett kísérletek eredményei

Zn-tartalom %		Mg-tartalom %	
kezelés előtt	kezelés után	kezelés előtt	kezelés után
4,25	4,11	7,65	5,91
5,00	3,60	8,05	2,53
6,38	3,13	7,60	0,36
4,89	3,13	6,02	0,23
1,77	1,73	—	—
0,56	0,54	—	—

A horganyklorid és horgany-sulfid képződésének szabad energiája ugyanis kisebb, mint az alumíniumsóké. A magnezium mentesítés viszont elegendő S_2Cl_2 adagolásakor horgany jelenlétének is teljes mértékű.

Tökéletes horganymentesítést ugyan ily módon nem lehetett elérni, a S_2Cl_2 kezelés azonban a hulladékfém Zn tartalmát — főleg nagy Zn % esetén — jelentékeny mértékben csökkentette. Miután a horgany forrponja 907° C-on, a horganyklorid pedig 730° C-on van. Az olvadt fémnek S_2Cl_2 -vel történő átbuborékolatása alkalmával a Zn jelentékeny mértékben szublimál, különösen akkor, ha Mg jelenléte alkalmával MgS képződése miatt, az exotherm reakció következtében, helyi túlmelegedések lépnek fel. Ilyként sikerült a hulladék horgany tartalmának jelentékeny részét a fémből eltávolítani anélkül, hogy a horganyoxiddal történő elszennyeződés veszélye fellépne.

Horgannyal és magneziummal együttesen szennyezett ötvözetek tisztításánál a felhasználásra kerülő S_2Cl_2 mennyiségét megfelelő mértékben meg kell növelni. A magnezium ugyanis a kénklorür legnagyobb részét leköti, jelentékeny mértékű horganyklorid képződés csak akkor léphet fel, amikor a hulladékmagnezium tartalma 0,5% Mg alá csökken.



10. ábra

A szinalumínium Ti és V rondítóinak S_2Cl_2 -vel történő eltávolítására vonatkozó kísérletek viszont negatív eredménnyel végződtek. A kísérletek azt bizonyították, hogy az S_2Cl_2 kezelés sem a Ti, sem a V tartalmát nem csökkenti. Tehát a Ti és V kloridok és sulfidok képződésére vonatkozó energiák részünkre kedvezőtlenül alakulnak.

Összegezve a fenti kísérletek eredményeit, megállapíthatjuk, hogy a magnezium tartalmú hulladékfémeket kénklorürrel történő tisztítási eljárással, kevés alumínium leégés mellett, egyszerű módon tökéletesen lehet gáz, salak és magnezium mentesíteni. Miután a kénklorür nedvesség hatására bomlik, a tisztítószert csak száraz állapotban kerül forgalomba. Ezzel a nedves klorgázzal történő tisztításnál fellépő oxid szennyeződések képződésének a veszélye kiküszöbölhető. A tökéletes magnezium mentesítés következtében pedig a fémek magneziumoxiddal történő elszennyezése elkerülhető. Ipari felhasználás esetén az S_2Cl_2 kezeléskor termelt hő felhasználása (például konverter rendszerben) az eljárás gazdaságosságát szintén előnyösen befolyásolja.

Összefoglalás

A szerzők rövid áttekintést adnak az alumínium-hulladékok keletkezési körülményeiről és a tisztításra számbajövő hulladék mennyiségéről. Az alu-

míniumhulladékok leggyakoribb szennyezőinek felsorolása után az ismertebb tisztítási eljárásokat tárgyalják. Az elterjedt munkamódszerek közül bővebben ismertetik a klórozási eljárást, felsorolják annak előnyeit és hibáit.

Ezután rátérnek az általuk kidolgozott kénklorürös tisztítási eljárás részletes ismertetésére. Kifejtik a kén és a klor tisztító hatásának kémiai és termodinamikai alapjait. Ismertetik a kísérleti kemencét, a magnézium mentesítési kísérletek eredményeit. A kísérleti eredmények alapján kiértékelik az új eljárásnak az iparban történő bevezetésének lehetőségeit.

A kísérleti eredmények azt bizonyítják, hogy a kénklorürrel történő tisztítási eljárás az eddig gyakorlatban használatos eljárásoknál tökéletesebb.

Felhívás

A Népművelési Minisztérium felügyelete alá tartozó, Külföldi Sajtószolgálat Figyelőszolgálat (Bp. VI., Dalszínház-u. 1. félemelet, telefon: 227—651, 227—488) 1951. VII. 16-án megkezdte működését. A Figyelőszolgálat feladata, hogy a bel- és külföldi sajtótermékekből előre megadott szempontok szerint lapkivágás formájában szemléket készítsen a hivatalok, intézmények, intézetek, vállalatok stb. számára.

Felhívjuk a Minisztériumhoz tartozó összes szervek figyelmét a Figyelőszolgálat munkájára, amely jelentős segítséget nyújt elsősorban a tapasztalatátvitel terén.

Budapest, 1951. július 23.

Szerkesztői üzenet

Deniflée Sándor »Könnyűfém tuskóöntődék korszerű berendezései« című cikkét helyszűke következtében lapunk következő számában folytatjuk.

MAGYAR TECHNIKA

1951. 7. szám tartalma:

A. *Leontyev*: A szocializmus és kapitalizmus közötti gazdasági verseny a háborúutáni időszakban

TUDOMÁNY ÉS TERMEELÉS:

Vadász Elemér: A magyar ásványkincsek feltárása.
Vadas Imre: Vegyipari nyersanyagbázisunk bővítési lehetőségei.

Hegedüs Tibor: A mezőgazdaság melléktermékeinek ipari hasznosítása.

Veres Imre: A hazai timföldgyári vanádium-izszapok feldolgozása.

Tasnádiné Széki Pálma: Nikkelezés helyett foszfátosítás.

Gond Ferenc: A fémszórás technológiája és szerepe az anyagtakarékosságban.

Dr. Bácskai Gyula: A korrózióvédelem újabb módszerei.

Boda Ferenc: Fogaskerékgyártás meleghengertelés útján.

Biró Béla: Tűgörgős csapágyak.

Németh Tibor: Keménykrómozás.

Mattyasovszky Zs. László: Saválló fémek helyettesítése kerámiai anyagokkal.

Donáth Alfréd: Hézagmentes padlók és hőálló bélés-téglák hazai égetett dolomitből.

Dr. Fehér István: A műbörgyártás.

TECHNIKAI SZEMLE:

H. Csudakov: A szovjet tudományos társaságok harcolnak a technikai haladásért.

Dr. Borsódi Lóránd: A Szovjetunió vegyipara.

Kovács Gábor: A Szovjet Tudományos Akadémia kémiai osztályának referátum-gyűjteményei.

Hevesi Gyula: A sajtó feladatai a műszaki propaganda terén.

ÖTÉVES TERVÜNK EREDMÉNYEI:

Liszony—Körtvélyessi: Az új magyar dumper.

Lajtai István: A 22-es típusú új magyar marógép.

KÖNYVKRITIKA ÉS ISMERTETÉS

Frank László: E. G. Immermann könyvének ismeretése: »Öntvények gyártásának ellenőrzése«. Új műszaki könyvek.

A Nehézipari Könyvkiadó Vállalat következő negyedévi könyvkiadási terve.

Kovács György: Beszámoló a Magyar Tudományos Akadémia Hidrológiai Konferenciájáról.

Hozzászólás: Megjegyzések »A takarékosági munka hiányosságai az üzemekben« c. közleményhez.

IPARI TERVEZÉS ÉS SZERVEZÉS:

Levin: Szerszámkiöltségek normalizálása és tervezése.

MŰSZAKI OKTATÁS:

Terplán Zénó: A gépelemek c. tantárgy oktatása a miskolci Nehézipari Műegyetemen.

MTESZ egyesületi lapok júniusi tartalomjegyzékéből.

ALUMINIUM

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

Szerkesztőség: V., Szalay-utca 4. Telefon — 2-517480. Athenaeum. (F. v.: Soproni B.)

ALUMINIUM

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

Műszaki értelmiségünk szerepe a szocialista munkamódszerek kialakításában

FEHÉR TIBOR

Módosított öt éves tervünk szocialista építésünk biztos záloga, amelynek sikeres végrehajtása megköveteli belső tartalékaink fokozottabb mozgósítását, berendezéseink kapacitásának tervszerű kihasználását és régi üzeink korszerűsítését, valamint hatalmas új létesítmények megteremtését. Ez a terv a béke terve. Amint Vas miniszter elvtárs az Országgyűlés 1951. évi május hó 16-i ülésén mondta: »Nem adhatunk méltóbb választ az imperialista háborús gyujtogatók és hazai ügynökeik provokációjára és mesterkedéseire, mint felemelt öt éves népgazdasági tervünk végrehajtásának sikerét, azt, hogy szembeállítjuk békés építő munkánkat az imperialista háborús készülődéssel.«

Pártunk iránymutatásai alapján fejlődésünk fokozatosan termelte ki a szocialista munkamódszerek előfeltételeit. Ennek nyomán kiszélesedett az új szocialista munkaverseny, az újítómozgalom és a magyar Sztahanov-mozgalom. Ezek a mozgalmak lényegében alapját képezik további fejlődésünknek és biztosítják tervünk végrehajtásának sikerét.

Azonban műszaki értelmiségünknek még ezeken a területeken igen sok a tennivalója. A kezdeményezéseket, amelyek spontán és mégis óriási erővel törnek fel dolgozóinkból, a műszaki értelmiségnek kell szervezeti úton továbbfejlesztenie, összefogni, az elért eredményeket általánosítani, illetve ezekhez a kezdeményezésekhez a technikai alapot megteremteni. Műszaki értelmiségünkre éppen ezért hatalmas feladatok hárulnak.

E feladatok elvégzésére ki kell küszöbölünk a fennálló hiányosságokat. Műszaki értelmiségünk egy része sokszor görcsösen ragaszkodik az elavult technikai normákhoz és nem veszi figyelembe a technikai és a káderfejlődés által biztosított új lehetőségeket.

»Nem lehet előre haladni és a tudományt előbbrevinni anélkül, hogy az elavult megállapításokat nem tennénk elemző kritika tárgyává.« (Sztálin.)

A szocialista termelés újítóinak napról napra növekvő száma, a munkaversenyek, a sztahanovisták eredményei Sztálin elvtárs tanításait a legmesszebbmenőleg támasztják alá. Az újítók és sztahanovisták az elavult munkamódszerek és normák kritikája alapján mind komolyabb és nagyobb

eredményeket érnek el. Ezek az élenjáró eredmények megmutatkoznak népgazdaságunk összes ágainak technikai fejlődésében. Azonban egyesek eredményei nem elégíthetnek ki bennünket, arra kell törekednünk, hogy a kiemelkedő eredmények általánossá váljanak és népgazdaságunkat a további felemelkedés útjára vezessék.

Ennek elősegítése, technikai és szervezeti alátámasztása műszaki értelmiségünk feladata. Az állandóan fejlődő technika gazdaságos kihasználása megköveteli az iparban a termelés minden részletének pontos szervezését. Nem elegendő üzeinknek a leghaladottabb technikával történő felfegyverzése. A gyártástervezést tudományosan megalapozott technológiára, a gyártási folyamatok állandó tanulmányozására és irányítására kell felépítenünk, amely kizárja a jó kezdeményezések elsikkadását.

Első feladat tehát az egyesek kezdeményezéseinek az egész üzemre történő kiterjesztése. A technikai szervezési intézkedéseknek e feladatok megoldására kell irányulniuk. Éppen ezért soha sem szabad a műszaki értelmiségnek dogmaként kezelnie a gyártási előírásokat. Az újítók és sztahanovisták módszereinek bevezetése és kiszélesítése ugyanis helyesen a műszaki értelmiség közreműködésével hajtható végre. A dolgozók állandóan fokozódó aktivitása megköveteli, hogy a gyártási eljárásokat, a termelés élenjáró módszereinek általánosításával állandóan és operatív módon tökéletesítsék. Ezért a helyes gyártási előírás alapja lehet az újításoknak.

Ha műszaki értelmiségünk ezeket a kérdéseket így fogja tekinteni, akkor a munka termelékenységébe újabb beruházások nélkül, a belső tartalékok segítségével jelentősen emelhető lesz. Csakis így, a technikai és gazdasági kérdések összefüggésében történő vizsgálatával oldható meg az egyes kezdeményezéseknek széles körben történő elterjesztése.

A timföldgyártásban, de az alumíniumkohászatban is az egyéni kezdeményezések messzemenő kiszélesítése, a gyártási eljárás egyes fázisainak állandó felülvizsgálata újabb eredményeket és fejlődést biztosíthat.

Természetesen ahhoz, hogy ezeken a területeken jó eredményeket érjünk el, feltétlenül az is

szükséges, hogy állandóan tanulmányozzuk a szovjet szakirodalmat. Azonban nem elég tanulmányozni a Szovjetunió eredményeit és tapasztalatait, konkrétan gondoskodnunk kell ezeknek a mi viszonyainkra történő átültetéséről is. Ez az irodalom a gyakorlati tapasztalatok hatalmas mennyiségét biztosítja számunkra, amelyeknek megvalósítása nagymértékben segíthet bennünket felemelt ötéves tervünk teljesítéséhez, sőt túlteljesítéséhez.

Műszaki értelmiségünknek ahhoz, hogy ezeket a kérdéseket megfelelően megértse, hogy például az újítómozgalom jó szervezője és harcosa legyen, az is szükséges, hogy ő maga is közvetlenül vegyen részt ebben a mozgalomban.

Az alumíniumiparban dolgozó műszaki értelmiségünk már eddig is igen sok értékes javaslattal segítette elő timföld- és alumíniumiparunk fejlődését. Akár a magyaróvári gyárnál, akár Ajkán, de újabban már Füzitőn is vizsgálva ezeket a kérdéseket, láthatjuk, hogy a fejlődés jó irányban halad.

Ezt a fejlődést komoly mértékben segíti elő a Fémipari Kutató Intézet is, amely az eddigiek során számos gyártási probléma megoldásával bizonyította be szoros kapcsolatát üzeminkkel. Így például teljesen befejezett kutatás az alumínium fajlagos vezetőképességének javítása, a hulladékok beolvasztásánál javasolt új tisztító eljárás. Fentiekén kívül számos nagyhorderejű eljárás megoldásán dolgozik az Intézet. Így többek között a vörösiszap feldolgozásának kérdésén, amelynek eredményei igen biztatóak.

Azonban az eddigi eredményeknél nem szabad megállnunk. A jó munka nyomán igen sok feladat megoldást nyert és igen sok javaslat komoly kísérleti stádiumban van. Így kísérlet alatt áll az az alumínátlúg utánszűrési eljárás, amely a kisüzemi eredmények alapján lényegesen javítani fogja timföldjeink minőségét. Megvalósításra került a hazai vanádiumiszap feldolgozóüzem és kísérlet alatt áll

több olyan eljárás, amely egyrészt lényegesen kedvezőbbé teszi a munkakörülményeket, másrészt gazdaságosabbá az üzemidő kihasználást.

Természetesen ezzel még problémáink nincsenek megoldva. Fajlagos egyenáram és anódmassza fogyasztásunk, még mindig igen magasnak mondható. Problémáink vannak bauxitjaink minősége miatt is. Műszaki értelmiségünknek, de kutató intézeteinknek is igen komoly és fontos feladata volna ennek a kérdésnek mielőbbi egészséges megoldása.

A felsoroltakon kívül számtalan probléma van, amelynek megvalósítása műszaki értelmiségünkre vár s amelyeknek megoldása a kapacitás jobb kihasználása mellett a termelékenység növelését és a gazdaságosabb termelést segíti elő. Ezekkel a feladatokkal éppen azért rendszeresen kell foglalkoznunk egyidejűleg gondoskodva arról, hogy a munkaverseny mozgalom, a Sztahanov-mozgalom, az újítómozgalom tartalékait üzemink fejlesztésénél a lehető legmesszebbmenőleg felhasználjuk. Amint Gerő elvtárs kongresszusi beszédében mondotta: »... a rejtett tartalékok még távolról sem merültek ki s nem is egyszermindenkorra adóttak, hanem fejlődésünk folyamán, a népgazdaság szocialista építése folyamán újra — és újra termelődnek.« Ki kell használnunk, tovább kell fejlesztenünk szocialista építésünk ez adottságait. Állandóan tanulnunk és tanulmányoznunk kell a technikát.

Új feladatok hatalmas tömege áll előttünk s ezek végrehajtásához jólképzett mérnökök, technikusok közreműködése szükséges.

Pártunk és kormányzatunk a legmesszebbmenő anyagi és erkölcsi megbecsülésben részesíti a műszaki értelmiséget. Ezt a bizalmat még fokozottabb, még jobb munkával kell meghálálnunk. Olyan munkával, amely ötéves tervünk megvalósításának komoly alapját képezi s amelyen keresztül egész dolgozó népünk felemelkedését együttesen segíthetjük elő.

Vasúti keréktárcsa alumíniumötvözetből és a vele kapcsolatos mélyhűtési kísérletek

BARÁNSZKY · JÓB IMRE

669.713 : 624.013 : 625.201

Борански Йоб Имре

Подготовка железнодорожного колесного диска из алюминиевого сплава и в связи с этим проведенные эксперименты для глубокого внезапного охлаждения.

З а к л ю ч е н и е :

Применение алюминия и его сплавов при изготовлению железнодорожных вагонов дает значительное понижение их веса, и с понижением безпружинных масс бережить рельсовую дорогу. Производство бандажных колесных дисков из легких металлов имеет также экономическое значение. Материал диска после специальной отливки прессуется с применением штамповки, его состав улучшенный алюминиевый сплав разрывной прочности около 45 кг/мм².

С одной стороны бандажи прикрепляют на диск путем применения обычной горячей натяжки, с другой стороны с применением глубокого внезапного охлаждения. Последующее выполняли на основе экспериментальных результатов, полученных при проведенных экспериментах в Алюминиевом (во времени Металлическом) Испытательном Институте. Диски прикрепляются на ось путем холодной прессовки. Вследствие низкого коэффициента упругости алюминиевых сплавов, диск принимает большую часть упругой деформации, потому на бандаже и оси образуются меньшие напряжения, чем при применении стального диска, и это бережит ось. Не смотря на это полученное соединение было удовлетворительное. Четыре колесных дисков на испытанию у Б. В. В. (Столичные Электрические Железнодорожные.)

Light metal wheel centers of railway vehicles and lowtemperature investigations connected with them.

By I. Baránszky-Jób, M. E.

When reducing weight of railway vehicles the employment of light metals and their alloys in running and carrying gear results in considerable saving in weight and besides that saves the track by reducing the non-sprung mass. Producing the centers of steel tyred wheels of light metal is right as seen from the economic viewpoint too. Work-transferring role of wheel centers. The material of the center is a special, heat treated aluminium alloy having been pressed by forging, with an ultimate tensile strength of about 28,5 tons sq. in.

The wheel tyres were adjusted partly by usual setting up in warm condition, partly by low temperature process. The latter one was effected by fluid air preceded by extended investigations made in the Hungarian Aluminium and Light Metal (now Metal) Research Institute. The centers were fixed onto the axles by pressing. Because of the low elastic modulus of light metal alloys the center takes over the greater part of the elastic deformation (and work) resulting from shrinkage and — thus creating smaller stresses in tyre and axle than when using steel cast centers — saves the axle. In spite of that the attachment is safe and strong. — Four wheel centers of light metal alloy are in trial service of the Tramways of Budapest.

Radscheiben aus Leichtmetall für Eisenbahnwagen und die verknüpften Tiefkühlversuche.

Von I. Baránszky-Jób, Dipl. Ing.

Bei der Gewichtsverminderung der Fahrzeuge ergibt die Verwendung des Aluminiums und seiner Legierungen im Lauf- und Tragwerk eine wesentliche Gewichtsersparnis, ausserdem schon auch das Bahngeleise. Die Erzeugung der Radscheiben der bereiften Räder aus Leichtmetall-legierungen zeigt sich auch aus wirtschaftlichen Gesichtspunkte richtig. Die Kraftübertragungsaufgabe der Radscheibe. Für Material der Scheibe wurde eine besondere, nach dem Giessen durch Schmieden gepresste, vergütete Aluminiumlegierung gewählt, welche eine Bruchfestigkeit von cca 45 kg/mm² hat.

Die Radreifen wurden auf die Scheiben einerseits mit dem gewöhnlichen Warmverfahren, andererseits mit Tiefkühlverfahren aufgezogen. Dies Letztere wurde — nach umfangreichen Vorversuchen — im Ungarischen Aluminium- und Leichtmetall- (derzeit Metall-) Forschungsinstitut mittels flüssiger Luft durchgeführt. Die Scheiben wurden auf die Achsen durch Kaltpressen befestigt. Wegen des kleinen Elastizitätsmoduls der Aluminiumlegierungen übernimmt die Radscheibe den grösseren Teil der vom Schrumpfen hervorgegangenen elastischen Deformation (bezw. Arbeit) und — nachdem in den Reifen und Achsen kleinere Spannungen entstehen, als bei Verwendung von Stahlgusscheiben, — schon somit die Achse. Trotzdem ist der Sitz zuverlässig und fest. — Vier Radscheiben aus Aluminiumlegierung laufen in Versuchsbetrieb an der Linie der Budapester Strassenbahnen.

A járóművek abszolút és relatív önsúlyának csökkentésére az alumíniumnak és ötvözetének alkalmazása igen jó eszköz. Kellő módon és a műszaki tényezők észszerű figyelembevételével alkal-

mazva a könnyűfémeket a szerkezet gazdaságossági szempontból is előnyös lehet. Ezekre a szempontokra különböző előadások és tanulmányok bőségesen rámutattak, s ez alkalommal a sinen közlekedő járóművek súlycsökkentésének egyik részletkérdésével szeretnék foglalkozni.

Az alváz, szekrényváz, külső-belső burkolat, de különösen a belső berendezések és veretek terén az *alumínium használata* eléggé közismert. Kevésbé ismeretes azonban a *futó- és hordműnél* való alkalmazás. Pedig az itt elérhető műszaki és gazdaságossági előnyök, mint az alábbiakban látni fogjuk, azt mutatják, hogy ezek igen fontos alkalmazási területek. A sínjárművek súlyának ugyanis igen tekintélyes részét teszik ki ezek az alkatrészek. Pl. a nemrég forgalomba került német könnyűfémpótkocsik teljes súlyának kb. egyharmada a futó- és hordmű. Ez a tény már önmagában is gondolkodásra készíti a vagonyszerkesztőt. Nem elégedhet meg azonban azokkal a közvetett súlycsökkentésekkel, melyek a kocsi önsúlyának kisebbedése következtében a méretek csökkenéséből származnak. Tovább kell mennie, mert ezeknél a járóműrészeknél a súlycsökkenés messzebbre hat ki, mint egyebütt. Ezek ugyanis túlnyomórészt rúgózatlan súlyok és a nagy, rúgózatlan súlyok káros hatását a kocsi élettartamára, a nyugodt járásra, a pálya és a felépítmény fenntartására a szakemberek eléggé ismerik.

Ennek a szerteágazó problémának egy kis, de igen fontos részével foglalkozom az alábbiakban, nevezetesen a vasúti keréktárcsának alumínium-ötvözetből való készítésével kapcsolatban felmerülő érdekesebb kérdésekkel.¹

A *vasúti kerékpárok súlycsökkentése* régi vágya a vagonyszerkesztőknek. Az erre irányuló törekvések alkották meg a kifűrt illetve üreges tengelyeket, az acélöntésű tárcsák helyett a sajtolt acéltárcsákat, a vékonyabb abroncsokat, a monobloc-kerekeket és nem utolsósorban, a nemesebb anyagok használatát.

Vizsgálódásunk körébe a külön felhúzott futófelületű, tehát *abroncsos kerekek* és ezek közül is a tényleges elkészülés révén közelről a valóságban megvizsgálható közúti villamoskocsi kerekei tartoznak. Helytelen lett volna nekivágni a műszaki kérdések kibogozásának, mielőtt legalább hozzávetőlegesen a *gazdaságossági szempontokat* nem vizsgáljuk meg. Természetesen abszolút számokról alig lehet szó, mert egyrészt a fent mondtak szerint az egyszerű súlycsökkentéshez számos olyan előny csatlakozik, melyek kocsyszerkezési és fenntartási szempontból jelentősek, de számokban nehezen fejezhető ki — bár egyik korábbi tanulmányomban ezekre is hoztam fel adatokat —, másrészt a gyakorlati felhasználás fogja megmutatni a tényleges élettartamot, mint a gazdaságossági számítás egyik jelentős tényezőjét.

A vizsgálat azt mutatta, hogy egy 600 mm futókör-átmérőjű kerék nagyszilárdságú, különleges alumínium-ötvözetből készült tárcsájának az acél-

¹ Az irodalomban a könnyűfém keréktárcsa alkalmazásával itt-ott találkozunk, de közelebbi adatokat vagy méretezési szempontokat, technológiai eljárásokat az irodalom alig közöl.

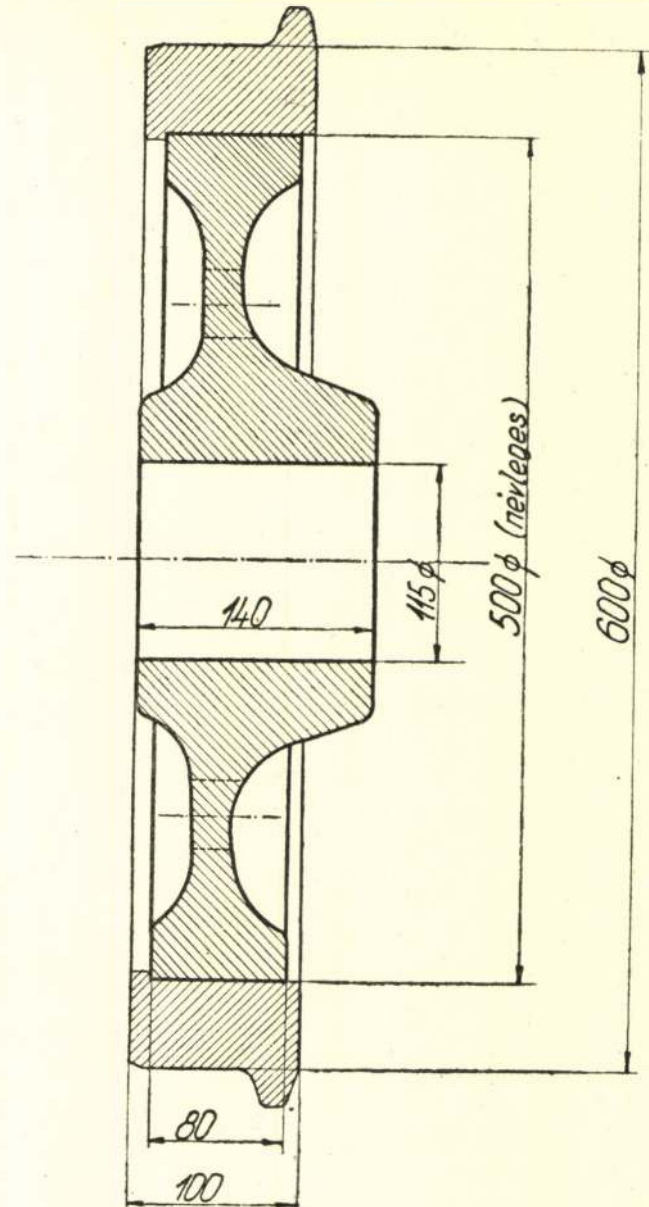
öntésű tárcsa helyett lehetséges alkalmazása a budapesti közúti villamosvasúti viszonyoknál már 12–15 évi élettartam mellett kb. 5% amortizációs kamatláb esetén gazdaságos lehet. Itt a beszerzési költség-többletet állíthatjuk szembe a vontatási árammegtakarítással, mely nemcsak az egyszerű, egyenesvonalú tömeggyorsításoknál és mozgatásnál, hanem a forgótömeg tehetetlenségi erejéből származó felgyorsításoknál fellépő áramcsökkenésekből is származik, annál is inkább, mert a fékezésnél az eleven erő megsemmisítéséhez újabb energiabefektetés szükséges. Ha ehhez hozzávesszük az említett, számokban ki nem fejezhető, de egyébként igen jelentős előnyöket, a kérdéssel nyugodtan foglalkozhatunk műszaki szempontból is.

Mint tudjuk, az abroncsos kerekeknél a keréktárcsa hivatott az összes erők közvetítésére a sín (abroncs) és a tengely (terhelés) között. Az egyszerű sztatikai terheléstől kezdve, a kanyarulatokban vagy a kerékpár kigyózó mozgásából származó, vagy a váltóknál, keresztvezéseknél fellépő dinamikus függőleges és vízszintes irányú ütésekig igen sokféle és komplikált erőhatásoknak kitéve a keréktárcsa. Számítani elég bonyolult feladat és helyesebb is a már több, mint százéves vasútnál kialakult méretekre és szerkezetekre támaszkodni. Nevezetes ennél a szerkezetnél, hogy az abroncs és a tengely közötti kapcsolatot a tárcsa általában a szilárd illeszkedésből származó erővel létesíti. Ez azonban jelentős igénybevételei többletet is jelent a szerkezetben, melynek vizsgálata a biztonságos üzem szempontjából igen lényeges. A keréktárcsa és a tengely közötti kapcsolatot ugyanis a vasúti üzemben jól bevált felsajtolásból előálló zsugorító szorítás, míg az abroncs és a keréktárcsa között általában az abroncsnak meleg állapotban való felhúzásából és a lehült abroncs szorító, zsugorító hatásából keletkező erő adja a kötést. Lényegben ez a kötési mód sűrűlódáson alapszik, de a felület megmunkálási pontosságától függően már bizonyos mértékig a különböző anyagok érintkező felületein egymásba nyomódó anyagrészeszkék következtében foglaltos kapcsolat is keletkezik. Különösen várható ez a könnyűfémnek acéllal való összekötésénél. Már itt megjegyezzük, hogy az abroncsnak a keréktárcsához való erősítésénél kísérletképpen úgynevezett mélyhűtési eljárással való összefogást is alkalmaztunk.

Ezek előrebocsátása után a tényleges kivitel különböző szempontjait és adatait a következő csoportosításban fogjuk tárgyalni:

1. A tárcsa anyaga és alakja.
2. A tárcsának és az abroncsnak a kapcsolata, valamint az ezzel összefüggő mélyhűtési kísérletek.
3. A tárcsának a tengellyel való összeerősítése.

1. A tárcsa anyagául az R. M. Művekkel való megbeszélés és a hazai gyártási lehetőségek alapján egy olyan, később részletesen ismertetésre kerülő, nagyszilárdságú alumíniumötvözetet választottunk ki, amely nagyjából megfelel a RR56 karter-anyagnak, és amely külföldön mint repülőgépmotoranyag jól bevált. A választás azért esett erre, mert ettől volt várható, hogy nagy szilárdsága mellett a gyakori



1. ábra. Alumíniumötvözetből készült keréktárcsa főmetszete.

ütésekből származó dinamikus hatásoknak is jó ellent fog állni.

A szilárdsági adatok ismeretében (min. 40 kg/mm², 5–7% nyúlás) az előzetesen már felvázolt keréktárcsa-profil kisebb kiigazítással véglegesen kialakítható volt. Ezt a forgásfelületvezérgörbét az 1. ábra mutatja. Lényegében a már üzemben levő acélöntésű keréktárcsa méreteiből indultunk ki és alakítottuk a könnyűfém természetének megfelelően az új alakot. Kissé nagyobb méreteket, főképp nagyobb legömbölyítési sugarakat és agyvastagságot vettünk. A tárcsa külső átmérője nagyobb, mint az acélöntésű tárcsáé, mert a futó kör 600 mm átmérőjét megtartva a súlycsökkentés fokozása végett a 70 mm vastag abroncsot 50 mm-esre vettük. A tengely méreteit nem változtattuk, hogy esetleges csere esetén a tengely használható legyen, bár a tervezett könnyűfémpótkocsi lényegesen kisebb önsúlya miatt ez is vékonyítható lett volna.

Egy-egy alumíniumötvözetű keréktárcsa súlya 30 kg.

A gyártási eljárásnál szerettük volna teljesen kovácsolással előállítani a tárcsákat, de a kis darabszám miatt meg kellett elégednünk egy közelítő eljárással is. Eszerint a tárcsákat először pogácsaalakban öntötték, majd kovácsoló sajtolással tömörítették 450° C hőmérsékleten. A már tömörített tárcsákat nagyjából méretre esztergályoztattuk (2. ábra), hogy a nemesítési hőkezelésnél az anyag szerkezete minél tökéletesebben és egyenletesebben nemesedjék. A nemesítési eljárás során sófürdőben 4–5 órán át 530° C-on tartották, majd vízben való edzés (gyors lehűtés) után 160° C-on olajban öregítették.

A kis darabszám miatt (egyelőre összesen 4 db. tárcsára volt szükség) nem lehetett szó sorozatból vett tárcsák ütő, vagy deformáló próbáiról. Minthogy azonban biztonsági okokból tudnunk kellett, hogy a beépítendő anyag milyen tulajdonságokkal rendelkezik, egy ötödik tárcsa is készült teljesen azonos módon abból a célból, hogy az öt közül egyet az előzetes szilárdsági próbákra feláldozzunk. A különleges alak, a kovácsoltan sajtolás egyirányú erőhatása, mely merőleges volt a tárcsa síkjára, tehát a koszorú alkotóival párhuzamos, továbbá a hőkezelésre került, előnagylvolt tárcsa egyenlőtlen anyageloszlása miatt a próbatesteket különleges gonddal és megfontolás alapján vágattuk ki a tárcsából, amint azt a 2. ábra mutatja. Látható, hogy a kovácsolás miatt radiális, axiális és tangenciális irányú,

a hőkezelés miatt a koszorúban, az agyban, az átmeneti részben levő próbatesteket vágattunk ki. Minden helyről 3–3 próbatestet vettünk, hogy az eredmény pontosabb legyen. A szakítópróbatesteknél általában $l = 10d$ volt és csak 3 darabnál volt $l = 5d$.

Az Alumíniumkutató (most Fémipari Kutató) Intézet laboratóriumában végzett szakító- és ütőpróbák eredményeit az 1. táblázat mutatja. Láthatjuk, hogy a szórás nem túlságosan nagy. Érdekes, hogy a koszorúból vett (K-jelű) próbatestek nagyobb szakító (törő) szilárdsági értékeket, viszont kisebb nyúlást adtak. Valószínűleg az edzés közvetlenebb behatása okozta ezt az eltérést. A Charpy-próba nagy szórása az alumíniumötvözetek jellemző tulajdonságára, a rovasérzékenységre vezethető vissza.

A teljesség kedvéért az anyag összetételét is megvizsgáltattuk és pedig — talán felesleges — óvatosságból itt is több helyről vett próbadarabok alapján. A vizsgálatot az R. M. Művek spektroanalitikai laboratóriuma végezte. Az eredmények a következők:

Agyban:

Cu Fe Si Mg Mn Ni Ti Al
1,8 1,45 0,77 0,86 0,038 1,22 0,1–0,2% a többi

Koszorúban:

1,8 1,42 0,79 0,87 0,039 1,22 0,098 %

I. Táblázat

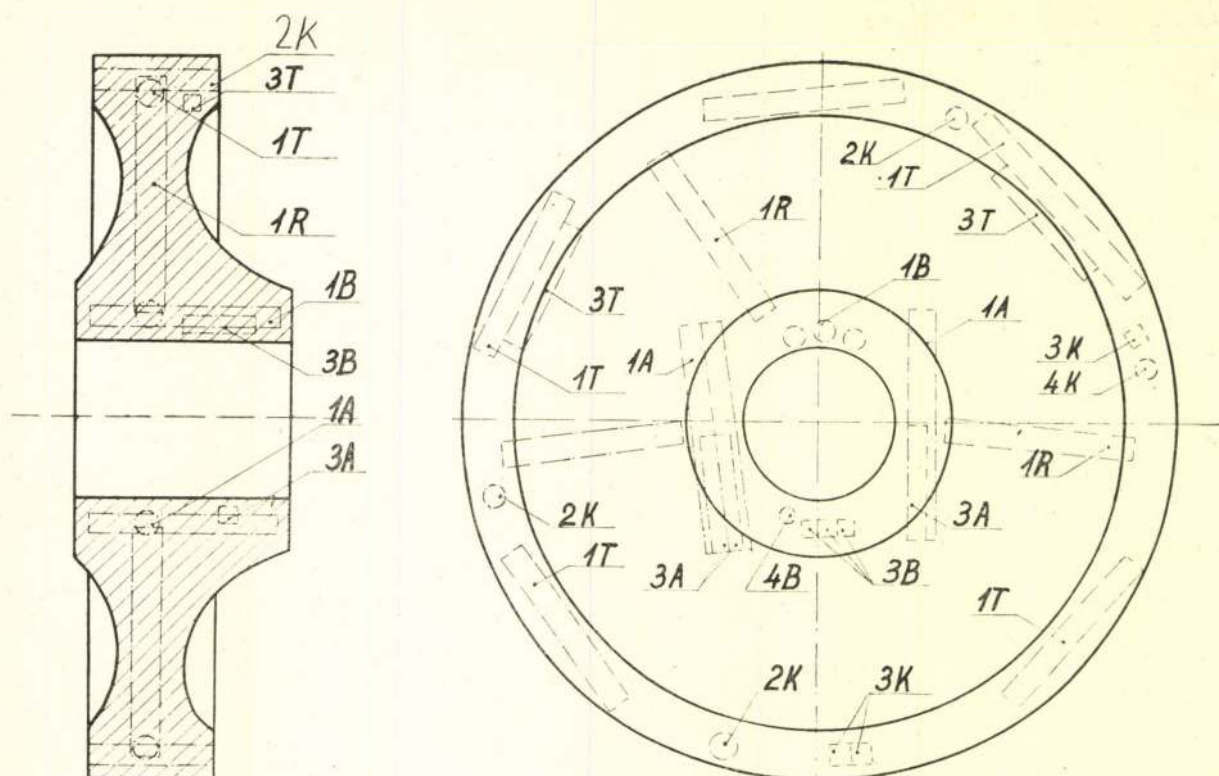
Az alumíniumötvözetű keréktárcsa anyagából vett szakító- és ütőpróbák eredményei

1. Szakító próba.

Jel:	F_0 mm ²	$P_{0,2}$ t	$\sigma_{0,2}$ kg/mm ²	P_B t	σ_B kg/mm ²	δ_{10}	δ_5
1. A ₁	46.5	1.52	32.7	2.11	45.4	6.85	—
1. A ₂	50.2	1.86	37.1	2.24	44.6	6.25	—
1. A ₃	50.2	1.84	36.7	2.23	44.4	7.50	—
1. B ₁	50.2	2.08	41.5	2.09	43.6	1.87	—
1. B ₂	51.5	2.00	38.9	2.23	43.3	4.37	—
1. B ₃	50.2	1.86	37.0	20.9	41.6	1.25	—
1. R ₁	51.0	1.92	37.6	2.25	41.1	7.50	—
1. R ₂	51.5	1.90	36.9	2.29	44.5	8.13	—
1. R ₃	51.5	1.99	38.7	2.20	42.7	5.62	—
1. T ₁	51.0	1.96	38.5	2.35	46.1	6.25	—
1. T ₂	51.0	1.80	35.3	2.29	49.9	6.25	—
1. T ₃	51.5	1.96	38.0	2.32	45.0	8.12	—
2. K ₁	50.2	2.08	41.5	2.35	46.8	—	5.—
2. K ₂	51.0	2.10	41.2	2.32	45.5	—	6.25
2. K ₃	51.0	2.08	40.8	2.35	46.1	—	fejben sz.
Átlag:			38.2		44.9		

2. Ütőmunka.

Jel:	M kgm	F mm ²	r kgm/cm ²
3. A ₁	0.42	68.5	0.612
3. A ₂	0.42	69.7	0.602
3. A ₃	0.40	70.0	0.571
3. B ₁	0.26	70.0	0.370
3. B ₂	0.28	69.0	0.406
3. B ₃	0.29	70.0	0.414
3. K ₁	0.35	69.0	0.507
3. K ₂	0.30	67.75	0.444
3. K ₃	0.38	70.0	0.543
3. T ₁	0.47	69.0	0.680
3. T ₂	0.43	68.25	0.628
3. T ₃	0.395	70.0	0.564



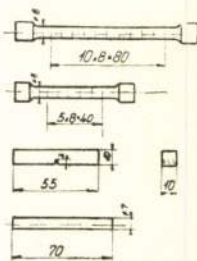
Jelmagyarázat

1 jelű próbatest :

2 " "

3 " "

4 " "



A agyból vett próbatest, tangenciális

B agyból " " axiális

K koszorúból " " axiális

T koszorúból " " tangenciális

R tárcsarészből " " radiális

2. ábra. A próbatestek kivágási helyei

A szilárdsági és az analitikai próbák eredményei megnyugtatók és úgy láttuk, hogy a további megmunkálásnak, illetve a beépítésnek semmi akadálya nincsen.

2. A tárcsáknak a kerékabroncsokkal való kapcsolót kétféle módon létesítettük.

a) Az egyik mód a vagongyártásban meghonosodott és a bevezetőben említett melegen eszközölt felhúzási eljárás. A négy keréktárcsa közül kettőnél alkalmaztuk. Ezek S_1 és S_2 jelet kaptak.

A tényleges túlfedés értéke a 499 mm névleges átmérőjű keréktárcsákra vonatkoztatva 0,5, illetve 0,54 mm, tehát 1,002 illetve 1,082^{0/100} volt. Az abroncs felmelegítési hőmérséklete érintkező pirométerrel mérve kb. 250° C volt. A behelyezett tárcsa kb. 15 perc alatt melegeedett fel úgy, hogy kialakult egy kb. 170° C közös hőmérséklet. Mindenesetre az alumíniumötvözetű tárcsa kitűnő hővezető voltára való tekintettel a tárcsakoszorúban nem keletkezhetett olyan nagy hőmérséklet, mely a nemesített ötvözet kilágyulását okozhatta volna. Az összeszerelt egységek a 20–25° C hőmérsékletű szél- és lég-

áramlásmentes környezetben kb. 6 óra alatt hűltek le kézmelegre.

A teljesség kedvéért megjegyezzük, hogy az eredeti elgondolás szerint a túlméretet 0,70–0,55 mm-nek, tehát 1,4–1,1^{0/100} közötti értékek számítottuk, de a gyakorlati kivitel a fenti értékeket adta.

A tényleges értékekkel a zsugorító hatásból eredő feszültségeket a következő feltevéssel számíthatjuk: az abroncs is, a tárcsa is vastagfalú csövek, az előbbi p_I belső, az utóbbi ugyanakkora p_I külső nyomással. A tárcsából ugyanis csak a koszorú egy részét veszszük fel, mint amely a deformációban részt vesz. Ennek sugárirányú mérete a 80 mm szélesség megtartásával kb. 45 mm-re vehető fel (3. ábra).

A deformációban, tehát a túlméret okozta szétfeszülésben, illetve összenyomódásban a két körgyűrű — az acélabroncs és az alumíniumtárcsakoszorú — rugalmassági tényezőjükkel fordított arányban vesz részt, annak feltételezésével, hogy a p_I érték mindkettőre ugyanaz. A vastagfalú csövekre vonatkozó számítási eljárás alkalmazásával a

3. ábra jelölései szerint a következő összefüggéseket találjuk :

Tangenciális feszültség az abroncsban

$$\sigma_{tc} = \frac{p_I (v_c^2 + 1)}{v_c^2 - 1}$$

Tangenciális feszültség a koszorúban

$$\sigma_{tk} = \frac{p_I (v_k^2 + 1)}{v_k^2 - 1}$$

ahol

$$v_c = \frac{D}{D_b} = \frac{600}{499} = 1.2$$

és

$$v_k = \frac{d}{d_b} = \frac{499}{410} = 1,22$$

A zsugormérték

$$\varepsilon_I = \varepsilon_c + \varepsilon_k = \frac{\sigma_{tc} + \frac{p_I}{m}}{E_a} + \frac{\sigma_{tk} - \frac{p_I}{m}}{E_k}$$

ahol $E_a = 2\,100\,000 \text{ kg/cm}^2$, $E_k = 720\,000 \text{ kg/cm}^2$,

$\frac{1}{m} \approx 0,3$. Ezekből :

$$p_I = \frac{\sigma_{tc} (v_c^2 - 1)}{v_c^2 + 1} = \frac{\sigma_{tk} (v_k^2 - 1)}{v_k^2 + 1}$$

$$\varepsilon_I = \frac{\sigma_{tc} + \frac{\sigma_{tc} (v_c^2 - 1)}{m (v_c^2 + 1)}}{E_a} + \frac{\sigma_{tk} - \frac{\sigma_{tk} (v_k^2 - 1)}{m (v_k^2 + 1)}}{E_k}$$

$$\sigma_{tk} = \sigma_{tc} \frac{(v_c^2 - 1)(v_k^2 + 1)}{(v_c^2 + 1)(v_k^2 - 1)} = \sigma_{tc} \frac{0,44 \cdot 2,484}{2,44 \cdot 0,484} = 0,925 \sigma_{tc}$$

Az S_1 keréknél $\varepsilon_I = 0,001002$

A fenti értékekkel tehát

$$\frac{1,054 \sigma_{tc}}{2100000} + \frac{0,8668 \sigma_{tc}}{720000} = 0,001002$$

ebből :

$$\begin{aligned} \sigma_{tc} &= 588 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{tk} &= 545 \text{ kg/cm}^2 \\ p_I &= 106 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

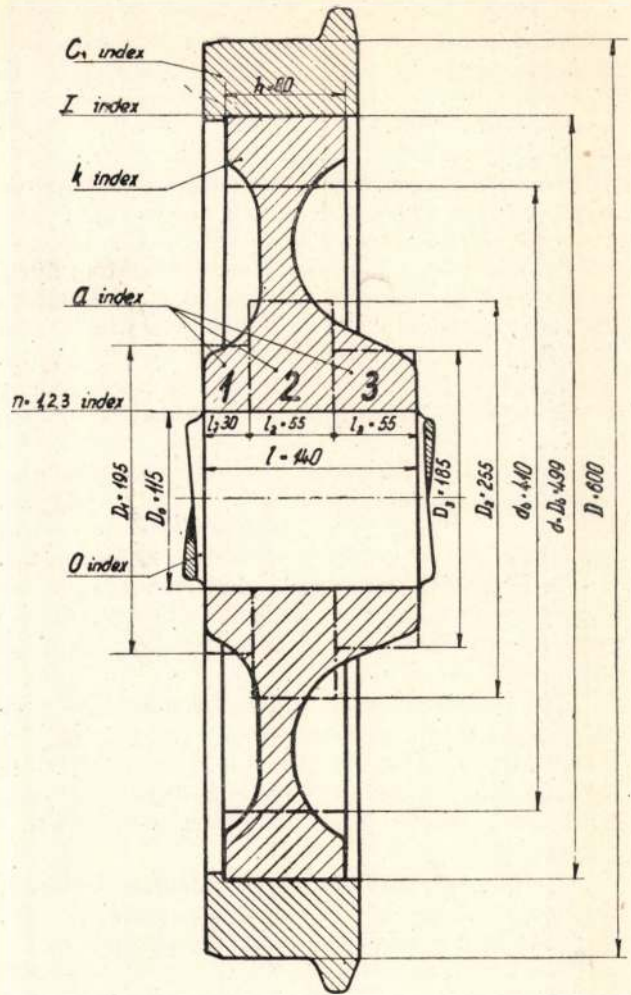
és

Az S_2 keréknél hasonlóképpen

$$\begin{aligned} \varepsilon_I &= 0,001082 \\ \sigma_{tc} &= 636 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{tk} &= 590 \text{ kg/cm}^2 \\ p_I &= 114,5 \text{ kg/cm}^2 \end{aligned}$$

Tehát az abroncs és a koszorú igénybevétele megnyugtató. Némi gondot okoz azonban a p_I , tehát a két érintkező felületen keletkező radiális nyomás aránylag kis értéke. Ez az érték az acél keréktárcsás kerekeknel 500 kg/cm^2 körül szokott lenni.² Ez az érték a mi esetünkben csak rendkívül nagy zsugormértékkel volna elérhető, mert, mint látni fogjuk, a kétféle anyag különbözőképpen vesz

² Lásd M. T. Merzsanov : Vagonyártás című könyvének a kerékabroncsoszásra vonatkozó adatait. (Moszkva 1948.)



3. ábra. A szilárdsági számításokhoz felvett keresztmetszethehelyettesítések és jelölések.

részt a zsugorodás okozta deformációban. Nagyobb zsugormérték (túlfedés) viszont csak az abroncs sokkal nagyobb hőmérsékletre történő felmelegítésével lett volna elérhető, hogy a nagy zsugormértéknek megfelelően kitáguljon, ami az abroncs anyagára is káros lett volna, de a vele érintkező könnyűfémmel való kilágulására is vezethetett volna. Az elméleti megfontolás szerint ez az aránylag kis radiális nyomás megfelelő lesz, mert a nagy rugalmas deformációt szenvedő keréktárcsa a kötést állandóan szilárdan biztosítja. A deformáció megoszlása ugyanis a két anyag, illetve a két tárgy között a fenti számítási mód alkalmazásával :

	Abroncsban	Koszorúban
S_1 keréknél	0,295	0,710 ‰/00
S_2 keréknél	0,320	0,770 ‰/00

Tehát a zsugorodás mértéke a koszorúban 2,4-szer akkora, mint az abroncsban. Ennek jelentőségét tanulmányunk végén fogjuk részletesen tárgyalni.

b) A másik összeerősítési mód, mely mélyhűtéssel történik, több érdeklődésre tarthat számot.

Ez az eljárás a melegen való felhúzásnak a reciprokalakja. Nem a külső elemet — az abroncsot — melegítettük fel, hanem a belső elemet — a tárcsát — hűtöttük le -130° C körüli hőmérsékletre. Az így összehúzódtott tárcsát behelyeztük a normális mű-

helyhőmérsékletű abroncsba. A tárcsa a környezet hőmérsékletére felmelegedve igyekezett visszanyerni eredeti, a zsugorodási túlméretnek megfelelő méretét, ennek az abroncs ellenállt és így zsugorító hatással feszes összeköttetést létesített. A lehűtést *cseppfolyós levegővel* értük el. A tárcsák ilyen módon való »abroncsozása« előtt a mélyhűtéssel való összeerősítésre igen kiterjedt *kísérleteket* végeztünk. Ezek arra irányultak, hogy találjunk olyan eljárást, amellyel *acél- és alumíniumelemek*, mint tengelyek, tengelycsapok, tárcsák, fogaskerekek, abroncsok stb., *vagy egymásközt könnyűfémek összeerősíthetők úgy, hogy feltétlenül kizárjuk az ékes kötést*, mely az alumíniumötvözetű gépalkatrészeknél nem mindig alkalmas, *viszont ne kelljen az alumíniumrészt melegen felhúzni, vagy nagy hőmérsékletű acélrészekkel érintkezésbe hozni*. Természetesen *itt mindig nagyszilárdságú könnyűfémötvözetekre gondolunk. Ezek a nagyobb, 200° C körüli vagy feletti hőmérsékletnél ki vannak téve a nemesítés révén elért szilárdságuk csökkenésének.*

A kísérletek kiterjedtek acéltengelycsapoknak könnyűfém-tárcsákkal és alumíniumötvözetből készült tengelyeknek acéltárcsákkal (fogaskerekekkel) való összeerősítésére.

Az acéltengelyeknek a könnyűfém-tárcsákba, gyűrűkbe mélyhűtéssel való beerősítése nem volt nagyon biztató. A kísérleteket 18 és 20 mm átmérőjű A60.11 anyagból készült engelycsapokkal végeztük. A tárcsák, melyek furatába voltak illesztendők a csapok, sziluminból készültek.

Az ISA H6 és u5 tűréseivel számoltunk, melyek ezekre a furatokra + 0,013, + 0, a csapokra + 0,05, + 0,041 mm értékeket adnak. Az elméleti legnagyobb és legkisebb túlméretnek tehát 0,05 és 0,028 mm. A valóságban a túlfedés értékei a 18 mm átmérőnél 0,053 és 0,043, a 20 mm-esnél 0,043 és 0,042 mm között mozogtak. Viszont az acél hőtágulási tényezője $11 \cdot 10^{-6}$, tehát + 20°-ról kb. - 150°-ra való lehűtésnél a sugárirányú lineáris összehúzódás a 18 mm átmérőnél 0,033, a 20 mm-nél 0,0374 mm. Ez az érték kisebb, mint a túlfedés, tehát számolnunk kellett azzal, hogy kisebb ütessel vagy nyomással kell a csapot a furatba beilleszteni. A kísérletek elvégzésével a beillesztett csap a normális hőmérsékletre való felmelegedés után a tárcsából aránylag kis ütésekkel kiűthető volt. Nyilvánvaló, hogy az aránylag kistömegű szilumintárcsa a beillesztésnél és a szétfeszítőerő következtében tömörödött és ezért nem tartott feszesen.

Több sikerrel kecsegtetett azonban az *a mélyhűtési kísérlet, melynél a tárcsák A60.11 acélből, a csapok durálttípusú, nemesített FJu2 alumíniumötvözetből készültek*. Ez utóbbiak szakítószilárdsága min. 38 kg/mm², nyúlása 10d-re 12%.

A névleges csap-, illetve furatátmérő 20 mm volt. 3-féle tűréssel készítettük a csapokat, hogy a megfigyelésre bőségesebb lehetőség legyen. Természetesen figyelembevettük azt a körülményt, hogy a könnyűfémötvözetek hőtágulási együtthatója kb. 2-szerese az acélénak és pedig a szóbanforgó duráltötvözetnél $23 \cdot 10^{-6}$. Ennek megfelelően a túlfedés értékei 0,041—0,045, továbbá 0,075 és 0,110 mm voltak. A csapok 0,003—0,013 mm értékek között kúposak is voltak.

A csapok cseppfolyós levegőben való lehűtése és a tárcsák normális hőmérsékleten való hagyása mellett azt találtuk, hogy a 0,075 és a 0,110 mm túlfedésű csapok nem mentek be a tárcsába még erőteljes kalapácsütéssel sem. Annak ellenére, hogy az elméletileg számított összehúzódás + 20° és -150° között 0,075 mm-nek adódott ki.

A 0,041 és 0,045 mm túlfedésű csapok kis ütessel feszesen helyezkedtek el a tárcsában. Erőteljes és nagy kalapácsütéssel kissé elmozdultak. A szakítópróba-gépen való kinyomás a következő értékeket adta :

a) A 0,041 mm túlfedésű tárcsacsap-párnál a megmozdulás 3350 kg nyomásnál történt és kb. 2000 kg erőnél simán csúszott.

b) A 0,045 mm túlfedésű tárcsacsap-párnál az erőteljes kalapácsütéssel való elmozdulást a gép 1900 kg erővel nyomta vissza a helyére, majd tovább nyomva erős leforgácsolással 3600 kg erőnél mozdult el a csap.

Az egyéb mélyhűtési kísérletekről a 3. pontban még szólnunk és itt rátérünk a *könnyűfémötvözetű keréktárcsáknak az abroncsba mélyhűtés útján megoldható beillesztésére*, illetve összeerősítésére. Az ennél a kísérletnél szereplő tárcsákat M₁ és M₂ jellel láttuk el.

A lehűtés itt is cseppfolyós levegővel a következőképpen történt: A tárcsát egy valamivel nagyobb belső átmérőjű fadézsza fenekére helyeztük. Kb. 25 liter folyékony levegőt öntöttünk rá, amely a tárcsát — kivéve az agynak egy kis kiálló részét — elredte. 8 percnél hűtés után, bár még »forrt« a folyékony levegő, a tökéletlen zárás miatt fennálló párolgás és így a gyors elfogyási veszély miatt a tárcsát kiemeltük és az abroncsba helyeztük. A behelyezés könnyen ment és gumikalapáccsal csak a központositás végett kellett kissé segíteni. Az átmérők különbsége kb. 1,5 mm lehetett. Körülbelül 5 perc telt el addig, amíg a tárcsának az abroncsban kézzel való elforgatási lehetősége megszűnt.

Vizsgáljuk meg a fellépő igénybevételeket és a zsugorító hatást. Itt is a tényleges és nem a rajzon megadott értékekkel számoltunk. Abszolút átmérők helyett a tárcsák külső és az abroncsok belső átmérőjének különbsége a fontos és ezért ezt állapítottuk meg. A két átmérő különbsége az M₁ és M₂ pároknál gyakorlatilag egyforma értékű és mint túlfedés 0,75—0,8 mm volt. (Mint láttuk, a melegen felhúzott abroncsoknál ez az érték 0,5 és 0,54 mm.) Az ovalitás 0,01 mm körül mozgott. Az abroncs befelé kb. 1 : 300 kúposágot mutatott.

Ennél a két keréknél tehát a zsugorítás mértéke 1,5—1,6⁰/₁₀₀ volt, és így a továbbiakban 1,55⁰/₁₀₀ középértékkel számolhatunk. A fenti 2a) alatt mondtak és az ott alkalmazott számítási eljárással a következő értékeket kapjuk :

$$\begin{aligned}\sigma_{tc} &= 910 \text{ kg/cm}^2 \\ \sigma_{tk} &= 840 \text{ kg/cm}^2 \\ p_I &= 164 \text{ kg/cm}^2\end{aligned}$$

Várható volt, hogy kb. 50%-kal nagyobb értékeket kapunk, mint a már tárgyalt, melegen felhúzott abroncsú kerekeknél. Ezt a kedvezőbb értéket anélkül értük el, hogy nagyobb káros felmelegítésre szükség lett volna. Egyébként az ott mondtak itt is érvényesek.

Kiszámítottuk, hogy a kétféle anyag, illetve tárgy milyen mértékben vesz részt a kb. $1,55^{\circ}/_{00}$ -es zsugorítás deformációjában. A fentebb mondottak szerint:

abroncsban	kerékkoszoróban
$0,45^{\circ}/_{00}$	$1,1^{\circ}/_{00}$

A két deformáció aránya természetesen itt is 2,4-szeres. Erre a tanulmányunk végén visszatérünk.

3. Végül beszámolunk a keréktestnek a tengelyre való felerősítéséről.

Ezt a vagongyártásban jól bevált egyszerű hideg felsajtolással hajtottuk végre.

Bár a kísérlet nem ígért pozitív eredményt, mégis megvizsgáltuk gyakorlatilag, hogy el lehetne-e érni a feszes zsugorító illesztést a tengely mélyhűtésével. Tudatában voltunk a gyártás gyakorlati nehézségének, azonban meg akartuk vizsgálni a nagyméretű, erősagyú tárcsának és a nagyméretű tengelycsapnak ebből a szempontból való viselkedését.

A kísérletről és a várt beigazolt eredményről egész röviden az alábbiakban számolunk be:

Az agyfuratot az üzemben szükséges 115 mm helyett csak 108 mm-re vettük, hogy a kísérletnél előforduló maradó alakváltozások a végleges méret elkészítésénél kiküszöbölődjenek. Az a túlfedési érték, mely az acélcsap és könnyűfém-tárcsa esetén szóba jöhet a mélyhűtés alkalmazásánál, a kb. $120-150^{\circ}$ C hőfokkülönbséget és az acél 11.10^{-6} hőtágulási (itt: hőösszehúzóási) együtthatójánál, a 108 mm névleges átmérő esetén -100° -nál 0,142 mm, -130° -nál 0,178 mm, tehát $1,31-1,65^{\circ}/_{00}$, ami lényegében megfelel a szokásos $1,5^{\circ}/_{00}$ -nek.

A két keréktárcsát és a két tengelycsapokat egy előkísérlet után kétféleképpen készítettük elő. Az egyiknél a túlfedést a fentieknek megfelelően 0,15 mm-nek, $1,39^{\circ}/_{00}$ -nek vettük fel, míg a másiknál a kívánatos minél nagyobb zsugorító hatás miatt 0,25 mm-t, tehát $2,3^{\circ}/_{00}$ -et alkalmaztunk. A kísérlet a következőképpen folyt le és az alábbi eredményeket adta:

aa) A 0,15 mm túlfedésű M_2 jelű tárcsacsap-párnál csupán a csapot hűtöttük le cseppfolyós levegővel és a furatba központosan szakítógépen nyomtuk be. A csap egy ideig rövid úton néhány száz kilogramm nagyságrendű erővel volt benyomható, ezután az erő igen nagy mértékben növekedett egészen 10 tonnáig, amikor is a csapot kb. 60 mm mélységig sikerült benyomni a keréktárcsába. Ekkor a kísérletet abbahagytuk, nehogy túlságosan nagy erőhatás lépjen fel. A kísérlet sikertelensége arra a gyakorlati körülményre vezethető vissza, hogy bár elméletileg a megfelelő játék meg lett volna, vagy legalább csak kis erőhatás kellett volna a beillesztéshez, azonban a csap a nagy tömegű könnyűfém-tárcsával érintkezve ennek kitűnő hővezetőképessége miatt rohamosan melegedett fel és így gyorsan kitágult, ami a besajtoló erő ugyancsak gyors emelkedésére vezetett. Ez a körülmény viszont a mélyhűtés előnyét teljesen felemészttette.

bb) A 0,25 mm ($2,3^{\circ}/_{00}$) túlfedésű M_1 jelű tárcsacsap-párnál a csapot cseppfolyós levegővel hűtöttük le, de a tárcsát a káros befolyású hőfok alatt levő 120° C-ra melegítettük fel kemencében. A csap bevezetése könnyen történt, sőt pár másodpercig

a csap a tárcsa furatában kézierővel mozgatható is volt. Két nap múlva az így behelyezett csapot szakítógéppel kinyomtuk. Az első megmozdító erő 53 tonna volt, ezután az erőhatás kissé csökkent és visszaesett 46 tonnára, majd ismét felemelkedett 60,6 tonnáig és újból egyenletesen csökkent. (Az erő visszaesése valószínűleg arra vezethető vissza, hogy a hengeres csap mellett a furat enyhén kettős kúp alakú volt és a közepén legkisebb volt a túlfedés.) Mindenesetre ez a felerősítési mód kielégítő eredményt adott.

Bizonyos esetekben az elérendő cél és az adott méretek alapján gondolni lehet arra, hogy a könnyűfémek nagy hőtágulási együtthatójára való tekintettel $120-130^{\circ}$ C-ra való felmelegítéssel is elérhető bizonyos kisebb mértékű zsugorító kötés.

A fenti eljárások technikai nehézségeit is figyelembe véve, mint említettük, a keréktárcsa és a tengely közötti összeerősítésre a klasszikus felsajtolási módot választottuk. A vasútüzem biztonsági követelményeire való tekintettel a tényleges felsajtolás előtt az S_1 és S_2 tárcsákkal előkísérletet végeztünk. Itt is a már említett 108 mm névleges átmérőjű furat és tengelycsap szerepelt. Az összesajtolás repceolajjal való kenéssel történt. Hasonlóképpen, mint a 3. pont aa) és bb) alatt leírt kísérleteknél, a keréktárcsák még nem voltak abroncsozva. A tengelycsap bevezetésére a megfelelő oldalon a furat 0,1–0,2 mm-rel nagyobbra készült. Az S_1 tárcsánál a túlfedés $1,39-2,32^{\circ}/_{00}$ volt. A felsajtolási erő egyenletesen emelkedett, a nagyobb túlfedésű helyen kissé rázott a gép és a legnagyobb felsajtolási erő 40 tonna volt. A próbaképpen megkísérelt elmozdításhoz szükséges erő 60 tonna volt. Az S_2 jelű keréktárcsánál a túlfedés középértékben $1,2^{\circ}/_{00}$ volt. A besajtolás maximális ereje várható kis értéket, 30 tonnát adott. A kb. egy órai pihentetés után a megkísérelt elmozdító erő kb. 42 tonna volt.

Ez után a kísérlet után történt a 2a) alatt már leírt melegen való abroncsozás. A teljes kihűlés és többórás pihentetés után kisajtoltuk a furatokból a fent leírt módon besajtolott tengelycsapokat. A legnagyobb erő az S_1 jelű tárcsánál 100 tonna volt, az S_2 -nél 120 tonna. Bár a besajtolásnál az S_2 -nél volt a kisebb erő, de ez kissé szárazabb, kevésbé olajozott volt, mint az S_1 . Az igen magas lesajtoló erő egyrészt az alumínium és az acél közötti nagy súrlódási tényezőre mutat, ami műszakilag ebben az esetben kedvezőnek mondható, de másrészt nyilvánvaló, hogy a melegen felhúzott abroncs összenyomó hatása is jelentkezett. Erre mutat az is, hogy a keréktárcsafuratok átmérője a tengelycsap kisajtolása után a rövidebb agrészű részen, ahol az abroncsból való erőátadás hatékonyabb volt, az átmérőcsökkenés 0,08–0,1 mm, míg a hosszabb agrészű részen a mérési pontosságon belül gyakorlatilag változatlan maradt.

Mindez azt mutatja, hogy a választott technológiai eljárás helyes, csak a túlfedési értékeket kell gondosan megállapítani. Ennek megfelelően a túlfedés értékeit az üzemi kísérletre való tekintettel különbözőképpen állapítottuk meg és ennek alapján a kísérlet, illetve már maga a végleges felsajtolás a következőképpen történt.

II. táblázat.

A tengelyagy- és kerékfurat-átmérők mért értékei, túlfedések és felsajtolási erők

A kőművel-fém tárcsa jele	Tengelyagy	Kerékfurat	Túlfedés		A felsajtoló erő legnagyobb értéke tonna	Megjegyzés	
			mm	%			
M ₁	115 25		114 95	0,30	2,61	70	Az abrasz felhuzása melyhűtéssel történt.
	115 25		0,23	2,00			
	115 26		0,23	2,00			
S ₁	115 31		115 00	0,31	2,69	66	Az abrasz felhuzása aszokasos meleg eljárással történt.
	115 31		0,33	2,87			
	115 20		0,27	2,35			
S ₂	115 35		115 01	0,34	2,85	83	Mint S ₁ -nél
	115 38		0,33	2,87			
	115 38		0,28	2,43			
M ₂	115 40		115 05	0,35	3,04	90	A túlfedés nagy felsajtoló erő miatt a keréket lesajtoltuk 1020 kg/szabályozás után újra felsajtoltuk
	115 32		0,29	2,52			
	115 30		0,30	2,61			
M ₂	115 30		115 06	0,24	2,08	60	Az abrasz felhuzása melyhűtéssel történt
	115 28		0,24	2,08			
	115 24		0,15	1,87			

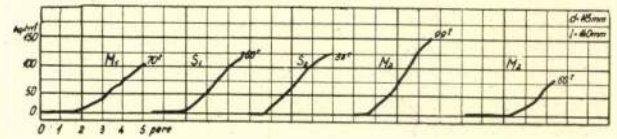
Hogy a különböző abraszozású kerek mindegyike üzemi behatásnak ki legyenek téve, egy-egy tengelyre kétféle — már abraszozott — kereket sajtoltunk fel. Az 1. tengelyre az M₁ és S₁ jelű, a 2. tengelyre az M₂ és S₂ jelű tárcsás kerek kerültek. Az agyfuratok és a tengelyek a végleges előírt 115 mm névleges méretűek voltak. A méreteket a tengelygyon és a tárcsafuratokban is 3—3 helyen, az agy két szélén és közepén, vettük fel mindenütt két-két mérést eszközölve egymásra merőlegesen, hogy az ovalitást is ellenőrizzük. A tengelyen az ovalitás legnagyobb értéke 0,01 mm volt, a tárcsafuratokban ilyen nem észleltünk. A mérési értékek a II. táblázatban vannak feltüntetve.

A felsajtolásnál a kenést repceolajjal végezték.

Minden kerékfelsajtolásról diagrammot vettünk fel (4. ábra, a vízszintes tengelyen a sajtolási idő percekben, a függőlegesen a sajtolási nyomás kg/cm²-ben, az ezekhez tartozó, táblázat segítségével átszámított értékek tonnákban ugyancsak be vannak jelölve.)

A sajtolás általában simán történt. A felsajtoló erők aránylag nagyok voltak.³ Különösen nagy volt

a felsajtoló erő az M₂ jelű tárcsánál, melynél a II. táblázat szerint a túlfedések aránylag nagyok voltak, 2,52—3,04⁰/₀₀ értékek között. Így a felsajtoló erő 99 tonnára szökkent fel. E túlnagy érték miatt a keréktárcsát lesajtoltuk a tengelyről és pedig 102 tonna maximális értékű erővel. A felsajtolás és a lesajtolás között kb. egy óra telt el. A lesajtolás az acéltárcsás kerekéknél szokásos »ugrás« nélkül, feltűnően simán történt. A tengelyagyat és a keréktárcsafuratot a lesajtolás után megmértük. A csapon 0,01—0,02 átmérőjű csökkenés volt mérhető, viszont a tárcsafuratban 0,01—0,02 átmérőnövekedést észleltünk. A tengelygyon alumínium »rákenődés« volt látható. A tengelyagyat ezután lecsiszoltuk úgy,



4. ábra. Az abraszozott alumíniumkeréktárcsák felsajtolási diagramjai.

hogy a 0,25 mm előírt túlfedést sehol se lépje túl. A mérési eredményeket ugyancsak a II. táblázat tartalmazza. Megtisztítás és beolajozás után elvégzett felsajtolás alkalmával az M₂ tárcsánál 60 tonna maximális sajtolóerő adódott.

Ismét a tényleges túlfedéseket és erőket véve figyelembe lássuk a keletkező palástnyomás és feszültségek értékeit a 3. ábra jelöléseinek megfelelően. Az idevonatkozó számítás eltér a 2a) alatt közöltektől, mert a tengelyagy nem csökkent számítható, hanem tömör rúdként. Ennek megfelelően :

$$\sigma_{tan} = p_n \frac{v_{an}^2 + 1}{v_{an}^2 - 1}, \quad \sigma_{lon} = p_n, \quad v_{an} = \frac{D_n}{D_o}$$

$$\epsilon_n = \frac{\sigma_{tan} + \frac{p_n}{m}}{E_k} + \frac{\sigma_{lon} - \frac{p_n}{m}}{E_{acél}}$$

n = 1, 2, 3

$$v_{a1} = \frac{195}{115} = 1,695, \quad v_{a2} = \frac{255}{115} = 2,22,$$

$$v_{a3} = \frac{185}{115} = 1,61$$

$$\sigma_{ta1} = 2,065p_1, \quad \sigma_{ta2} = 1,51p_2, \quad \sigma_{ta3} = 2,25p_3$$

A többi értéket az előző számításokból véve, az erre az esetre érvényes számértékeket a III. táblázatban találhatjuk.

A kerékagyban fellépő feszültségek a I. táblázat szerinti $\sigma_{0,2}$ folyási határnak tekinthető értékek átlagának, 3820 kg/cm² értéknek a felét sem érik el, tehát megnyugtatók. Az acél tengelyre nézve ezek az értékek szintén megnyugtatók, minthogy ennek anyaga AC 35.61, nemesített állapotban, melynek folyási határa 3300 kg/cm².

Mielőtt a következtetéseket levonjuk, vizsgáljuk meg, hogy a zsugorításból származó deformációk hogyan oszlanak el a kétféle anyagban. A III. táblázat összes értékei helyett helyesebb az átlagokkal szá-

² Az irodalomban alig található adat ezzel kapcsolatban. Csupán a Verkehrstechnik 1930. és 1931. évi számaiban van dr. Kremer ill. Stephany által írt két rövid kis cikk, melyek a frankfurti közúti vill. vasútnál 64.200 km-t megtett 4 db. Elektron-keréktárcsákról adnak egy-két adatot. A 120 mm átm. agyfuratú tárcsát hidegen sajtolták fel. A zsugormérték 1,67 és 2,25⁰/₀₀ között mozgott. A felsajtoló erő értéke nagymértékben változott aszerint, hogy fagygyúval vagy növényi eredetű olajjal történt-e a kenés. Az előbbi használata esetén a felsajtoló erő max. 13 t, ennek lesajtoló ereje max. 14 t volt, míg a lenolaj, repceolaj kenéssel a felsajtolás 50, 60, 65, 67 t, a lesajtolás 70 t körüli max. erővel történt. A kerékagy külső és belső átmérőjének viszonya 1,78 volt.

molni, minthogy ezek áttekinthetőbb képet adnak. Az átlagokat viszont kétféleképpen számítjuk, hogy az M_2 kiugró értékeit is mérlegelni tudjuk. A számítás végeredményét a IV táblázatban közlöm

Már itt is látható, hogy a tengely deformációja 7,5–11,5-szer kisebb, mint az alumíniumtárcsáé. Ez erő többórai vagy napi pihentetés után jóval több

az alumíniumtárcsa használata révén, mert a külső hatásokból bekerülő egyéb impulzusok munkája is ilyen arányban fog eloszlni.

A szilárd sajtoló illeszkedés, mint kötés esetünkben kifogástalan, mert a fent leírt lesajtolás erejének legnagyobb értékével, 102 tonnával számolva (amely ha a tengelysapkísérletek eredményeire térünk

III. Táblázat

A kerékagyban és a tengelyben a felsajtolás következtében keletkező feszültségek

Tengely	Keréktárcsa	Tülfedés		σ_{tao} kg/cm ²			$\sigma_{\text{ton}} = p_n$ kg/cm ²			Felsajtoló erő tonna
		mm	%	1	2	3	1	2	3	
1	M_1	0,30	2,61	1490	—	—	720	—	—	70
		0,23	2,00	—	1055	—	—	699	—	
		0,23	2,00	—	—	1170	—	—	520	
	S_1	0,31	2,69	—	—	1575	—	—	700	86
		0,33	2,87	—	1514	—	—	1005	—	
		0,27	2,35	1348	—	—	652	—	—	
2	S_2	0,34	2,95	1690	—	—	817	—	—	83
		0,33	2,87	—	1514	—	—	1005	—	
		0,28	2,43	—	—	1422	—	—	632	
	M_2	0,24	2,08	—	—	1218	—	—	540	60
		0,24	2,08	—	1095	—	—	726	—	
		0,215	1,87	1070	—	—	517	—	—	
M_1, S_1, S_2 átlaga:		0,292	2,53	1510	1360	1390	730	903	617	79,67
M_1, S_1, S_2, M_2 átlaga:		0,276	2,40	1395	1292	1342	676	858	597	74,75

lett volna) a súrlódási tényező a következőképpen adódik a 3. ábra jelöléseivel és a III. táblázat számított palástnyomásaival:

$$\mu = \frac{P}{D_0 \pi (l_1 p_1 + l_2 p_2 + l_3 p_3)} = \frac{102000}{11,5 \cdot 3,14 (3 \cdot 720 + 5,5 \cdot 880 + 5,5 \cdot 785)} = 0,25$$

A többi, még le nem sajtolt keréknél a felsajtoló erőből következtethetünk a súrlódó erő nagyságára, a tény azt mutatja, hogy az acéltengely kímélődik

viszsa. De általában a vasúti gyakorlat azt mutatja, hogy a napok múlva bekövetkező lesajtolásnál a lesajtolóerő 20–50%-kal nagyobb lesz, mint a felsajtolóerő. Az M_1, S_1 és S_2 tárcsák felsajtoló erőinek és a számított palástnyomások átlagából a súrlódási tényező: $\mu' = 0,21$, amely érték 20–50%-kal is megnövelhető a fentmondottak szerint.

Mindenesetre a súrlódási tényező megfelelő annál is inkább, mert a teljes súrlódási erő lényegében ugyanaz tangenciális irányban is, mint az axiális irányban, amely a II., illetve III. táblázat szerint

IV. Táblázat

A felsajtolásból származó deformációk eloszlása az alumíniumötvöztetű kerékagyban és az acéltengelyben

Agyszakasz	1			2			3			1, 2, 3 hosszuk szerint vett átlagából			
	kerék- agyban	tengely- agyban	együtt	kerék- agyban	tengely- agyban	együtt	kerék- agyban	tengely- agyban	együtt	kerék- agyban	tengely- agyban	együtt	
M_1, S_1, S_2 átlagából	%	2,40	0,243	2,643	2,27	0,30	2,57	2,19	0,205	2,395	2,27	0,250	2,520
	%	91	9	100	88	12	100	92	8	100	90	10	100
$M_1, S_1,$ S_2, M_2 átlagából	%	2,22	0,225	2,445	2,15	0,285	2,435	2,12	0,197	2,417	2,15	0,237	2,387
	%	91	9	100	88,5	11,5	100	88	12	100	90,5	9,5	100
M_2 értékeiből	%	1,70	0,172	1,872	1,82	0,242	2,062	1,92	0,179	2,099	1,85	0,202	2,052
	%	91	9	100	88	12	100	91,5	8,5	100	90	10	100

A túlfedések okozta deformációk értékei %-ben a felső sorokban, ezek egymáshoz viszonyított %-os értékei az alsó sorokban vannak megadva. (Az 1, 2, 3 jelölések értelme a 3. ábrán található).

V. Táblázat

A felsajtolásból származó feszültségek és deformációeloszlások az acélöntésű kerékagyban és az acéltengelyben

Tülfedés felvett értékei %	Feszültség kg/cm ²						Deformációk ¹									
	σ _{tan}			σ _{ton} = p _n			1			2			3			
	1	2	3	1	2	3	kerék-agyban	tengely-agyban	együtt	kerék-agyban	tengely-agyban	együtt	kerék-agyban	tengely-agyban	együtt	
1	1385	1215	1400	665	805	620	%	0,785	0,215	1	0,73	0,27	1	0,795	0,205	1
1,25	1720	1520	1750	830	1005	777	%	0,98	0,27	1,25	0,91	0,34	1,25	0,99	0,26	1,25
1,5	2060	1820	2100	995	1210	933	%	1,18	0,32	1,5	1,10	0,40	1,5	1,19	0,31	1,5
A tülfedések okozta deformációk értékeinek egység-hoz viszonyított %-os értékei: ¹							%	78,5	21,5	100	73	27	100	79,5	20,5	100

¹ Az egyszerűbb számítás és az áttekinthetőbb kiértékelés miatt azzal a feltevessel számoltunk, hogy a tengelyagy is, a kerékfurat is teljesen hengeres és, hogy teljes hosszukban azonosak a tülfedés értékek.

(Az 1, 2, 3 jelölések értelme a 3. ábrán található.)

átlagban 79670, illetve 74750 kg, az M₂ tárcsára pedig 60.000 kg. Ha ezt a kerék futófelületére átszámítjuk a tengelyagy 115 mm-es és a futókör 600 mm átmérői arányában, a kerék futófelületén 15300, illetve 14300 és 11500 kg súrlódó erőket kapunk. A kerék futófelületén a maximális elképzelhető súrlódási (tapadási) tényező a csatornasíneket és a városi szemetet is feltételezve, a homokolást is figyelembevéve 0,5 lehet, tehát a fenti értékekhez legalább 30.600, kg illetve 28600 kg, vagy 23000 kg keréknyomás kellene, hogy a kerék területén működő erő hatására a tárcsa a tengelyhez képest elforduljon, tehát a valóságban fellépő keréknyomások sokszorosa.

A lesajtoláshoz szükséges erő olyan nagy, tehát a kötés olyan biztonságos, hogy még a kocsi esetleges felbillenésénél keletkező karimanyomás is csak törtrésze ennek az erőnek.

A teljesség kedvéért közöljük a hasonló méretű acélöntésű tárcsa és acéltengely felsajtolással való összeerősítésénél keletkező feszültségeket és palástnyomásokat. A zsugormértéket 1, 1,25, 1,5⁰/₁₀₀-nek felvéve, a kerékagyban a rugalmassági tényezőt 2 000 000 kg/cm², a tengelyben 2 100 000 kg/cm² értékkel számolva, a 3. ábra jelöléseit használva az eredményeket az V. táblázatban foglaltuk össze. Amint látjuk, a keletkező igénybevételek lényegesen nagyobbak a tengelyben, mint a könnyűfém-tárcsa esetén. Ugyanezt mutatja a deformációeloszlás vizsgálata is, melynek eredményét szintén az V. táblázatban közöljük.

A deformációk viszonya tehát csak 3,6, 2,7, 3,9 vagyis a tengely körülbelül háromszor jobban szenved, mint az előbb az alumínium-ötvözetű kerék-tárcsánál számokkal igazolt esetben. Természetesen a későbbi külső erőhatások alatt is fennáll ez a helyzet, ami az alábbi rövid megfontolással is igazolható.

Az üzemközben keletkező, a váltóknál, kitérők-nél, keresztvezéseknél fellépő sínütésekből, a centrifugális erőből származó nyomkarimanyomások és az egyéb erőhatások továbbszármaztatása a tengelyre a keréktárcsaagyon keresztül történik. A tengely az ülési munkából azt veszi át, ami az agy rugalmas deformációs munkafogyasztása után megmarad. A szívóssági munka

$$A = C_1 P \cdot l = \frac{C_2 K \sigma_i^2}{E}$$

Ugyanakkora feszültség esetén a méretek változatlansága mellett

$$A = \frac{C_3}{E}$$

Minél kisebb tehát a rugalmassági tényező, annál nagyobb a felvett rugalmas munka. Az alumínium rugalmassági tényezője kb. egyharmada az acélénak. Így az alumíniumkeréktárcsa a sínütésekből származó munka túlnyomó részét átveszi és ezáltal a tengelyt kíméli.

Erre utalnak egyébként az IV. és V. táblázatok is, melyekből láthatjuk, hogy a könnyűfémkeréktárcsa a rugalmas deformáció 88–91%-át veszi fel és a tengelynek csak 9–12%-ot továbbít, míg az acélöntésű tárcsa a munkából csak 73–79,5%-ot vesz fel és 20,5–27%-ot kell a tengelynek viselnie. Bár tudatában vagyunk annak, hogy ezek a számértékek nem abszolút érvényűek, mégis a nagyságrend meggyőző erővel mutat arra, hogy az alumínium-ötvözetű keréktárcsa a tengelyt a kezdeti és a későbbi rugalmas deformáció munkája alól tehermentesíti.

A fentiek alapján összefoglalásként megállapítható, hogy a könnyűfémkeréktárcsában a kisebb rugalmassági tényező miatt sokkal nagyobb deformáció létesül, mint amilyen az acéltárcsában keletkezne és így a rugalmas munkafelvétel nagyobb. A szilárd illeszkedési kötés elérésére természetesen nagyobb tülfedés szükséges, ami ugyan nagyobb felsajtoló erőt (munkát) igényel, mégis az alumínium-ötvözetből készült tárcsa nagy rugalmas munkafelvétőképessége révén a tengelyre kevesebb munkafelvétési kényszer hárul és így a tengelyt felesleges kezdő igénybevétel alól van módunkban mentesíteni. A közölt deformációs viszonyszámok mutatják ennek a megállapításnak helyességét. De ez a tehermentesítő szerep az üzemben fellépő erőhatások okozta igénybevételek esetén is fennáll, s így a tengely kímélése fokozottabb mértékben történik meg. Ennek következtében vagy a tengely mérete csökkenthető vagy a tengely élettartama növelhető.

Lényegében ugyanez vonatkozik a kerékabroncsra is, melyben még nagy zsugormérték alkalmazása esetén is alig félakkora kezdeti feszültség keletkezik, mint acéltárcsa esetén. Ha pedig az ennél szokásos zsugormértéket vesszük, a kezdeti feszültség csak egyharmad értéket ér el.

Kétségtől számolnunk kell az alumínium-ötvözetek kisebb kifáradási határával és a korrózióra való hajlamosságával, de ezeknek a hátrányos sajátosságoknak káros befolyását csak az üzemben szerzendő tapasztalat fogja megvilágítani. Fokozza ezt a gondot a nagy túlfedések alkalmazása, de efelől nyugodtan állapíthatjuk meg, hogy ennek ellenére a feszültség a »folyási határ« ($\sigma_{0,2}$) értékének fele alatt marad. A nagy túlméretre viszont a vasútüzem biztonsága érdekében szükség van. Egyébként az üzemben szerzendő tapasztalat fog választ adni arra a kérdésre, hogy milyen fokú túlfedés szükséges feltétlenül.

Az elvégzett kísérletek és a tényleges üzemi próbák jelentős kérdéseket tisztáznak és a várható eredmények az alumínium-ötvözetből készült vasúti keréktárcsák alkalmazásának következő főbb előnyeit igazolják:

1. A vasúti kocsik önsúlya csökken.
2. A rúgózatlan tömegek csökkenése a pálya állapota, a kocsí járására kedvező hatású.
3. A nagy rugalmas munkafellevőképessége révén a tengelyt kíméli épügy a felsajtólásból eredő állandó, mint az üzemközben fellépő erőhatások (igénybevételek) szempontjából.
4. Az acél felhasználását ennél az alkatrésznél feleslegessé teszi, illetve azt más célra felszabadítja, és pedig gazdaságossági szempontból is kedvező módon.

A mélyhűtési kísérletek a fent közöltek alapján azt az eredményt adták, hogy ez az összeerősítési eljárás sikeresen alkalmazható ott, ahol a belső géprész készül alumíniumból vagy könnyűfémből és ahol a feszes illeszkedés révén akarunk szilárd kötést elérni. Ebben az esetben ugyanis a nagyszilárdságú alumínium-ötvözet káros felmelegedése kiküszöbölhető és így a nemesített anyag kilágyulása elkerülhető.

*

A szóbanforgó négy alumínium-ötvözetű keréktárcsa kerékpárokká összeszerelve a Fővárosi Villamos Vasutak egyik pótkocsijában 1951. január óta állandóan üzemben van s az üzemeltetést kifogástalanul végzi havi 6000–7000 km-t téve meg.

A keréktárcsákat, az abroncsokat, tengelyeket a Fővárosi Villamos Vasutak Főműhelyében munkálták meg, a melegen való abroncsosítás és a tengelyre való felsajtolás a MÁVAG Mozdony- és Gépgyárban történt, a többi kísérletet az Alumínium- (most Fémipari) Kutató Intézetben végeztük el. Az ismertetett kísérletek kivételében Benkő Andor, Gáthy Barnabás és Vassel K. Róbert okl. gépészmérnökök, a Kutató Intézet dolgozói működtek közre.

VASÚTI KERÉKTÁRCSA ALUMINIUMÖTVÖZETBŐL ÉS A VELE KAPCSOLATOS MÉLYHŰTÉSI KISÉRLETEK.

A vasúti járóművek súlycsökkentésénél az alumíniumnak és ötvözeteknek a futó- és hordmúnél való alkalmazása jelentős súlymegtakarítást ad, ezenkívül csökkentve a rúgózatlan tömegeket, a pályát is kíméli. Abroncsos kerék tárcsájának könnyűfémből való készítése gazdaságossági szempontból is helyes. A keréktárcsa erőátvivő szerepe. A tárcsa anyaga egy különleges öntés után kovácsolással sajtolt, nemesített alumínium-ötvözet, melynek szakítószilárdsága kb. 45 kg/mm².

A kerékabroncsokat a tárcsákon egyrészt a szokásos melegen való felhúzással, másrészt mélyhűtéssel illesztettük fel. Ez utóbbi cseppfolyós levegővel történt, amit az Alumínium- (most Fémipari) Kutató Intézetben végzett kiterjedt kísérletek előztek meg. A tárcsákat a tengelyekre hidegen való felsajtolással erősítettük fel. Az alumínium-ötvözetek kis rugalmassági tényezője miatt a tárcsa a túlfedéstől származó rugalmas deformáció (és munka) nagyobb részét veszi át — s így az abroncsban és a tengelyben kisebb feszültségek keletkeznek, mint az acélöntésű tárcsa alkalmazása esetén —, ezáltal a tengelyt kíméli. Ennek ellenére a kötés megbízható és erős. — Négy alumínium-ötvözetű keréktárcsa a F. V. V.-nél próbaüzemben van.

Bauxitok nedves őrléssel való feldolgozása

MÁRIÁSSY MIHÁLY

(Előadás a szakmai kollégium március 29-iki ülésén)

Обработка боксита с применением влажного дробления.

Grinding of bauxite in presence of water.

Aufbereitung der Bauxiten durch Nassmahlen.

1. Mindnyájunk előtt ismeretes az, hogy hazai üzeinkben kétféle bauxit típus kerül feldolgozásra. Ezek a típusok egymástól főleg abban különböznek,

hogy bennük az Al vegyület különböző hidratációs fokban van jelen. Az alumíniumoxid-hidrátok kristálytani módosulatuk és hidratációs fokuk szerint különbözőképpen viselkednek a Bayer-féle timföldgyártási eljárás során, különösen pedig a lugoldatokkal való feltárás folyamán.

A legfontosabb módosulatok és azoknak jellemzői, valamint viselkedésük a következő:

Böhmít: $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$ 15% kötött víztartalommal. Tartalmazzák azok a bauxitjaink, amelyeknek kötött víztartalma 12–13% körül van. Ez a vegyület lúgoldatokban aránylag könnyen feltárható, szemben a teljesen azonos összetételt mutató

diaszpórral, amelynek rombos kristályait már csak nagyobb feltárási hőfoknál lehet kellő nyeredéssel alumínát alakjában oldatba vinni.

A következő fontos módosulat a **hidrargillit**, vagy gibbsit, $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ összetétellel, 34,54% elméleti kötött víz tartalommal. A hidrargillit a monoklin rendszerben kristályosodik. A hidrargillites bauxitok izz. vesztesége általában 25% körül mozog, mert az egyéb alkotórészek a kötött víztartalom %-os értékét viszonylagosan leszorítják.

Az alumíniumoxidnak alfa- és gammakorund módosulatai közül a gamma módosulat nyomás alkalmazása mellett a lúgban feltárható, míg az alfa módosulat nem táródik fel. A gamma módosulat, amelyik a szabályos kristály rendszerben kristályosodik, a természetben nem fordul elő, azonban a hidrargillit előkalcinálásánál 500–900° C-on ebből keletkezik.

Az önálló kristályrácsszerkezettel rendelkező alumíniumoxid hidrátok fentiek szerint két poliform sorba sorolhatók:

	Alfa-sor	Gamma-sor
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$	hiányzik	hidrargillit
$\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$	diaszpór	böhmít
Al_2O_3	alfakorund	gammakorund

A bauxitok előkalcinálásánál ezek a módosulatok egymásba átmehetnek, mégpedig: a hidrargillit víztelenítésénél 250° C-on böhmít, 500–900° C-on gammakorund keletkezik. Ez az átalakulás 1200° C-nál befejeződik.

A diaszpór víztelenítésénél 500° C-on alfa-korund, a böhmít víztelenítésénél pedig először gammakorund, majd magasabb hőfoknál alfa-korund képződik.

A fenti típusok határeseteket jelentenek, többek között az azoknál mindig kevert típusokkal van dolgunk. A felsorolás nem teljes, így például lúgoldatokból először az előbbiektől különböző bayerit nevű módosulat válik ki és ez fokozatosan alakul át az állandóbb hidrargillittá.

A bauxitban jelenlévő módosulatok minőségére és azoknak egymásba való átalakulására a bauxitok röntgen-vizsgálata vet legjobban fényt. Erre nézve irodalmi adatok találhatóak Bjelajev könyvében, de a Műszaki Egyetem kémiai fizikai intézetének is van erről értékes tanulmánya.

Bármilyen típusú bauxitot dolgozzunk is fel, a feltárási folyamatnál lényegében a következő folyamatok játszódnak le az Al-oxid hidrátokkal:

1. Az Al-oxid hidrátok hidratációja a gamma sorban a hidrargillit fázis irányában, az alfa sorban pedig az alfa-korund és a diaszpór közé eső átmeneti fokig.

2. A hidratizált oxidok komplexvegyület formájában a lúgoldatban oldódnak. Ezekben a komplex

vegyületekben az Al-atom koordinatív mindig 4 értékű.

Óvatosan vezetett kísérletek mellett a hidratáció foka a feltárási folyamán nyomon követhető. Egy böhmít típusú bauxitot vizsgáltunk ebből a szempontból, s azt találtuk, hogy az Al_2O_3 : kötött víz arány az eredeti 1 : 1,24-ről fokozatosan 1 : 1,52-ig emelkedett, ennél nagyobb hidratációs fokot a második vegyefolyamat, vagyis a feltárási rohamos megindulása miatt a viszonyok elmosódottsága következtében észlelni nem tudtunk. E kísérletek eredményei mindazonáltal röntgen diagrammokkal ellenőrzendők volnának, amire esetleg egy később időpontban további kutatási terveinkkel kapcsolatban módunk lesz.

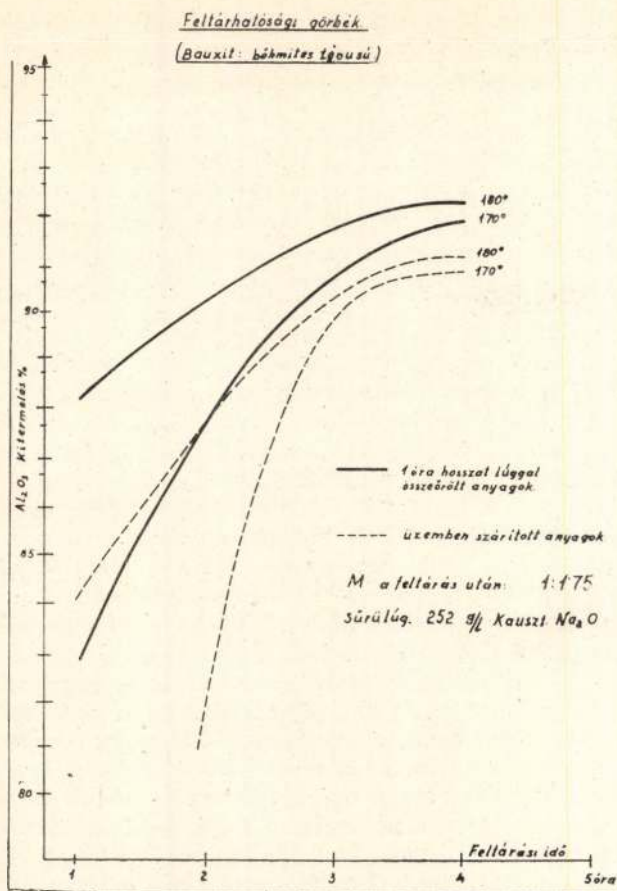
Egy bauxit használhatóságát végső fokon mindig az dönti el, hogy milyen annak a feltárási nyeredéke, vagyis milyen mértékben tudjuk belőle a timföldet kinyerni. Ennek vizsgálata régebben nagyobb forgó és kívülről gázzal fűtött autoklávokban folyt le, a módszer jó is volt arra, hogy durva közelítő eredményeket adjon.

Ezek a durva eredmények azonban ma már nem elégitik ki timföldgyárainkat, amelyek a feltárási nyeredéknek tízed százalékokkal való emelkedéséért harcolnak. Ezért finomabb laboratóriumi módszereket kellett keresni. Így készítettük el először üzemünkben az olajfürdőben forgó autokláv sorokat expanziós lehetőséggel, mely apparatúránkat azután az Al. Kut. Intézet is átvett és szabvány vizsgálati módszerre konstruáltatott át. Egy ilyen 12 db-ból álló közös tengelyre szerelt autokláv sor az összehasonlíthatóságot a feltárási körülményeknek igen csekély mértékben való változtatása mellett is biztosítja, feltéve, ha kellő pontosságú elemzési módszereket alkalmazunk. Így meglehetősen objektív vizsgálati módszer volt a kezünkben, melynek segítségével a különböző bauxitok vizsgálata során igen érdekes megfigyelésekre és eredményekre lehetett jutni.

Ezekkel a kis bombasorokkal vettük fel a koncentráció hőfok nyomás feltárási idő viszonyai nyeredék görbéket, amelyek az üzemünkben használatos bauxit-féleségekre kidolgozottak és a timföldgyártási műszaki előírás, vagyis a gyártási technológia egyik alapján képezik.

Ebben a feltárási készülékben tettük azt az érdekes megfigyelést is, hogy a feltárási görbék bizonyos körülmények között szokatlan maximumokat mutatnak. Az irodalomban ilyen eset leírásával sehol sem találkoztunk és éppen ezért a jelenségeknek különös figyelmet szenteltünk. Vizsgálatra került egy bauxit típus, amely mindenben teljesen azonos feltételek mellett hosszabb ideig való feltárásiánál rendszeresen alacsonyabb nyeredéket eredményezett, mint rövidebb idő alatt. Ennek okát vizsgálva megállapítottuk, hogy itt a SiO_2 vagy a TiO_2 különböző kristálytani módosulatai szerint a lúggal való lassú vegyefolyamat előrehaladása, tehát a folyamat sebességátvitelére észlelhető. Erre a kovásv: lúgvesztés arányából lehetett következtetni.

Ugyancsak fenti jelenséget észleltük egy sok karbonátot tartalmazó bauxitnál is, ahol viszont a



1. ábra

karbonát-ion oldhatósági viszonyai olyanok, hogy a lug elszódásodik és így a kausztikus molviszony a feltárási folyamán ennek következtében csökken. Ily módon a heterogén folyamat lassú előrehaladása miatt a csökkenő molviszony miatt romlott a feltárási nyeredék.

Az előadottakból látható, hogy minden bauxitnál külön-külön meg kell vizsgálni a körülményeket, amelyeknél optimális feltárási nyeredékhez juthatunk. Az ilyen vizsgálatok mindig azzal kezdődnek, hogy a szárítás vagy elpörkölés hőfok-optimumát megállapítjuk mindenben azonos körülmények között vezetett feltárási kísérletekkel.

Ezután következik az optimális előkészített érc legkedvezőbb feltárási viszonyainak tisztázása, főleg a szükséges feltárási hőfok és idő megállapítása. Ha ezek a kísérletek eredményesen lezárultak, akkor most már ilyen feltárási viszonyok mellett ismét megnézzük az előkészítés hatását, mindenkor a nyeredéket határozva meg a feltárt iszap összetételéből.

A bauxitok előkészítése nem feltétlenül történik szárítással, vagy pörköléssel, annál kevésbé mert ezek az eljárások jelentős kalória-fogyasztással járnak, különösen ha pörkölésről van szó. Egy jól dolgozó, körülbelül 20 m hosszú forgó kemencében a bauxitnak csak a kiszárítása tonnánként 150 kg 3600 cal-ás szenet igényel. Ennél olcsóbb dolog és egyéb előnyökkel is jár, ezért egyre szélesebb körben alkalmazzák a nedvesörlési bauxit előkészítő eljárásokat.

Ezeknek lényege az, hogy a bauxitot számított mennyiségű forró marónátron oldattal összeőrlik és a nyert zagyot osztályozzák. Az így előkészített anyag kerül azután az autoklávba. Ez az eljárás rendkívül gazdaságosnak látszott, ezért részben a gazdaságosság megállapítására, részben pedig a különböző oldalról felmerült aggályok jogosságának tisztázására több kísérlet sorozatot végeztünk el a kérdéssel kapcsolatban.

Kísérleteinket részben egy kis görgős malomban (Retschmalom) végeztük, részben pedig egy nagyobb golyósmalomban. A malomba számított mennyiségű lugoldatot és bauxitot adagoltunk és körülbelül 90° C hőmérsékleten az órleést elvégeztük. A hőfok állandóságát külső gázfűtéssel biztosítottuk. Az órleési időt úgy állítottuk be, hogy az anyag a MNOSz 695—0,09-es szítán teljesen átfolyjon. Így biztosítottuk a szárított bauxittal azonos szemcse-nagyságot, amelyet összehasonlító kísérleteinknél alkalmaztunk. A bauxit egy másik részét minden kísérletünkönél rendes üzemi körülmények mellett történő szárítás után adtuk be egy másik kísérleti autoklávba és feltárási után a nyeredék különbségeket vizsgáltuk különböző viszonyok mellett. Azt találtuk, hogy a nedvesen örölt anyag Al_2O_3 tartalma minden esetben néhány %-kal jobban kioldható. A vizsgált bauxit, szárítás után 91%-os feltárhatalóságot mutatott, míg ugyan az a bauxit nedvesen örölt körülbelül 92% kihozattal volt feldolgozható. A 90— és 100° C között nedvesen örölt anyag eleinte aránylag csak csekély mértékben tárolódik fel, azonban a böhmit hidratálódásának előrehaladtával, az órleés második és harmadik órájában már a feltárodás is jelentős.

1 órás órleés után az $Al_2O_3 : H_2O$ arány az eredeti 1 : 1,21-ről 1 : 1,32-re emelkedett és 12%-os feltárási volt megfigyelhető. 2 órás órleés után a fenti arány 1 : 1,42-re emelkedett, vagyis nagyfokú hidratáció játszódott le. Az Al_2O_3 -nak körülbelül 33%-a egyidejűleg oldatba is ment. Így már hosszú ideig tartó előkészítés során az anyagot részben sikerült alacsony hőfokon feltárni.

Ennek a részleges hidratációnak, illetve előzetes feltárodásnak az az eredménye, hogy a feltárási idő jelentősen megrövidülhet, illetőleg azonos ideig tartó feltárási esetén nyeredék javulás mutatkozik. A feltárási vegyefolyamatának mechanizmusa u. is annál gyorsabban végbemegy, minél nagyobb az Al_2O_3 hidratációs foka. A kísérletek eredményével egyezik az a tapasztalati tény is, hogy a hidrargillit kristályrácsát már viszonylag sokkal alacsonyabb hőfokon meg lehet bontani, vagyis a feltárási alacsonyabb hőmérséklet mellett is megtörténik. Ezzel magyarázható a 33%-os előfeltárási nyeredék a feldolgozott böhmites típusú bauxitnál.

A nedves órleéssel tehát igen finom és 6000 fordulatú centrifugával nehezen szétválasztható zagyot kapunk, amely a bauxittal bevitt Al_2O_3 -t már részben a trihidrát állapotig hidratált formában tartalmazza, illetőleg az Al_2O_3 egy része hosszabb órleés esetén már az oldatba kerül. Mind a két jelenség azzal a következménnyel jár, hogy a feltárási idő csökkentése esetén is jó eredményeket kapunk, tehát megtakarítást érhetünk el az autokávok térfogatában. Hogy megállapítsuk ennek mértékét, a

nedves őrléssel kapott zagyot feltárási kísérleteknek vetettük alá és egyébként mindenben azonos körülmények között felvettük a feltárási időnyeredék görbéket.

Összehasonlításképpen szárítással előkészített bauxitot is tártunk fel ugyanabban az olajfürdőben. Arra az eredményre jutottunk, hogy a nedvesen őrlött anyagok lényegesen rövidebb idő alatt tárhatók fel. Az ezáltal elérhető autokláv térfogat-megtakarítás mintegy 20–25%-os, ha a nedves őrlés időtartama kellően hosszú volt. A nedvesen őrlött anyagok 2 óra alatt jobb feltárást mutattak, mint az azonos összetételű szárított bauxitok 3 órás feltárással mellett.

Az eredményeket diagrammba foglaltuk és ebből látható, hogy a vizsgált bauxit 180° C feltárási hőmérsékletnél 3 óra alatt 91%-os feltárási arányt ad, ha az előkészítés 130° C-ig terjedő szárítással történt, ugyanakkor nedves őrléssel előkészített anyagok a 91%-os feltárást már 2 óra alatt elérték, a következő órában pedig ezt mintegy 1%-kal túlhaladták. Az eljárás gazdaságossága tehát itt két tényezőben jelentkezik:

1. a bauxitkincs gazdaságosabb kihasználásában,
2. hőenergia megtakarításban.

A nedves őrlési eljárás hátrányának látszott az, hogy az eljárással a bauxit összes szervesanyag tartalma a lúgoldatba kerülhet. Ezáltal várható volt a szerves anyagok mennyiségének szaporodása a timföldgyári körfolyamatban. Mielőtt ennek a kérdésnek a bővebb tárgyalásába és a kísérleti eredmények ismertetésébe kezdenénk, ismerkedjünk meg röviden a bauxitban lévő szerves anyagok természetével és ezeknek az anyagoknak a kikeverésre gyakorolt hatásával.

A nyirádi bauxitban a szerves anyag tartalom szénre számítottan 0,025 és 0,10% C között ingadozik. Ennek a széntartalomnak körülbelül 60%-a a vörösiszappal együtt a rendszerből eltávozik, körülbelül 40%-a lúgoldatba kerül. A lúgba jutott szerves anyag 0,60 g/100 g Na₂O koncentrációnak megfelelő egyensúlyi helyzet körüli értéket mutat és ha mennyisége ennél nagyobbra szaporodna, akkor a lúgsóban vagy vanádiumiszapban dúsul és ily módon kiválik. Az elterjedt véleménnyel teljesen ellentétben a hidráttal igen csekély szervesanyag mennyiség távozik el. A hidrát szervesanyag tartalma 0,01% alatt szokott lenni, míg a vanádiumiszapban észleléseink szerint 1%-ot meghaladó értékeket is elér. A lúgsó szervesanyagtartalma, valamint vanádiumtartalma között bizonyos, még nem egészen tisztázott összefüggés áll fenn. Valószínűleg heteropolisavas sók keletkeznek szerves szubsztitúciókkal, vagy pedig az ismeretes hexakarbamidóvanadátok, illetve trioxalatóvanadátokhoz hasonló képződmények épülnek fel. Hasonló vegyületek a foszfor kémiájából is ismeretesek. A vanádiumnál pedig ismeretes délamerikai petrolkoks bázisú nagy vanádiumtartalmú anódmasszák problémája.

A nyirádi bauxit szervesanyagának jelentős része rezinbázisúnak látszik, legalábbis a frakcionált extrahálás ilyen vegyületek izolálását teszi a legkönnyebben lehetővé. A bauxitból éterrel erősen gyantaszagú, viasztapintású anyag vonható ki. Az ezt

követő alkoholos stb. extrahálás ezután még különböző magasabb lágyuláspontú viaszfeleségeket, majd egy szagtalan, merev, törekeny anyagot von ki. A lúgoldatok habzását is gyantasavas szappanok hatásának kell betudnunk. Ezeknek az anyagoknak az elementáranalizise sajnos ezidőszerint még nem áll rendelkezésre. Ugyancsak hiányoznak még azok a kísérletek is, amelyek megállapítanák ezeknek a frakcióknak a lúgban való oldhatóságát, illetve azt, hogy a lúgos feltárási folyamán milyen anyagokká alakulnak át.

Ezeknek a szerves anyagoknak a kikeverésre gyakorolt hatása egymástól merőben különböző. Erre a lúgban oldott szerves anyagoknak ózonnal való roncsolásával lehet frappánsan rámutatni. Lúgos közegben ezek a vegyületek meglehetősen állandók, az ózonos roncsolás is csak lassan halad előre és 0,10 g/l C alá csökkenteni a szervesanyag tartalmát alig lehet. A lúg koncentrációja, hőfoka, valamint az ózon töménysége szerint a lebontásnál a legkülönbözőbb termékeket kaphatjuk és például olyan vegyületekhez is juthatunk, amelyeknél másodlagos alkoholos hidroxilgyök jelenléte kétségtelen. Kimutatható, hogy ha a lebontás, vagy az ezzel párhuzamosan haladó hidrolízis ilyen vegyületeket eredményez, akkor a kikeverésre gyakorolt gátló hatás annak ellenére növekszik, hogy a lúg-oldat szervesanyag tartalma g/l-ben csökkent. Ezt saját kikeverési kísérleteim alapján bebizonyítottam tekintem.

A fenti eredmények ismeretében, tehát a nedvesőrléssel kapcsolatos bauxit feldolgozásnál el kellett döntenünk az alábbi problémákat is:

1. több szervesanyag jut-e oldatba?

2. nem kerülnek-e be az oldatba olyan szervesanyagok, amelyeknek a kikeverését gátló hatása jelentősen nagyobb, mint a szárított bauxitokból kioldódó szerves anyagé?

E kérdések eldöntésére is több kísérletsorozatot végeztünk. A kísérletek egy részét félüzemi méretben csináltuk a rendelkezésre álló nagyobb golyósmalomban, majd 50 literes kísérleti feltárást végeztünk és az így nyert alumínátlúgot 15 literes tételekben, közös termosztátban olyan üzemi alumínátlúggal kevertük ki, amelyet szárított bauxit feltárásból nyertünk. A kikeverési kísérletek nem mutattak jelentős különbséget egyik anyag javára sem. A nedves őrléssel előkészített anyag lúgban a szervesanyag tartalom csak jelentéktelen mértékben volt nagyobb, mint az üzemi lúgokban. Ezt az a tény is alátámasztja, hogy a bauxitok szervesanyag tartalma 160° C-ig terjedő szárításnál csak igen csekély hányadban ég ki. Az Ajkán uralkodó üzemi viszonyok között gyakorlatilag nem is emelkedik soha magasabbra a forgókemence hőfoka, legalábbis a bauxit rögök belsejében nem. Fentiek alapján ezek a kérdések is eldöntöttnek látszanak és megállapítható, hogy a kikeverést jelentős mértékben gátló hatással számolnunk nem kell, ha az anyag előkészítése nedves őrléssel történik.

Még egy dolog volt, ami aggodalomra adott okot, ez pedig a *vörösiszapok ülepíthetőségének* a kérdése. Különösen tartósabb őrlés esetén a nedvesen őrlött bauxit igen finom eloszlásban van jelen a sűrű lúgban. A feltárt anyagok maradéka azonban ér-

dekes módon minden esetben valamivel jobban ülepszik, mint a szárítással előkészített bauxit iszapja. Igyekeztünk erre a jelenségre is magyarázatot keresni és azt hisszük, ennek az az oka, hogy a rövidebb feltárási idő miatt a Na-ferrit képződés, illetőleg higitásnál az ezt követő vashidroxid kiválás az utóbbi esetben kisebb mértékű. Ez a feltevés mindenesetre még megerősítésre szorul.

Az előbbieken alapján látható, hogy a nedves bauxit előkészítésnek jelentős előnyei vannak, a felvetett aggodalmak pedig eloszlottak azokon a pontokon, ahol az eljárás ismeretében szükség-szerűen felmerülhettek. Ezekután rátérhetünk az üzemi megvalósítás kérdésének tárgyalására, illetve rá akarok mutatni a követendő üzemi technológia útjaira. Ebben a részben ismertetem azt az anyagot is, amit tapasztalatcsere útján az egyik Almásfűzítőn dolgozó szovjet mérnöktől (Pjuskin) kaptam.

A nedves őrlés általában golyósmalmokban történik, melyek zárt körben dolgoznak az osztályozókkal. Az osztályozó működési elve ugyanaz, mint a timföldiparban ismeretes hidroszeparátoré, vagyis az áramlási sebesség és az ülepedési sebesség közötti különbséget használja fel a különböző nagyságú szemcsék elválasztására. Egy hasonló osztályozóval, szovjet tapasztalatok szerint, minőségi elválasztás, illetőleg az úgynevezett Dorr-homoknak előre való kiválasztása is elvégezhető.

Az üzem beállítása, a tapasztalat átadó szerint, mérlegekkel történik, a lúgot térfogatra, a bauxitot súlyra méri be, bizonyos időközökben megfelelő mennyiségeket adnak be kis részletekben. A lúgkoncentráció: kausztikus Na_2O , 270 g/l, valamivel töményebb a nálunk szokásosnál, ami érthető is, mert a lúg a bauxit nedvesség tartalma által felhígul. Az őrlés 0,015 mm szemcsenagyságig történik. A zagy hőmérséklet körülbelül 90°C . A tapasztalat átadó szerint a használt bauxit diaszpór típusú, 52% Al_2O_3 -al 24%, vasoxiddal és 13% kötött víztartalommal. A bauxit 0,3–0,5% P_2O_5 mellett vanádiumot csak nyomokban tartalmaz, króm- és szulfátmentes. 1,5–2 kg/t lisztnek, mint ülepítőanyagnak alkalmazásával az üzem 0,19 m^2/t timf./óra Dorr ülepítő felülettel dolgozik, tehát igen jó ülepedést ér el. Az üzem lugjában a szervesanyag tartalom az összes Na_2O 0,8%-ának megfelelő oxigén fogyasztással egyenértékű, tehát körülbelül az általam említett 0,60 g/100 g-os egyensúlyi érték körül mozog. Ennek ellenére 5 nap alatt 50 %-os kikeverést érnek el a magyarországi üzemekkel, egyébként mindenben azonos feltételek mellett és így 3,85-ös kausztikus mólviszonyt érnek el a kikeverés végén.

A nedves őrlésnek az előzőekben vázolt technológiájával aránylag nagy egyenletességgel és pontossággal lehet az üzemet vezetni és a feltárási utáni mólviszonyok kívánság szerinti igen pontos beállítása érhető el.

A szovjet tapasztalatok ezzel a diaszpóros bauxittal egyébként nem mindenben azonosak a mi böhmites bauxittal végzett kísérleti eredményeinkkel. Igy nálunk az őrlés során előzetes feltárodás a legcsekélyebb mértékben sem megy végbe. Hidratációt ők is feltételeznek, azonban a nálunk tapasztaltaknál kisebb mértékűt. Annak okait, hogy az

eljárást ezek ellenére előszeretettel alkalmazzák, az eljárásnak gazdasági vonatkozásaiban kell keresni, melyeket a következőkben fogok ismertetni:

Induljunk ki 1 t timföld gyártásánál 2,56 t nedves bauxitból, amely átlagosan 17% bányanedvességgel érkezik az üzembe. Ezt a bauxitot kiszáritják 0,4% nedvességtartalomig. 1 t bauxit kiszáritásánál tehát 166 kg vizet távolítunk el gőz formájában, illetőleg 2,2 t száraz bauxitból gyártunk 1 t timföldet. Így 1 t timföld gyártásánál 350 kg vizet párolunk el. Ehhez szükséges $350 \times 585 \text{ kal} = 206.000 \text{ kal}$.

Ha a szárítást 1300 kalóriás generátorgázzal végezzük, akkor a gázszükséglet 158 m^3 lesz 1 t timföldre. Az ajkai szén kigázosítása 2,2 m^3/kg , melegfajtóképessége 3600 kal, a gázgenerátorok hatásfoka 77% körül mozog, a szén ára: 10,50 Ft. A szén szükséglet fentiekből kiszámíthatóan 72 kg volna, melynek értéke: 7,55 Ft. Figyelembe véve, hogy a szárítás forgókemencében történik, melynek kalórikus hatásfoka a legjobb esetben is 30% körül van, akkor ez az összeg, amit a szénre kell elkölteni, 25.—Ft. körüli értékre emelkedik. Ez meg is felel a tapasztalatnak, mely szerint 1 t timföld gyártásánál $240 \times 250 \text{ kg}$ szénnél kevesebb nem lehet a szárításnál kijönni.

Ezekhez a költségekhez járul a szárítóüzemrészt fenntartásának minden költsége, ami a sok mozgó alkatrész és a kopások miatt igen jelentős: könyvelési adatok szerint csak a karbantartási anyag és munkabér egy szárító forgókemence fenntartására és a kiszolgáló berendezések jókarban tartására 5,30 Ft/t termelt timföld.

Nézzük most meg, mi a helyzet, ha a bauxitot nedvesen dolgozzuk fel, viszont az autokláv kapacitás teljes kihasználása céljából a bekeveréshez annnyival töményebb lúgot főzünk, hogy a bauxit nedvesség tartalma által felhígultan a bekeverőlúg töménysége ugyanaz maradjon, mint amilyenre az üzemet a száraz előkészítés és eljárásnál beállítottuk.

Ha üzemstatistikai adatok alapján felvesszük, hogy a bekeverő lúg 244 g/l kausztikus Na_2O és 104 g/l Al_2O_3 tartalmú, akkor 56% Al_2O_3 -ot tartalmazó száraz bauxitból a lúg minden köbméterébe bekeverhető: 0,214 t. Ez megfelel 0,25 t nedves bauxitnak. 1 m^3 lúg bekeverésénél tehát 36 kg vízzel kell többet elpárologtatni a sűrűlúgból. Ezáltal a lúg töménysége 249 g/l-re emelkedik.

Fenti viszonyok mellett 1 t timföld termelésénél $9,8 \text{ m}^3$ sűrűlúgot használunk el bekeverésre. Ebből a víz többletelpárolás: 350 kg. Ilyen nagy koncentrációnál az elpárologtatási viszonyok már olyan kedvezőtlenek, hogy 1 t gőzzel 4 lépcsős bepárlórendszer alkalmazása mellett is már csak 2 t víz elpárologtatásával számolhatunk. 350 kg víz-többlet elpárolásához tehát mintegy 175 kg gőz szükséges, aminek egységára ajkai viszonylatban 15,90 Ft/t, tehát a költségtöbblet 1 t timföld gyártásánál 2,81 Ft. Láthatjuk tehát, hogy a víznek a lúgsűrítőben való elpárologtatása lényegesen gazdaságosabb, mint annak a rossz kalórikus hatásfokkal dolgozó forgókemencében való elűzése. A nedves őrlési eljárás bevezetésével tehát a timföld önköltsége körülbelül 22 Ft-al csökken, ha feltesszük,

hogy a nedvesen őrölt üzemrész karbantartási költsége is olyan nagy, ami egyébként kizártnak látszik.

Ez a szám már önmagában beszél és döntő érvnek látszik a nedves őrlés bevezetése mellett. Így érdemesnek látszik régi üzemünkbe is az eljárást bevezetni, új üzem létesítésénél pedig hangsúlyozottan törekedni kell véleményem szerint erre.

A nedves őrölt üzemrész létesítésének beruházása sem nagyobb és használata még azzal az előnnyel is jár, hogy porvesztések gyakorlatilag nem lépnek fel, bár a munkafeltételek a lugoldatok alkalmazása miatt nem feltétlenül jobbak. Valószínű, hogy az üzemi karbantartás is jobban megoldható így és csökkennének azok a nehézségek is, amelyek a bauxitnak a téli időszakban való feldolgozásánál mindig fellépnek: az elevátorokba való befagyások stb. Valószínű, hogy az őrlési munkára fordítandó kilowattórák száma, amely azonban nem jelentős költségtényező, némileg emelkedik, ellenben elmarad a szárítókemencét forgató és annak összes kiszolgáló berendezését működtető motorok fogyasztása, úgyhogy a mérleg itt sem lesz kedvezőtlen.

A nedves őrlés bevezetését Magyarországon is már többen szorgalmazták és nyilván a tőkeszegénység miatt nem került rá sor a háború előtt és alatt. Az is lehet, hogy a tapasztalatok hiányoztak, hiszen nem ismerhették a szovjet technikát. Ilyen tárgyú magyar szabadalmak közül a dr. Steiner-féléről kell megemlékezni, amely a kérdést az előadottakhoz hasonló elven, azonban más üzemi technológia alkalmazásával kívánja megoldani.

Ennek az eljárásnak gépi szempontból az a lényege, hogy az őrlést nem golyósmalomban végzi, hanem egy nehéz keverővel ellátott tartályban. A keverő különleges kiképzésű. A részletekre vonatkozólag utalok az eredeti munkára.

A fentiekben lehetett röviden összefoglalni a nedves őrléssel összefüggő kérdéstömeg anyagát, melyet részben a MASZOBAL ajkai laboratóriumában végzett saját kísérleteim eredményei, részben a szovjet szakemberektől tapasztalatcsere útján szerzett ismeretek közreadásával kívántam megvilágítani. Remélem, hogy ez a beszámoló is egy téglát fog jelenteni annak az épületnek a falában, amelyet építeni mindnyájunknak legfőbb törekvése: a boldog, erős szocialista Magyarországot.

Könnyűfém tuskóöntődék korszerű berendezései

DENIFLEE SÁNDOR

(Folytatás)

621.74:658.22:679.71.

Lényeges szempont, amelyet az öntésnél szem előtt kell tartani, az, hogy az öntés lehetőleg kis hőfokon, a szolidus felett 10–15°-kal történjék, ahol az alumínium még jó folyékony. A nagy öntési hőfok u. i. elősegíti a durva kristályok képződését és növeli a folyékony alumíniumban oldott gázok mennyiségét. Érthető tehát, hogy az öntésre nézve előnyös, ha az alumínium a lehető legrövidebb úton jut a kokillába, vagy az öntőgéphez, mert így az olvasztókemencében kisebb hőmérsékleten kell az alumíniumfurdót tartani.

Az öntésnél döntően hatnak a tuskó hűlési viszonyai: éspedig a hűlés sebessége és iránya. Gyors lehűlés folytán u. i. finomabb lesz a tuskó szövete és nem keletkeznek káros kiválások. Ami pedig a hűlés irányát illeti, annak a tuskó tömörségére van befolyása. A kívülről a tuskó belseje felé irányuló lehűlés kedvez a lyukacsos szövet keletkezésének, míg az alulról felfelé történő hűlés folytán a gázoknak módjuk van kiszabadulni, s így a tuskó tömör lesz. Ez utóbbi hűlési folyamat esetében az ú. n. utánöntés, ami hosszadalmas és gondosan végrehajtandó művelet, teljesen elesik.

f) A folytatólagos öntés.

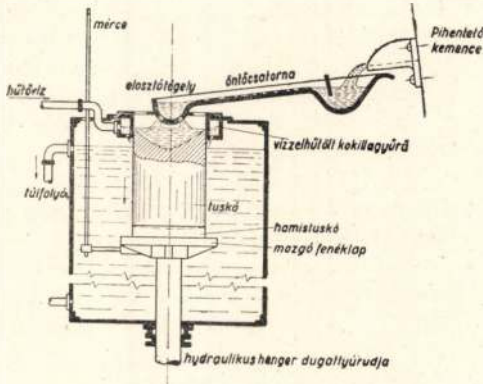
A kokillák nagy fejlődésen mentek keresztül, az első tömörfalú öntöttvaskokilláktól a vízköpenyes, s motorral vagy hidraulikával buktatható öntő-

gépbe helyezett kokillákig, amelyeknek legváltozatosabb fajtáit lehet a tuskóöntődékben látni. E fejlődési sorozat legutolsó s egyben legújabb tagja a folytatólagos s félig folytatólagos öntőberendezés. Ennél az eljárásnál kokillára tulajdonképpen nincs szükség és ezzel a berendezéssel, ill. eljárással az előbb felsorolt követelményeknek megfelelő tuskókat lehet a legkedvezőbb viszonyok között önteni. Ma már több folytatólagos és félig folytatólagos tuskóöntési eljárást és berendezést ismerünk, amelyek mindegyikének ismertetésére helyszűke miatt nem térek ki. A folytatólagos öntési berendezések közül a legkorszerűbb a *Junghans-Rossi*-féle, amelynél az öntés emeleten történik, az egyenesen lefelé süllyedő s már lehűlt tuskóból pedig a kohósinten elhelyezett ingafűrész tetszésszerűen hosszra beállított darabokat vág le. Ez az úgyszólván teljesen mechanizált berendezés azonban nagyon költséges, teljesítménye nagyon nagy, s csak ott gazdaságos, ahol egyfajta anyagból nagy mennyiségeket kell állandóan önteni, vagyis alumíniumkohókban vagy nagy alumíniumhengerművekben, s sajtolóüzemekben. Kisebb teljesítményekre nagyon beválk a félig folytatólagos eljárások közül a *Zunckel*-féle (37. ábra), amelynek berendezése nem drága, s amellyel kitűnő eredményeket lehet elérni.

Ez az öntőberendezés, amely eléggé elterjedt s amellyel hazánkban is találkozunk, a következőképpen működik.

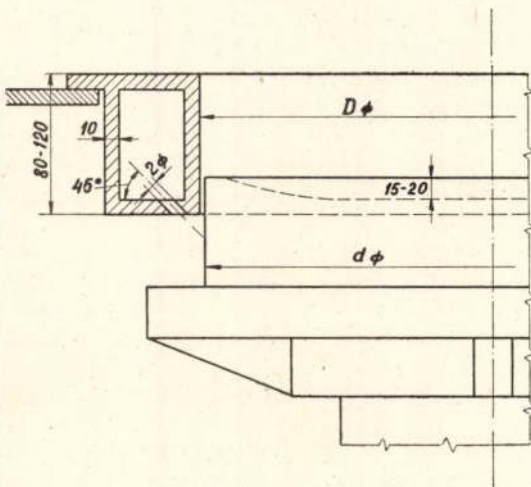
A megfelelő hőmérsékleten tartott alumínium

billenthető pihentető kemencéből nyitott, s villamos árammal vagy gázzal fűtött csatornán át a vízzel hűtött kokillagyűrű középvezetékében felette elhelyezett elosztótégelybe folyik, onnan pedig 4 vagy több sugárban az alacsony kokillagyűrűbe. A kokillagyűrű alumínium öntvényből készül, s furata símára megmunkált. Az öntés megkezdése előtt a kokillagyűrűnek alsó részébe néhány mm-nyire ú. n. hamis tuskót tolunk fel, amely a kokillagyűrű



37. ábra

lefelé mozgó fenéklapján foglal helyet, s amelyet, mint a 37. ábrából láthatjuk, hidraulikus henger dugattyúrudjával süllyesztünk, ill. emelünk. Ennek az egészen alacsony hamis tuskónak átmérője úgy méretezett, hogy, miként a 38. ábra feltünteti, könnyen, de azért majdnem szorosan a kokillába tudjon



38. ábra

csúszni. Így, ha $D < 300$ mm, akkor $d = 0,99D$ és ha $D > 300$ mm, akkor $d = 0,994D$.

Ezt a hamis tuskót célszerű dural tuskóból kiesztorgálni, 15–20 mm-es mélyedéssel.

Amint a kokillagyűrűbe befolyó alumínium elért egy bizonyos szintet, a kokillagyűrű mozgatható fenéklapját hidraulikus berendezés segítségével a befolyó fém mennyiségének, a tuskó átmérőjének s az ötvözetfajtának megfelelő sebességgel süllyesztetni kezdjük. Ezt a süllyedési sebességet úgy kell

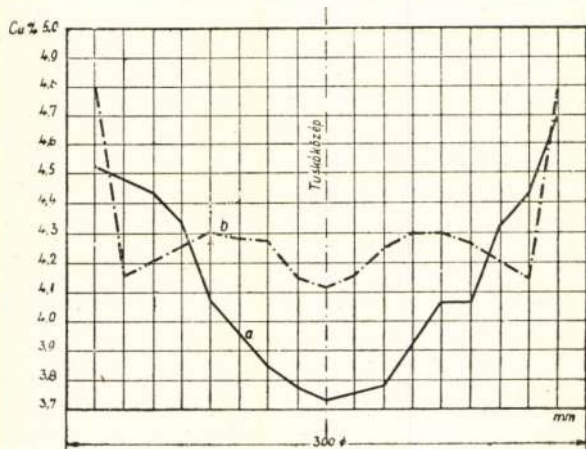
beállítani, hogy a kokillagyűrűben a folyékony fém szintje állandó maradjon. Ily módon az alsó, s már megmerevedett tuskórész állandóan, s egyenletesen vízzel telt aknába süllyed, alulról felfelé gyorsan hül, úgyhogy az akna mélységének megfelelő löszszúságú \emptyset , \square vagy \square szelvényű tuskó keletkezik. A tuskó hosszát, ill. a zárófenék állását mérce jelzi. Amint a 38. ábrában láthatjuk, a kokillagyűrű alsó részén körskörül 45° szög alatt, s egymástól kb. 10 mm távolságra 2 mm-es lyukak vannak, amelyekre a vízzel hűtött kokillagyűrűből a vízzel a gyűrűből kilépő tuskóra lesz fecskendezve. A berendezést tetszésszerű hosszúságú tuskókra lehet megépíteni, s lehet önteni egyetlen aknában 2–3 kokillagyűrűn át is.

Mivel az öntőcsatornát a pihentető kemence és a kokillagyűrű elosztótégelye között rövidre lehet méretezni, az alumínium rövid úton, vagyis gyorsan jut el az elosztótégelybe, s így a kokillagyűrűbe, úgyhogy az alumíniumot nem szükséges feleslegesen nagy hőmérsékleten tartani. Az öntés befejezése után az elosztótégely és a kokillagyűrű könnyen és gyorsan eltávolítható, s a tuskó az aknából daru segítségével egyszerűen kiemelhető. Ezután a kokillagyűrűt és az elosztótégelyt helyére visszahelyezzük, a mozgó fenéket felemeljük, s az öntést újból megkezdjük.

Az előbb vázolt félig folytatólagos, köznyelven vizes öntési eljárással eleget tudunk tenni azoknak a feltételeknek, amelyek betartásával a legkitűnőbb hengerlési és sajtolási tuskókat önthetjük. Ezzel az eljárással elérhetjük a finom szövözetet, amelynek keletkezése elsősorban attól függ, hogy mily gyorsan megy át az alumínium a likviduszból a szolidusba. Ez az öntési eljárás lehetővé teszi a legkisebb hőmérsékleten történő öntést, vagyis azt, hogy az alumínium a likvidusznál csak 10–20°-kal nagyobb hőmérsékleten folyjék a kokillagyűrűbe. Így, miután az alumínium a rövid öntőcsatornán való átfolyás alatt hőmérsékletéből legfeljebb 50° -ot veszít, a kemencében levő fémfürdő hőmérséklete 710–730°-on tartható. Vagyis azon a hőmérsékleten, amelyen felül az alumínium és ötvözetek már mohón nyelik el a hidrogént. Ez az öntési mód tehát csökkenti a gázhólyagok keletkezését is.

A folytatólagos öntési mód lehetővé teszi a tuskók gyors lehülését, ami különösen az ötvözeteknél fontos, főleg nagyatmárójú tuskók esetében, ahol a lassú lehülés elősegíti az ú. n. fordított kiválások keletkezését a tuskók szélein. A fordított kiválásra különösen a dural-csoport ötvözetek hajlamosak, ezeket veszedelmes volna tömör öntöttvas kokillákba önteni, amelyekben a lehülés nagyon lassan megy végbe. Pl. az öntöttvas kokillába öntött 300 mm átmérőjű normális összetételű dural-tuskó keresztmetszetében a Cu-tartalom nagyon egyenlőtlen, a szélek felé eléggé nagy rétegvastagságban erősen feldúsul, s középtől a tuskó széléig 3,74%-tól 4,52–4,70%-ig variál, mint ezt a 39. ábra α -jelű görbéje mutatja. Az ilyen egyenlőtlen összetételű tuskóból sajtolt félgyártmány nemesítése bizonytalan, a nyert mechanikai értékek erősen szórnak, s gyakran az előírások alatt maradnak. Ezzel szemben a vizes öntéssel öntött azonos összetételű dural-

tuskó keresztmetszetében, mint ezt a 42. ábra *b* görbéje feltünteti, a Cu összetétel sokkal egyenletesebb, s 4,12 és 4,30% között váltakozik, csak a széleken dúsul fel kis rétegvastagságban 4,80%-ra. Ezt a kb. 5–6 mm vastag rézdús réteget a sajtolás előtt leesztergálva, egyenletes összetételű terméket nyerünk.



33. ábra

Szemben a tömör öntöttvas kokillával, vagy a korszerűbb vízköpenyes kokillával is, amelyeknél a kívülről befelé történő lehülés következtében a lyukacsos szövületet teljes biztonsággal elkerülni nem lehet, a folytatólagos eljárással öntött tuskók nemcsak finom s egyenletes szövületűek és egyenletes összetételűek, de tömörek s lyukacsosságtól mentesek. Egyre azonban nagyon kell ennél az eljárásnál ügyelni, s ez a süllyesztési sebesség, mert a túlgyors hűlés túlfinom szövületekre s így feszültségekre vezet, aminek repedések a következményei. Ez iránt különösen a nagyobb Mn tartalmú ötvözetek érzékenyek.

A tuskóknak a folytatólagos öntési eljárással elért kitűnő minősége természetesen azt eredményezi, hogy azonos ötvözetű anyagból ugyanolyan módon gyártott és hőkezelt rudak vagy lemezek mechanikai tulajdonságai a régi eljárásokkal öntött tuskókból készült félgyártmányokkal szemben 2–3 kg/mm²-tel nagyobb szakító szilárdságot és rugalmassági határt érnek el, ami mellett nyúlásuk 1–2%-kal nagyobb.

E sorok írójának módjában állott különféle kokillákkal és öntési eljárásokkal dolgozni, a nyert tapasztalatok s összehasonlítások pedig arra a megállapításra vezettek, még a különben kitűnő I. G. Farbenindustrie eljárásával szemben is, hogy jelenleg minden tekintetben a folytatólagos öntési mód a legmegfelelőbb. Semmiféle más öntési eljárásnál nem lehet a tuskó gyors és alulról felfelé történő egyenletes hűlését oly kitűnően szabályozni, mint a folytatólagos öntésnél. A folytatólagos öntési eljárásnál a tuskó hűtését a vízzel hűtött kokillagyűrű hűtővizének szabályozásával, valamint a tuskó süllyedési sebességének pontos beállításával tetszés szerint be lehet szabályozni minden ötvözetnek és tuskókérsztmetszetnek megfelelőleg.

A hűtővízzel a fém minden kg-jából elvezetett melegmennyiség:

$$q = q_i + c[t - t_0]$$

ahol

q_i = rejtett meleg, kal/kg,
 t = a beömlő alumínium hőmérséklete,
 t_0 = a kilépő tuskó hőfoka,
 c = a fajhő, kal/kg, C°

s ha a tuskó átmérője d_3 dm-ben és a süllyedési sebesség v dm/percben kifejezve, a fajsúly pedig γ kg/dm³, akkor a percnként elvezetendő hőmennyiség a teljes megmerevedésig, kg kalóriában kifejezve:

$$Q = qG$$

ahol G a percnként befolyó alumínium mennyisége kg-ban. Így tehát:

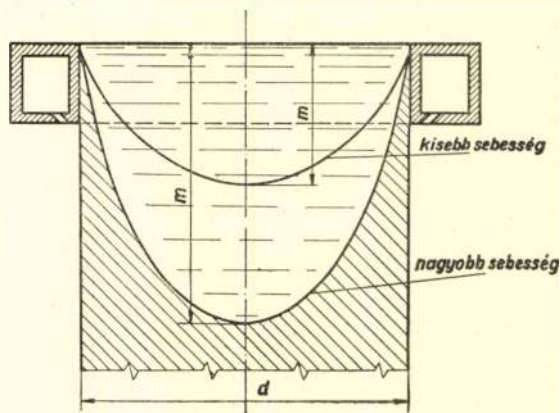
$$Q = (q_i + c[t - t_0]) \frac{d^2 \pi}{4} v \gamma$$

vagyis:

$$Q = 0,785 (92,5 + 0,25 [t - t_0]) d^2 v \gamma$$

kg/kalória meleg vezetendő el percnként.

Ha a befolyó víz hőfoka t_1 és ezt t_2 -re melegszik fel, V pedig a szükséges hűtővíz mennyisége percnként, akkor a percnként felhasználandó hűtővíz



40. ábra

literekben: a $Q = V \cdot (t_2 - t_1)$ egyenlet alapján könnyen kiszámítható, mert:

$$V = \frac{Q}{t_2 - t_1}$$

ahol V percliterben van kifejezve.

Ily módon kiszámítható pl., hogy 400 mm átmérőjű alumínium tuskó öntéséhez, ha a liquidus 660° C, az öntési hőfok 670° C, a kilépő tuskó hőfoka 80° C, a süllyedési sebessége $v = 52,5$ mm/perc és $\gamma = 2,7$ kg/dm³, mennyi hűtővíz szükséges.

A percnként elvezetendő hőmennyiség kg kalóriában kifejezve:

$$Q = (72,6 + 0,2 \cdot [670^\circ - 50^\circ]) \cdot 4^2 \cdot 0,525 \cdot 2,7 = \\ = [72,6 + 124] \cdot 16 \cdot 0,525 \cdot 2,7 = 4462 \text{ kgkal/perc.}$$

A szükséges hűtővíz pedig, ha $t_2 - t_1 = 25^\circ \text{C}$,

$$V = \frac{4462}{25} = 178 \text{ l/perc, vagyis } 10,7 \text{ m}^3/\text{óra.}$$

A hűtővíz legmegfelelőbb nyomása 2,5–3,5 kg/cm lehet.

A másik tényező, amelyet a vizes öntésnél pontosan be lehet szabályozni, a süllyedési sebesség. Ez a sebesség összefüggésben van a merevedés lefolyásával. Minél kisebb a süllyedési sebesség, annál laposabb a már megmerevedett alsó és oldalsó részek által képződött mélyedés, amely még folyékony alumíniummal van kitöltve. A 40. ábrában látható ennek a mélyedésnek alakja kisebb és nagyobb süllyedési sebesség esetében. Kisebb sebességnél nemcsak az tűnik ki, hogy a megmerevedés az egész keresztmetszetben gyorsabban megy végbe, hanem az is, mint azt *Brenner* és *Roth* kimutatták, hogy kisebb feszültségek maradnak vissza a lehült tuskóban. Úgy mondhatjuk tehát, hogy minél laposabb ez a mélyedés, annál kisebb feszültségek veszélyeztetik a tuskót. A süllyedési sebesség megfelelő szabályozásával tehát az öntési feszültségeket ki lehet küszöbölni. Ez pedig a keményebb alumínium ötvözetek esetében nagyon fontos, így pl. a dural-csoport ötvözeteinél, amelyek között 50–55 kg/mm² szakítószilárdság is előfordul, vagy az Al–Mg–Zn–Cu típus ötvözetek esetében.

I. M. *Peloutier* szerint a süllyedési sebesség egyenes arányban áll az előbb említett merevedési mélyedés m mélységével és fordítva arányos a tuskó átmérőjének négyzetével:

$$v = \frac{36\lambda [t - t_0]}{k} \frac{m}{d^2}$$

cm/mp-ben kifejezve, ahol

- $k = \gamma (q_1 + 0,5c [t - t_0])$,
- $\lambda =$ az alumínium ill. ötvözetének hővezetési tényezője kal/cm, mp, C°,
- $m =$ mélyedés cm,
- $d =$ tuskó átmérője cm,
- $q_1 =$ rejtett meleg 92,5 kal/kg,
- $\gamma =$ fajsúly kg/dm³,
- $c =$ fajhő t_0 és t között kal/kg, C°.

Vagyis:

$$v = \frac{36\lambda [t - t_0] m}{\gamma (q_1 + 0,5c [t - t_0]) d^2}$$

Ha ezt a képletet 99,5%-os alumíniumra alkalmazzuk, amely esetben:

$$v = \frac{36 \cdot 0,52 [657^\circ - 50^\circ]}{2,7(92,5 + 0,5 \cdot 0,25 [657^\circ - 50^\circ])} \frac{m}{d^2}$$

$$v = \frac{11343}{2,7 \cdot 168,37} \frac{m}{d^2} = 24,9 \frac{m}{d^2} \text{ és ha } \frac{m}{d} = k$$

$$v = 24,9 \frac{k}{d}$$

Ugyanezt a számítást duralötvözetre elvégezve, amely esetben a szolidusz hőfok

$$t = 640 \text{ C}^\circ, \lambda = 0,35, c = 0,22, \gamma = 2,8$$

$$v = 16,9 \frac{k}{d}$$

Ha valamely tetszőszerinti átmérőre vonatkoztatva egyszer kísérletileg megállapítjuk alumíniumra és ötvözeteire a legkedvezőbb süllyesztési sebességeket, kiszámíthatjuk a legkedvezőbb arányszámokat, amelyeknek alapján minden más átmérőjű tuskó öntésénél alkalmazandó süllyesztési sebességet ki lehet számítani.

A tiszta alumíniumra a legkedvezőbb arányszám 0,25, úgyhogy pl. a 400 \varnothing alumínium tuskó legkedvezőbb süllyedési sebessége

$$v = \frac{24,9 \cdot 0,25}{40}$$

vagyis 99 mm/perc.

A duralcsoport ötvözeteire nézve a legkedvezőbb hányados 0,20, így a 400 \varnothing dural tuskó öntésénél használandó legkedvezőbb süllyesztési sebesség

$$v = \frac{16,9 \cdot 0,20}{40} = 0,08 \text{ cm/mp}$$

azaz 48 mm/perc.

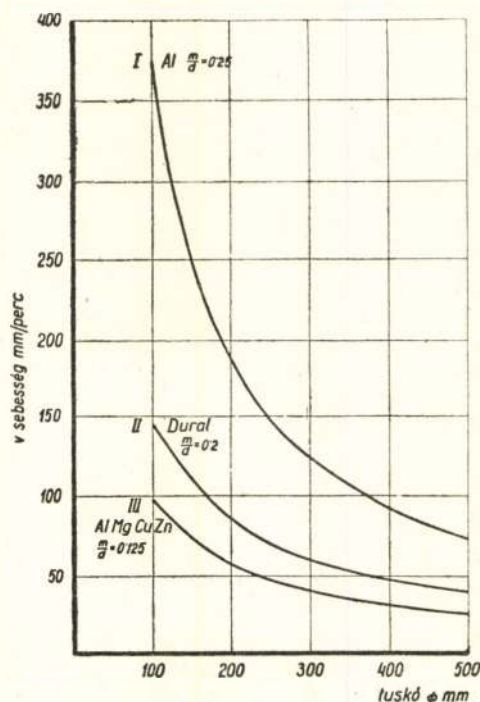
Az ily módon kiszámított adatokból meg lehet szerkeszteni a 3 fő alumínium csoportra a 41. ábrában feltüntetett hiperbolikus görbéket, amelyek a süllyedési sebességeket a tuskóátmérők függvényében ábrázolják. E diagrammok segítségével minden hosszadalmas számítás nélkül meg lehet határozni bármely szokásos tuskóátmérőnek és ötvözetnek legjobban megfelelő süllyesztési sebességet.

Hasonló számításokat lehet végezni lemeztuskókra is, amelyekből ugyancsak az tűnik ki, hogy a folyékony fém m mélysége egyenesen arányos a süllyedési sebességgel és ugyanazon lemeztuskó szélesség esetében a tuskóvastagság négyzetével. Minde számításokra azonban ily rövid tanulmány keretében nem térhetünk ki, csak annyit jegyezzünk meg, hogy J. M. *Peloutier* a *Revue de l'Aluminium* 1947. évi 131. sz. füzetében »La coulée continue des alliages legers« című cikkében kimerítően tárgyalja az idevágó problémákat.

Jóllehet az ismertetett s pihentető kemencével kombinált folytatólagos öntési eljárás a tuskóöntésnél fellépő különleges hűlési viszonyoknál fogva önmagában véve is a legkedvezőbb eljárás tömörség és gázmentesség szempontjából, minőségi okokból mégis ajánlatos az alumíniumot és ötvözeit a pihentető kemencébe való becsapolás előtt külön is gáztalanítani. Ez a gáztalanítás az olvasztókemencében történik, s általa elérjük azt, hogy a pihentető kemencébe csapolt alumínium már nagyon kevés gázt tartalmaz elnyelve, úgyhogy a pihentetéshez rövid időre van csak szükség. A pihentető kemence teljesítménye ezáltal nagyobb, áramfogyasztása pedig kevesebb lesz, legfeljebb 10 kWó/100 kg.

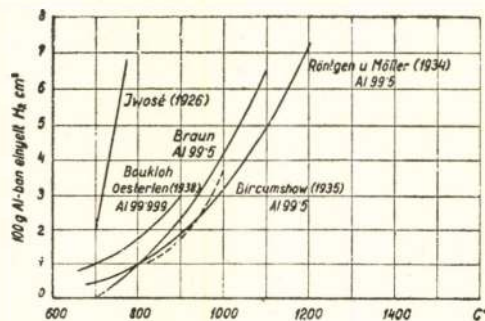
Mint tudjuk, minél nagyobb az alumíniumfürdő hőmérséklete, annál több gáz, főleg H₂ oldódik fel

benne, miként ez a 42. ábra görbéiből látható. Mihelyt azonban a fürdő hőmérséklete csökkenni kezd, s 720°C alá süllyed, egyre több H_2 válik ki belőle, úgyhogy a megmerevedett alumíniumban gyakorlatilag már semmi hidrogén sem marad oldva, hanem mind kiválik, eltávolítani azonban legnagyobb-részt nem tud. Így pedig káros gázzárványok keletkeznek, ezért azon kell lennünk, hogy az alumíniumból a hidrogént vagy egyéb gázokat alkalmas módon eltávolítsuk. Ezt a célt szolgálja már maga az előbb említett pihentető kemence is, melyben az alumíniumot 720°C körüli hőmérsékletre hűtjük le.



41. ábra

Csak pihentetéssel azonban a gáztalanítás nagyon hosszadalmas volna, s mivel itt valóságos $\text{Al}-\text{H}_2$ egyensúlyi rendszerről van szó, van a gáztalanításnak más és gyorsabb módja is. Egyik ilyen leggyakrabban alkalmazott módszer abból áll, hogy az olvasztókemencében levő fémfürdőben a részleges parciális gáznymást valamely közömbös gáz, pl. nitrogén, argon vagy klór bevezetésével csökkentjük. A fémfürdőben így depressziós helyek keletkeznek, a nagyobb nyomású helyekről ezekre áramlik a hidrogén, amelyet így a fürdőből kiáramló közömbös gáz magával ragad és eltávolít.



42. ábra

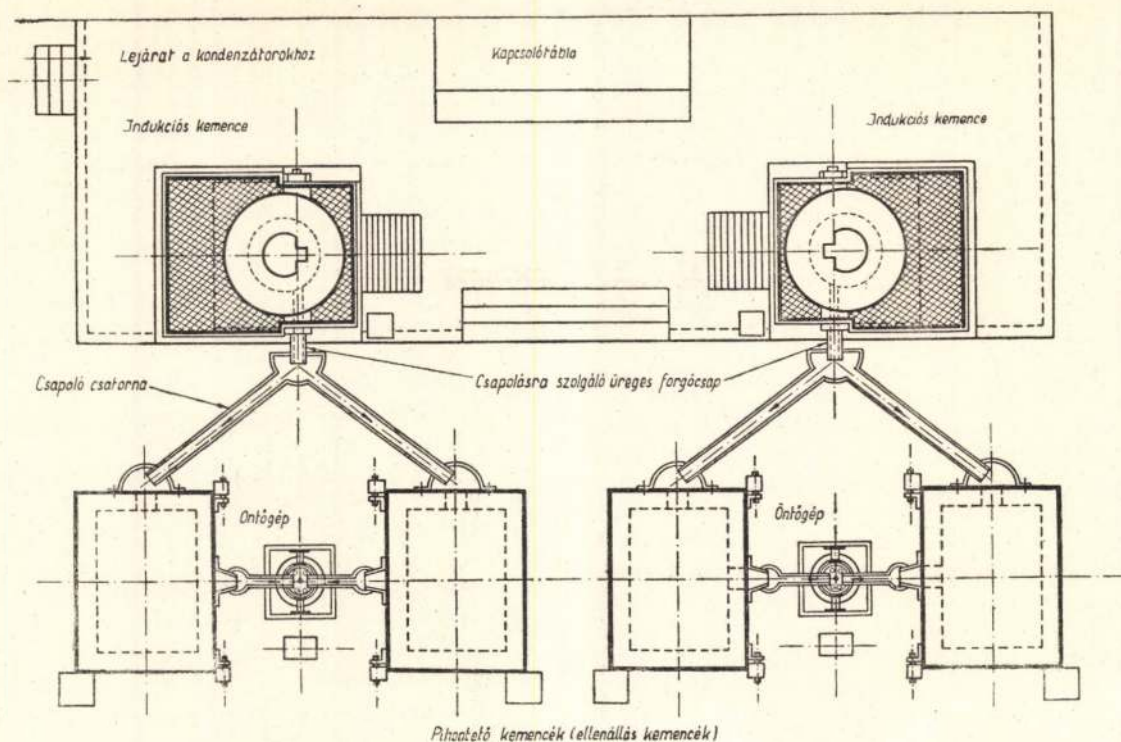
Gyakorlatilag a klórral való kezelés vált be legjobban, újabban azonban tekintettel a klórozást kísérő kellemetlen mellékkörülményekre, általában kezdik használni a hexaklórétánt is, amely 750°C körül a $\text{C}_2\text{Cl}_6 \rightarrow \text{C}_2\text{Cl}_4 + \text{Cl}_2$ egyenlet szerint részlegesen bomlik. A hexaklórétánban levő klórból így kb. 20–25% klór válik szabaddá, amely a gáztalanítást elvégzi. A visszamaradó olajszerű perklorétilén pedig a fürdő felületére kondenzálódik, ez nagyobb hőfokon is stabilis és a salakkal eltávolítható. Ez az eljárás, mivel a klórgázzal való kezeléssel szemben kevésbé egészségtelen az öntőde személyzetére nézve, egyre jobban terjed. Egyébként a klórozásra vonatkozólag érdekes részleteket közöl Bjelajev A. J. »A könnyűfémek metallurgiája« c. hatalmas munkájában.

Ami a klórozáshoz szükséges klór, ill. hexaklórétán mennyiségét illeti, megjegyezhető erre nézve, hogy pl. 100 kg Hy7 jelű ötvözet gáztalanításához kb. 185 g klór szükséges, ami 1037 g hexaklórétánnak felel meg. Érdeemes ehhez a problémához még azt is megjegyezni, hogy az alumínium és ötvözei gázelnyelés szempontjából különbözőképpen viselkednek. Ebből a szempontból csökkenő gázelnyelési hajlam szerint az alumíniumot és ötvözeit az alábbi sorrendbe lehet besorozni:

1. A 99,99%-os finomított alumínium.
2. Az Al-Si-Mg típusú ötvözetek (antikorodál, FredálCl, almasilium), 10–12% Mg-ot tartalmazó ötvözetek.
3. Al-Cu-Mg-Si-Fe-Ni ötvözetek (az angol RR ötvözetek), az 5–7% Mg-ot tartalmazó ötvözetek (alumag, duralinox, hydromálium, dunalium stb.)
4. Al-Cu-Mg, vagyis a dural típusú ötvözetek, Y ötvözet, a 3–5% Mg-ot tartalmazó ötvözetek.
5. A 20–22% Si-ot tartalmazó Al-Si ötvözetek.
6. A 99,5%-os alumínium, az eutektikus Al-Si ötvözetek (alpax, silumin), az Al-Si-Mg-Mn (41SM), az Al-Cu-Mg (APM) ötvözetek.

Az ismertetett követelményeknek megfelelőleg, melyeknek kielégítése által minden tekintetben elsőrendű minőségű sajtózási és hengerlési tuskókat lehet önteni, a 43. ábrában feltüntetett elrendezés szerint célszerű tehát tuskóöntődenket berendezni.

Amint az ábrában látható, két billenthető BBC indukciós kemence foglal helyet megfelelően kiképzett emelvényen. Mindegyik olvasztókemencéhez 2 hidraulikusan az öntőcső, mint forgópont körül billenthető pihentető kemence tartozik, amelyeknek fűtése a mennyezetben elhelyezett ellenállásokkal történik. Ezeket felváltva lehet megtölteni alumíniummal az olvasztókemencétől a pihentető kemencék adagoló nyílásáig vezető fűtött csatornák segítségével. Ezek az adagoló csatornák egyébként könnyen eltávolíthatók, úgyhogy semmi akadálya nincs annak, hogy szükség esetén az olvasztókemencéből üstbe is lehessen önteni. Két pihentető kemence között középpött foglal helyet a folytatólagos öntőberendezés, amelynek elosztótégelyébe, mint látjuk, egészen rövid fűtött csatornán át folyik az olvadt fém. A pihentető kemencékben, amelyeket



43. Ábra

felváltva üritünk ki, a fém pihentetéssel $1/2$ — $3/4$ órán át tart. A süllyesztés általában hidraulikus berendezéssel történik, amelynek működését az öntőgép mellett levő vezérlőművel végezzük. Lehet a süllyesztést mechanikus úton, egyenáramú motorral is végezni, ez a módszer azonban nem oly érzékeny, mint a hidraulikus. A fáziskompenzációra szolgáló kondenzátor berendezés vagy az emelvény alatt levő pincében van elhelyezve, vagy a kemencék mögött külön helyiségben. Az olvasztóberendezéshez tartozik végül megfelelő teljesítményű ellenállásfűtésű kemence az első telíték megolvasztására, mihez az indukciós kemencék üzembehelyezésekor van szükség, de szükség van ilyen kemencére, amely lehet téglyakemence is, az előtöztetek készítéséhez is.

Ha visszatekintünk az első Russ-féle kisfrekvenciájú alumíniumolvasztó indukciós kemence üzembehelyezésétől mai napig eltelt 14 esztendőre, megállapíthatjuk, hogy ez a kemencefajta hatalmas fejlődésen ment keresztül. További fejlődése elé pedig a legjobb reményekkel tekinthetünk, s bizonyos az, hogy az alumíniumolvasztás terén az indukciós kemence a jövő kemencéje, amelynek tökéletes kifejlesztéséből remélhetőleg a magyar műszaki kar is ki fogja venni részét.

IRODALOM.

- Aktiebolaget Kanthal: Das Kanthal Handbuch (Halstahammar, Svédország).
 B. I. O. S. report: Melting Aluminium (Metal Industry, 1947. aug. Vol. 71. No. 5.)
 Bjelajev A. I.: Metallurgia Legkich Metallov (A könnyűfémek kohászata Moszkva—Leninigrád, 1940.).

- Borchers W.: Die elektrischen Öfen (Verl. Knapp Halle 1923.).
 Budgen N. F.: Aluminium and its Alloys (1947. London, Pitman & Sons).
 Deniflée S.: Könnyűfémek sajátosságai és alkalmazása, (Mérnöki Továbbképző Intézet kiadv. 1942.).
 Grand M.: Degassing aluminium alloys (Metal Industry, 1947. aug. Vol. 71, No. 5.).
 Hennicke G. u. Ph. Schneider: Die Entwicklung eines neuen Hochleistungs-Niederfrequenzofens zum Schmelzen von Aluminiumlegierungen (Metallwirtschaft, 1944, H. 9/13.).
 Kastner H.: Continuous casting (Metal Industry, 1947. aug. Vol. 71, No. 5.).
 Lévasséur A.: L'électrochimie et l'électrometallurgie (2 vol. Paris, éd. 1947, Dunod.).
 Patterson W.: Metallurgisch-metallkundliche Beobachtungen beim Stranggießen von Leichtmetallen (Aluminium, 1943. febr.).
 Paschkis V.: Elektrische Industrieöfen (Springer Verl. 1932.).
 Peloutier J. M.: La coulée continue des alliages légers (Revue de l'Aluminium, No. 131, mars 1947.).
 Russ E. F.: Die elektrodynamischen Badbewegungen bei Induktionsöfen (Arch. Eisenhüttenwesen, 1930/31. 277—80.).
 Schunck H.: Elektrotechnische und wärmetechnische Probleme bei den elektrischen Öfen der Leichtmetallindustrie (Aluminium 1943. febr.).
 Stamm H.: Beiträge zur Theorie der elektrischen Induktionsöfen (Dissert. Univ. Frankfurt a. M. 1935.).
 Tama M.: Induction furnace for melting aluminium (Mechanical Engineering 1944.).
 Zeerleder A.: Technologie des Aluminiums und seiner Leichtlegierungen (1943). Die Technologie der Leichtmetalle (1947). (Vége)

Az 1951. évi vegyész-kongresszus

A Magyar Kémikusok Egyesülete a Magyar Tudományos Akadémia támogatásával az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület, valamint az Építőanyagipari Tudományos Egyesület közreműködésével 1951. november 15. és 18. között rendezte meg a magyar vegyészek kongresszusát. A kongresszus alapvető feladata, hogy a vegyipar ötéves tervének döntő kérdéseire irányítsa vegyészeink figyelmét és amellett, hogy felméri a kémia néhány ágában eddig elért eredményeinket, a legnagyobb figyelmet az előttünk álló problémák megoldásának szenteli. Ezért ötéves tervünk célkitűzéseinek megfelelően a kongresszusi előadások zöme a nehézipar, — azon belül a szerves nehézipar kérdései köré csoportosul.

A magyar kémiának legutolsó nagy seregszemléje az 1949. évi szegedi vándorgyűlés volt. Ezen a vándorgyűlésen az előadók és a résztvevők figyelme elsősorban a múlt felé, a megtett út felé fordult. Így maga a vándorgyűlés is a kémia széles területét felölelő, összefoglaló jellegű volt, — anélkül, hogy az előttünk álló nagy feladatokból kiválasztotta volna a legfontosabb láncszemet. A szegedi vándorgyűlés tehát inkább a magyar kémia és a magyar vegyipar akkori állásának tükörképe volt, míg a novemberi kongresszus elsősorban a jövő nagy feladatait állítja a vegyészek érdeklődésének középpontjába.

A kongresszus alapvető feladata tehát a még eldöntetlen kérdések beható megvitatása és a következő műszaki irányelvek kiemelése.

A kongresszus részletes szakmai programja a következő:

I. Szén-olaj-földgáz-tözeg, stb.

Retezár Árpád: Hazai tözegeink felhasználásának lehetőségei.

Dr. Varga József: Hazai kátrányok hidrogénezése.

Péter István: Hazai kokszyártásunk kérdései.

Herédy László: Fenolok előállítása hazai kátrányokból és gázvizekből.

Vámos Endre: Minőségi motorolajok hazai előállításának lehetőségei.

Dr. Freund Mihály: Adalékok hazai motorolajok minőségjavítására.

Dr. Benedek Pál és László Antal: A metán parciális oxidációja acetilénre és szintézis gázra.

Dr. Bertly József és Pallai István: Szerves anyagok előállítása telítetlen szénhidrogénekből és szintézis gázból.

II. Műtrágya- és szerves alapanyagok gyártása.

Balla Béla és Majdik Ferenc: A foszfát-műtrágyaipar új eljárásai, különös tekintettel a nyersfoszfátok salétromsavas feldolgozására.

Dr. Dworak Lajos: Növénytermelésünk kívánalmai a hazai műtrágyaiparral szemben.

Balla Béla és Horváth Tibor: Hazai fluor-gazdálkodásunk időszerű kérdései.

Birtalan Lajos: Nitrogéniparunk gázbázisai.

Dr. Bácskay Gyula: Inhibitorok alkalmazása a fémek korrozio elleni védelmének.

Baicz István: Klór-alkáli-elektrolízis-cellák egyes gazdasági kérdései.

Gond Ferenc: Nagynyomású konverterek és szerelvények gyártása tekerccseléssel.

III. Timföld, alumínium.

Harrach Valter: Tapasztalatok a hazai műkorrundgyártás terén.

Dr. Sijmond György: Timföldgyártás különböző minőségű bauxitból.

Bogárdi Endre: Timföldgyártási alumínium-hidrát előállítása.

Dunay Sándor: A timföldgyártás melléktermékeinek feldolgozása.

Timár Vilmos: Alumíniumkohók energiagazdálkodása.

Máriássy Mihály: Timföld alumíniumiparunk analitikai igényei.

Romwalter Alfréd: Alumíniumkohászati segédanyagok előállítása és visszanyerése.

Széki Pálma: Az alumíniumnak és ötvözeteinek felület kezelése.

IV. Szilikát-kémia:

Bereczky Endre: Heterogén cementek kémiája.

Dr. Knapp Oszkár: Üvegek konstitutív tulajdonságainak kiszámítása a »legmagasabb szilikát« elmélet alapján.

Grofsik János: Agyagok vizsgálatok korszerű módszerei.

Sövegjártó János: A tűzállóanyagipar hazai nyersanyagainak egyes kérdései.

Gomperz István: A Duvanov-féle gyorségetési módszer és a tégláégetés műszaki fejlődésének perspektívája.

Sasvári György: A képlékenység és jelentősége a téglá- és cserépgyártásban.

Mattyasovszky-Zsolnay László: Porcellánégetés alapútkemencében.

Dr. Déry Márta: A különlegesen nagy dielektrómos állandójú kerámiai anyagok.

V. Általános tagozat:

Winter Ernő: Nagy vacuumban végbemenő különleges kémiai folyamatok.

Dr. Szabó Zoltán: Gyökök stabilizációja és a stabilizáció reakciókinetikai jelentősége.

Dr. Schulek Elemér: Cianhalogén vegyületek elektromériája és ennek gyakorlati alkalmazása.

Dr. Erdély László: Az aszkorbinometria és ipari jelentősége.

Dr. Nemezz Ernő: Röntgenanalitikai vizsgálatok és azok alkalmazása a szilikát

Dr. Kovács Olga, Radó Aurél és Szelényi Tibor: Adatok a fotográfiai atommag-emulzió készítéséhez.

Plenáris előadások:

Dr. Bolinszky Károly: Tudományos kutatás és vegyész-képzés vegyiparunk szolgálatában a veszprémi vegyész-képzés tapasztalatai alapján.

Dr. Szádeczky-Kardos Elemér: A geokémia szerepe ásványi nyersanyagok kutatásában.

Dr. Fenyő István: Matematikai módszerek és szerepe kémiai kutatásban és a vegyiparban.

ALUMÍNIUM

ALUMINIUM

A MAGYAR Bányászati és Kohászati Egyesület Alumínium Szakosztálya
és a Magyar Alumínium és Könnyűfémkutató Intézet folyóirata

III. évfolyam

10. szám

Nátrium meghatározása fémalumíniumban

Dr. PAPP ELEMÉR, dr. ZOMBORY LÁSZLÓ és HADI JÓZSEF

Определение натрия в металлическом алюминии.

Авторы: Др. Пapp Елемир, Др. Зомбори Ласло и Гади Йозеф

После описания относительных методов анализа, авторы подробно рассматривают метод определения с применением амил-алкоголя. Ряд экспериментов показал, что выше указанный метод для определения содержания натрия в металлическом алюминии дает хорошие ориентировочные результаты.

By dr. E. Papp, dr. L. Zombory and J. Hadi.
Determination of the sodium content in metallic aluminium.

After describing the respective procedures of analysis the authors discuss in detail the Koide amylic alcohol-determination method. By a series of various experiments the authors show that the said method furnishes good informative values of the sodium content of metallic aluminium.

Die Bestimmung des Na-Gehaltes in metallischem Aluminium.

Von dr. E. Papp, dr. L. Zombory und J. Hadi.

Nach der Besprechung der bezogenen Verfahren wird von den Verfassern die Amylalkohol-Methode nach Koide ausführlich behandelt. Es wird durch Versuchsreihen bestätigt, dass die erwähnte Methode zur Bestimmung des Na-Gehaltes in metallischen Aluminium betrieblich gut verwendbare Werte liefert.

A fémalumíniumban — az irodalmi adatok és az üzemi elemzések eredményei alapján megállapíthatóan — rendszeren van csekély mennyiségű nátrium. A nátrium nem egyenletesen van elosztva a fémben, a felületen a nátrium-tartalom nagyobb és egyébként is fészekszerűen van az alumíniumban elhelyezkedve. Miután a nátrium-tartalom a fém tulajdonságait károsan befolyásolja, annak meghatározása feltétlenül kívánatos.

A fémalumíniumban lévő nátriummennyiség meghatározására az alábbi módszerek ismeretesek:

A) gyakrabban használt eljárások:

1. kiolvasztási eljárás,
2. nátriumoxalátos eljárás,
3. cink-uranil-acetátos eljárás,
4. spektrál-analitikai eljárás,
5. HgCl₂-os eljárás.

B) Ritkábban használt eljárások:

6. amilalkoholos eljárás,
7. polarografikus eljárás,
8. rádióaktíváson alapuló eljárás.

Fenti módszerek rövid ismertetését és kritikai kiértékelését a következőkben adjuk meg:

1. Kiolvasztási eljárás.

Ez eljárásnak alapja az a megfigyelés, hogy az alumínium megolvasztása folyamán a nátrium a

fém felületére vándorol. A felületen lévő nátrium vízzel NaOH formájában kioldható és acidimetrikusan meghatározható. Az átolvasztást többször meg kell ismételni addig, amíg a savas titrálásnál üzemi szempontból figyelembe vehető savmennyiség fogy.¹

Az eljárás, ha az előírásokat betartjuk, jó eredményeket ad. Igen nagy előnye, hogy az alumíniumot nem kell előzőleg leválasztani (feloldani), a nátrium közvetlenül, előzetes kémiai kezelés nélkül titrálható. Természetesen, mint minden lúg titrálásánál, figyelembe kell venni a levegő szénsavtartalmának hatását. Bizonyos fokú hátránya az eljárásnak, hogy a többszöri átolvasztási folyamat hosszabb időt vesz igénybe. Ezenkívül ügyelni kell arra is, hogy az olvasztás ne túl magas hőfokon (cca. 670°) történjék, mert magasabb hőfokon nátriumvesztés állhat elő.

2. Nátriumoxalátos eljárás

Az eljárás alapja az, hogy a fémbe lévő nátriumot először oxaláttá, majd karbonáttá, végül szulfáttá alakítjuk át és mint Na₂SO₄-et, súly szerinti elemzéssel határozzuk meg.²

Az alumíniumot sósavban feloldjuk és az oldatból a fém legnagyobb részét sósavgáz bevezetésével, hűtés közben, AlCl₃ formájában kristályosítva leválasztjuk. A csapadékról leszűrt anyalúgot kristályosodásig bepároljuk, majd a maradékot kevés vízzel oldva feleslegben oxálsavat adunk hozzá és szárazra pároljuk. A száraz maradékot legfeljebb 800°-on (Bunsen égővel) kiizzítjuk. A nátriumoxalát nátriumkarbonáttá alakul át, míg a többi fémből (alumínium stb.) a megfelelő oxid keletkezik. A szódát melegvízzel az oxidok mellől kioldjuk, az oldatot gyengén ammonalkalikussá tesszük és abból ammonszulfiddal továbbá ammonkarbonáttal és ammonoxaláttal a nátrium mellől az esetleges egyéb fémszennyezéseket leválasztjuk. A keletkezett csapadékot leszűrve, a szüredéket platinacsészében kénsavval bepároljuk és az ismert módon meghatározzuk a nátriumszulfát mennyiségét.

Az eljárásnak hátránya, hogy az alumíniumot aránylag igen nagymennyiségű csapadék formájában el kell távolítani, amely műveletnél — ez egyébként a legtöbb ismertetett elemző eljárás hibája is — adszorpció folytán nátriumvesztés állhat elő. További kényes pontja ezen eljárásnak, hogy többször is kell az elemzés folyamán izzítást végezni, mely műveletek alatt szintén lehetséges van a nátriumvesztéségre.

3. Cink-uranil-acetátos eljárás.

Ez az újabb legtöbbszőr használt és még egyre javításokkal módosított eljárás.³

A módszer lényege az, hogy ecetsavas vagy sósavas közegben a nátrium ion cink-uranil-acetáttal oldhatatlan csapadékot ad, mely utóbbi az alább felsorolt módokon felhasználható a nátriumtartalom meghatározására.

Az elemzésnél a fémet sósavban oldjuk és az alumíniumot az előbb ismertetett eljárással sósavgáz segítségével az oldatból kisózzuk. Ennél az eljárásnál azonban az alumínium eltávolítása addig folytatandó, amíg alumíniumklorid a bepárlások folyamán egyáltalában kikristályosodik. A csapadékról leszűrt oldatot kis térfogatra (cca. 2 ml) bepároljuk, kevés forró vízben oldjuk és az esetleg kivált SiO_2 -t leszűrjük. Az oldathoz újra kevés konc. sósavat adva ismét kis térfogatra bepároljuk. Hozzáadva a reagenst, sárga csapadék formájában kiválik a hármassó (nátrium-cink-uranil-acetát). 1–2 órai állás után a csapadékot jéni szűrőtégelyen leszűrjük, reagenssel telített 96%-os alkohollal óvatosan átmoszuk, majd ezután vagy éterrel öblítve állandó súlyig levegővel átszívjuk, vagy 110° -on kiszáritjuk és a csapadék súlyát mérjük. A súlyszerinti elemzés ellenőrzésére a kapott csapadékot felhasználhatjuk *térfogatos* vagy *kolorimetrikus* elemzésre is.

Térfogatos elemzéseknél a kapott hármassót vagy forró vízben oldjuk és nátriumhidroxiddal fenoltfelein jelenlétében *alkalimetrikusan titráljuk*, vagy pedig a csapadékot kénsavban oldjuk, kadmiumamalgámmal az uránt redukáljuk és káliumpermanganáttal *oxidimetrikusan* határozzuk meg az egyenértékű urán tartalmát.

A *kolorimetrikus* meghatározásnál a hármassó-acetát-csapadékot forró vízben oldjuk és mérőlombikban ammónkarbonát és hidrogénperoxid hozzáadása után feltöltve aliquot részből *kolorimetrelünk*. (UO_2 meghatározás).

Ezen elterjedt módszerek előnye, hogy nagy molekulásúlyú vegyülettel dolgozva, lehetővé válik kis mennyiségű nátrium meghatározása is, ami a fémalumínium esetében elsősorban fontos. Előnye az eljárásnak az is, hogy a sósavas közegben oldatban maradt a legtöbb zavaró fémmion. Viszont hátránya az eljárásnak az, hogy az alumíniumot nagymennyiségű csapadék formájában előbb le kell választani, ami adszorpció okozta veszteséggel járhat. Ezenkívül további veszteséget okozhat, hogy a csapadékot igen nehéz kimosni még a pontosan megadott összetételű mosófolyadékkal is és a kimosási előírásokat is pontosan betartva.

4. Spektrál-analítika.

A gyakorlatban többféle meghatározási eljárás használható. Lángspektrum vizsgálatánál⁴ a savban oldott alumínium oldatát acetilén lángban porlasztjuk és a láng színeződését fényérzékeny cella segítségével elektrométeren mérjük. Az elektrométer feltöltési ideje arányos a nátriumtartalommal. Az újabb irodalmi adatok szerint a nátriumnak az alumínium szennyezéseként való spektrál-analitikai meghatározása egyre nagyobb tért hódít. A meghatározott érték teljesen megbízható, különösen 0.01–1% nagyságrendekben.

Kétségtelenül a leggyorsabb és pontos eljárás. Hátránya, hogy komplikált és költséges berendezést igényel, de ez a befektetés sorozat-elemzéseknél feltétlenül kiegyenlítődik a kapott egyéb előnyökkel. Másik hátránya a pontos Na tartalmú összehasonlító etalon-szükséglet, mely nem helyettesíthető teljesen bemért Na-tartalmú oldatokkal.

5. HgCl_2 -os eljárás.

A fent felsorolt és a szakirodalomban gyakrabban előforduló eljárások mellett ismeretes az alábbi *üzemi* meghatározási módszer: a felapritott fémet szublimát oldattal megnedvesítik és éjjelen át cca. 80° -on híg ammóniák-oldatban hagyják. Másnapra a fém feloldódik és az alumínium mint $\text{Al}(\text{OH})_3$ lecsapódik. A csapadékot leszűrjük és a szüredéket tovább úgy kezelik, mint az oxalátos módszerrel.

Az eljárásnak az eredményeit bizonyos mértékig problematikussá teszi az a körülmény, hogy igen nagymennyiségű és nagy térfogatú csapadékot kell először leválasztani, amelynek nagy adszorpciósa hatása révén nátriumvesztés állhat elő.

Az ismertetett, gyakoribb meghatározási módszereken kívül a szakirodalomban még az alábbi ritkábban használt eljárásokat találtuk a fémalumínium nátrium-tartalmának meghatározására.

6. Amilalkoholos módszer.

Koide japán kutató⁵ az alumíniumot fém kobalt jelenlétében vízmentes amilalkoholban oldja, a keletkezett amilátoldatból etilalkohollal a nátriumon kívül a többi fémekeket kicsapja. A szüredékből az alkoholok főtömegének elpárolgása után a nátriumamilátot vízzel forralva hidrolizálja és az így keletkezett NaOH -t megtrálja. Ezt a módszert a hivatkozott rövid referátumon kívül sehol sem találtuk megemlítve. Azon hátránya mellett, hogy viszonylag drága oldószerekkel dolgozik, az eljárás — egyszerűsége folytán — figyelemreméltó. A módszerre lentebb még visszatérünk.

7. Polarografikus eljárás.

A legújabb szakirodalomban utalást találunk a fémalumínium nátriumtartalmának polarografikus meghatározására is az alábbi módon:⁶ A fémalumíniumot sósavban oldjuk és az alumíniumtartalmat sósavgázzal kisózzuk. Az anyalúgot bepároljuk és ammóniákkal leválasztjuk a még esetleg jelenlévő alumínium- és vastartalmat. A csapadékot leszűrjük, a szüredéket szárazra pároljuk és az ammónsókat elűzzük. A száraz maradékot 1 ml vízben oldjuk, majd tetrametilammoniumhidroxid és 1 csepp foszforsav hozzáadása után a nátriumot polarografikusan meghatározzuk.

8. Rádióaktivitáson alapuló eljárás.

Japán kutatók az atomok jellemző rádióaktivitásának az intenzitását használják fel az alumínium szennyezéseinek a meghatározására.⁷ 3,000,000 V-os deuteron nyaláb segítségével 0,001% nátriumtartalmat meg tudtak határozni a fémalumíniumban.

A két utóbbi módszer *gyakorlati* felhasználására egyelőre nem találtunk szakirodalmi utalásokat.

Elektroanalitikus nátrium meghatározás.

A közelmúltban a szerzők egyike egy új analitikai eljárást ismertetett,⁸ amely alkalmas volt az alumíniumgyártás nyersanyagaiban és féltermékeiben (bauxit, timföld, vörösiszap), lévő nátriumtartalom meghatározására.

Az eljárás lényege az, hogy a porított elemzendő anyagot kénporral összeolvastva fellazítjuk, a keletkezett terméket vízbe forraljuk és az egész szuszpenziót a hivatkozott közleményben leírt elektrolizáló készülékben ismertetett módon elektrolizáljuk, majd a katódtérben nátriumhidroxid formájában összegyűlt nátriumionokat megtitráljuk.

Miután a fenti eljárás pontos és megismételhető eredményeket ad, kísérleteket végeztünk az irányban, hogy felhasználható-e a módszer a fémalumínium nátriumtartalmának meghatározására is. Az elemzéseknek két lényeges előfeltétele volt:

1. az alumíniumfém fellazítandó olyannyira, hogy a nátriumtartalom kielektrolizálható legyen;

2. megállapítandó a szóbjárehető igen csekély nagyságrendű nátriumtartalom miatt a készülék esetleges vakpróbás savfogyasztása is.

A legkézenfekvőbb fellazítás az *oldás* lenne, majd az alumínium lecsapása ammoniákkal és a szüredékből a nátrium elektrolitikus meghatározása. Ezt az elvet eredményesen alkalmaztuk az alumínátlúgok nátriumtartalmának az ellenőrzésére.⁹ A fémalumínium esetében azonban, mint már említettük, olyan nagyságrendi aránytalanság van az alumínium és a nátriumtartalom között, amelynek folytán a nyilvánvaló adszorpció a nátriummeghatározást zavarja.

Az oldástól eltekintve tehát két úton próbáltuk az alumíniumfém feloldani és így a felületéhez közelfekvő réteget, amelyben a nátrium is összegyűlve lehet, megelemezni.

A fellazítást részint hidrogénperoxid jelenlétében való amalgamozással, másrészt pedig hangyasavval óhajtottuk keresztülvinni.

A szakirodalmi adatok szerint a higany az alumíniumot galvánelem-képződés segítségével igen csekély mértékben (cca. 0.5) feloldja,¹⁰ A felületi lazító hatást hidrogénperoxiddal óhajtottuk fokozni.

Kísérletsorozatokat végeztünk 99,99%-os, továbbá üzemi alumíniummintákkal, valamint olyan alumíniumötvözetekkel is, amelybe ólomnátriumötvözet segítségével cca. 10% nátriumot vittünk be.

A kapott eredmények nem feleltek meg a követelményeknek.

A különböző összetételű vakpróbák ($H_2O_2 + H_2O$; $Hg + H_2O$; $Al + H_2O$; $Al + H_2O_2$; $Hg + Al + H_2O$) eredményei is olyan képet adtak, amelyeknek kiértékelése folytán fenti eljárás kikísérletezését nem folytattuk.

Ugyancsak nem kaptunk céljainknak megfelelő eredményeket a hangyasavval¹¹ végzett kísérletsorozatoknál sem.

Az elvégzett előkísérletek alapján megállapítottuk, hogy az alkalmazott fellazítási próbák nem vezettek célhoz, másrészt pedig az elektrolizáló készülék vakpróbája nagyságrendileg olyan magas, amely az alumíniumban lévő igen csekély nátriumtartalom meghatározásánál zavarokat okozhat.

A nyert tapasztalatok alapján az alumíniumban

lévő nátriumtartalom meghatározását az alábbi 3 módszer felhasználásával folytattuk:

- A. Olvasztási eljárás,
- B. Amilalkoholos eljárás,
- C. Spektroanalitikai meghatározások.

A kapott eredményeinket az alábbiakban ismertetjük:

A. Olvasztási eljárás.

Mint már korábban említettük, az olvasztásos eljárás jó üzemi eredményeket ad, csak a megismételendő elemzések miatt a módszer elég hosszú időt vesz igénybe. Ez utóbbinak megrövidítése céljából kísérleteket végeztünk, hogy olyan olvasztási eljárást vezessünk be, amelynél a keletkezett olvadék igen finom elosztású legyen, mert utóbbi esetben egyszeri megolvasztás után is valószínűleg kioldódik teljesen a fém felületére gyülemlő nátriummennyiség. A cél elérésére 3 kísérletsorozatot folytattunk:

- a) olvasztások Schopp-pisztoly segítségével,
- b) olvasztások lyukacsosfenekű tégelyben,
- c) olvasztások ívfénnyel, víz alatt.

A fent ismertetett módosításokkal kapcsolatos előkísérletek közül a b) és c) alattiak felhasználható eredményeket adtak, de egy lerövidített üzemi ellenőrzési eljárás céljaira nem bizonyultak olyan alkalmasnak, mint ahogy azt eredetileg vártuk.

B) Amilalkoholos eljárás.

A fent már említett amilalkoholos eljárással is sorozatos kísérleteket végeztünk. Az eredeti japán közleményt nem sikerült megkapni, és így csak a Chem. Abst. és a CB. rövid kivonataira voltunk utalva. Az alább ismertetett eljárás gyakorlati keresztülvitelét, tapasztalataink alapján, magunk dolgoztuk ki.

Cca. 2 g alumíniumreszeléket néhány mg (5–10) porított fémkobalt jelenlétében visszacepegtető hűtővel és csapos tölcserrel ellátott beköszörült üveg dugós lombikban 50 ml amilalkohollal (Fp. 128° C) melegítettük.* A fém feloldódása után — amelynek részleteire alább visszatérünk —, a kissé lehűtött oldathoz 80 ml 96°-os etilalkoholt adtunk és az elegyet újra felmelegítettük. A kivált csapadékot, amely az alább ismertetett kísérletek eredményei alapján gyakorlatilag nem adszorbeálta a nátriumot, nagyobb jénai szűrőn leszűrtük, etilalkohollal átmostuk, majd a szüredéket desztilláló feltétell ellátott Erlenmayer lombikban — az alkoholok legnagyobb részét előlve —, cca 10 ml-re bepároltuk. A maradékot 50 ml bi-desztivázzal felforraltuk, az esetleg kiváló kevés csapadékot leszűrtük. A szüredéket, amely a nátriumot mint NaOH-t tartalmazza, a levegő hatásától védve lehűtöttük és n/50 savval egy csepp metilnarancs jelenlétében megtitráltuk. Az átmeneti pont után az oldatot túlsavaztuk, kiforraltuk, lehűtöttük és n/50 nátronlúggal visszatitráltuk.

Az eljárás kivitelezésénél a következőket kell szemelőtt tartani:

1. feltétlenül kell *vakpróbát* csinálni, vagyis alumíniumreszelék nélkül az egész eljárást a megfelelő mennyiségű reagensekkel előírás szerint teljesen vé-

* A kereskedelmi amilalkoholt Ca-fémről ledesztilláltuk és a kísérleteinkhez a fent említett forrponjú frakciót használtuk.

gig kell vezetni és a titrálásnál így adódó esetleges mérőfolyadékfogyást az eredmények kiszámításánál figyelembe kell venni;

2. a titrálásnál, tekintetbe véve az egész csekély nátriummennyiséget, *összehasonlító oldattal* kell dolgozni és már a mérőfolyadékokat is erre kell beállítani;

3. a módszer üzemi használhatósága annak *időtartamától* is függ. A kísérleteink közben azt tapasztaltuk, hogy ha a *nedvesség* az oldásnál csak nyomokban is jelen volt, az oldódás vagy egyáltalában nem történt meg, vagy annyira elhúzódott, hogy a módszer gyakorlatilag értéktelen lett. Miután a rendelkezésünkre álló szakirodalmi referátumban a *nedves-ségmentes oldás* gyakorlati keresztülvitelére adatokat nem találtunk, ezt a tapasztalataink alapján és elméleti megfontolás után a következőképpen oldottuk meg: a készüléket teljesen kiszárítottuk és az oldást abszolút amilalkohollal végeztük. A visszacsepegő hűtő felső végét CaCl_2 -os védőcsővel zártuk. Ha a visszacsepegő hűtőben nedvességnomokat észleltünk, a hűtővizet kikapcsoltuk és így folytattuk az oldat melegítését, amíg a víznyomok eltűntek. A használt amilalkohol forráspontja magasabb lévén a vizénél, az alkoholvesztés egészen csekély.* Ha a víznyomok eltűntek (10–15 perc), a hűtővizet újra rákapcsoltuk és folytattuk az oldást. A most már vízmentesített közegben és légtérben az oldódás rövid időn belül erős gázfejlődéssel sémán bekövetkezett. A kapott oldatot a fent már előre bocsátottak értelmében megelemeztek.

Az ismertetett eljárás kiértékelésére az alábbi kísérleteket végeztük:

1. Amilalkoholban fémnátriumot oldottunk és az oldatot súly szerint Na_2SO_4 alakban, továbbá — vízzel való forralás után — acidimetrikusan megelemeztek. A kapott eredmények középértékben a következők:

I. táblázat

Bemért Na-amilát ml.	Na_2SO_4 g	n/50 H_2SO_4 ml	Na/1 ml Na-amilát g
10.0	0.0404	—	0.00152
1.0	—	3.30	0.00159

1 ml nátrium-amilát = 0.00156 g nátrium.

2. A fenti nátrium-amilát oldatból bemért mennyiséget adtunk olyan alumínium mintához, amelyben az elemzésnél nátriumot nem találtunk, és az elemzési eljárást elvégeztük. A kapott eredmények a következők (középértékben):

II. táblázat

Bemért Na-amilát ml	n/50 H_2SO_4 ml	Számított Na g	Talált Na g
0.2	0.625	0.00031	0.00029
0.1	0.300	0.00016	0.00014

A fenti eredmények bizonyítják, hogy a keletkezett Al-amilát csapadék a nátriumot nagyságrendileg elhanyagolható értékben adszorbeálja csak.

3. A kapott eredmények alapján amelyek a módszer használhatóságát bizonyítják, párhuzamos kísér-

* Ezen ú. n. „száraz” forralás alatt a kalciumkloridos védőcső rövid időre a visszacsepegő hűtőből ki is vehető.

leteket végeztünk alumíniummintákkal. Az elemzések eredményei azt mutatják, hogy a meghatározások használható, megismételhető eredményeket adnak:

III. táblázat

Minta	Bemért Al g	Fogyott n/50 H_2SO_4 ml	Talált Na mg	Talált Na %
51182/a	2.2184	0.325	0.149	0.0068
„	1.5978	0.230	0.106	0.0066
30632/a	2.2189	—	—	—
„	1.9393	—	—	—
C. 7.	2.0883	0.200	0.092	0.0044
„	1.8421	0.170	0.078	0.0042
C. 8.	2.0010	0.120	0.055	0.0047
„	2.2183	0.170	0.078	0.0035

A közölt eredmények alapján az amilalkoholos módszer *üzemi szempontból* használhatónak mutatkozik a fémalumínium nátriumtartalmának meghatározására. Összehasonlító eredményeink alapján az olvasztásos módszer az, amelyek a kiértékelés szerint ugyancsak alkalmas üzemi pontosságú eredmény elérésére. A többi kémiai eljárásnál az alumíniumsó csapadék adszorpciós hatása miatt a nátriumtartalom megállapítása bizonyos fokig problematikusnak látszik. Az amilalkoholos eljárás — kísérleteink szerint — a Na-tartalom meghatározására üzemi szempontból használható és jól ismétlődő értékeket ad és így azt mint *tájékoztató* módszert elfogadhatónak tartjuk. A végleges kiértékelést a spektrálanalitikai eredménnyel való összehasonlítás után fogjuk megállapítani. Az alumíniumban lévő nátriumtartalom spektrálanalitikai meghatározására vonatkozó kísérleteinkről későbbi közleményünkben fogunk beszámolni.

Kísérleteinket a Fémipari Kutató Intézetnek a Műszaki Egyetem Elektro-Kémiai tanszékén elhelyezett kémiai osztályán végeztük.

IRODALMI ÖSSZEFOGLÁLÁS.

- R. W. Bridges Ind. Eng. Chem. (Anal. Ed.) 4, 264, 1932. — E. Scheuer Z. Metallk. 25, 139, 1933. 27, 83, 1935. — R. Smart J. Soc. Chem. Ind. 62, 213, 1943. — Ginsberg Leichtmetallanalyse. Berlin, 1941.
- K. L. Maljarov C. 1408. 1930. — R. Smart J. Soc. Chem. Ind. 62, 213, 1943. — H. Ginsberg Leichtmetallanalyse, Berlin, 1941.
- H. H. Barber és J. M. Kolthoff J. Am. Chem. Soc. 50, 1635. 1928. 51, 3233. 1929. — H. Gall és K. M. Heinig Z. anorg. u. allg. Ch. 202, 154, 1931. — Dobbins és Byrd J. Am. Chem. Soc. 53, 3288, 1931. — K. A. Vasziljev. Chim. Ref. Zsur. 261. 1940. — Brit. Al. Co Ltd. Pub. 399, 186, 1941. — K. Kimura és K. Kuroda. Bull. Inst. Phys. Res. Tokio. 20, 352, 1941. — R. Smart J. Soc. Chem. Ind. 62, 213, 1943. — R. Hedin Sw. Cement a Conor, Res. Inst. 8. 1947.
- G. Thanheiser és J. Heyes Mitt. d. Kais. Wih. Inst. 19, 113, 1937. — H. Rabner Helv. Chim. Acta 27, 268, 1944. — J. Orsag Congr. group a math. anal. spekt. prod. met. 6, 21, 1946.
- M. Koide J. Soc. Chem. Ind. Japan, 43, 351, 1940.
- P. Urech és R. Sulzberg Helv. Chem. Act. 27, 1074, 1944.
- R. Sagane, M. Eguchi és J. Shigeta J. Phys. Math. Soc. Japan, 16, 383, 1942.
- Papp E. Bányászati és Kohászati Lapok Alumínium V, 50, 1950.
- Zombory L. és Nagy P. Kohászati Lapok, Alumínium VI. 54, 1951.
- Gmelin. Al. Lf. 5. I. 797.
- Seligmann és Williams J. Soc. Chem. Ind. 35. 88, 1915. — J. Dornauf Z. angew. Ch. 41, 1000. 1928.

Szénhamu apasztása salétromsavval

Dr. ROMWALTER ALFRÉD ÉS FÉKETE LÁSZLÓ OKL. KOHÓMÉRŐK

546.26.

Уменьшение угольной золы азотной кислотой

Diminuation of coalash with nitric acid.

Ascheminderung von Mineralkohlen mittels Salpetersäure.

Die Verfasser führten Versuche zwecks Minderung von Kohlenasche erst mit Salzsäure durch und berichteten hierüber bereits früher (Bányászati és Kohászati Lapok, 1949. Heft 1. Alumínium Beilage). In der vorliegenden Mitteilung folgt der Bericht über solche Versuche mit Salpetersäure.

Abermals diente ein Durchschnittsmuster von Doroeger Kohle als Ausgangsmaterial, doch wurde zum Vergleiche auch Pécsér Steinkohle und Brenner Braunkohle bearbeitet. Es zeigte sich, dass der auf Säurewirkung beruhende Erfolg hinsichtlich der Ascheminderung durch Salzsäure nur bei Anwendung des Extraktionsverfahrens so weit getrieben werden kann, wie er sich durch einmalige Behandlung mit Salpetersäure einstellt, weil die letztere zufolge ihrer gleichzeitigen Säure- und Oxidationswirkung die Permutiteigenschaft der Kohle aufhebt. Die oxidierte Kohle löst sich in Laugen leicht und weitgehend, insbesondere auch in Ammoniaklaugung. Während durch die ausschliessliche Säurewirkung von HCl nur die Ascheminderung solcher Kohlen aussichtsvoll ist, in welchen als wesentliche Aschebildner $Fe(OH)_3$ bzw. Limonit und $CaCO_3$ vorkommen, gelingt mit HNO_3 auch die Minderung silikatischer Aschebildner. Bei uns können HNO_3 und NH_3 als verfügbare Hilfsstoffe gelten, weil ihre Darstellung aus Luft und Wasser möglich ist, zugleich sind die erforderlichen Einrichtungen zur Ascheminderung aus unserem Hauptmetall: aus Aluminium erstellbar, weil es sich widerstandsfähig gegenüber diesen beiden Hilfsstoffen verhält. Die Ascheminderung beruht im Falle des Salpetersäure-Ammoniaklaugung Verfahrens einerseits auf auswählender Lösung von $Fe:::$ und $Ca:::$ andererseits auf Überführung der reinen Braunkohlesubstanz in Hydrosol. Zu dieser Behandlung eignet sich die Kohle umso mehr, je weniger vorgeschritten die Inkohlung ist. Die Anwendung von HNO_3 und NH_3 zu diesem Zwecke bedeutet keineswegs den Grossverbrauch dieser Hilfsstoffe, sondern nur ihren Umlauf nebst Wiedergewinnung. Dieses Verfahren kann übrigens nicht nur zur Ascheminderung dienlich sein, sondern auch die Gewinnung von Huminen, bzw. Huminsäuren bezwecken, welche gleich bedeutungsvoll für die Bodenkultur und als Rohstoffquelle der Phenol- und Kohlenwasserstoff-Versorgung in Frage kommen, denn das Phenol ausbringen ist auf diesem Wege zehnmal grösser als im Wege der Schwelung. Möglicherweise erleichtert die oxydierende Wirkung von HNO_3 auch das Ausbringen des Kohlenschwefels.

A Bányászati és Kohászati Lapok „Alumínium“ mellékletében (1949. 1. szám) beszámoltunk a sósavval végzett hamuapasztó kísérleteinkről és már ott reámutattunk a salétromsav alkalmazásának általunk remélt előnyeire:

1. Alumíniumból épült berendezés anyagát a salétromsav passziválná.
2. Hamuképzőket a salétromsav éppenúgy oldaná, mint a sósav.
3. Hamuképző fémes szénösszetevők salétromsavban való oldásakor nitrátok keletkeznek, amelyekből $CaCO_3$ -al, cserebomlás útján $Ca(NO_3)_2$, tehát nitrátos műtrágya készülhet.
4. Ha a salétromsav a kezelt szén összetevőit részben oxidálja, akkor nitrozus gázt fejleszt, amelyből az egyenértékű salétromsav regenerálható.

5. Csupán a nitroszarmazékok, vagy nitrátészterek képződésekor fogyó salétromsav tekinthető veszteségnek, a többi fogyasztás értékesül, illetve a nitrozus gázokból regenerálható.

Jelen közleményünkben a Magyar Tudományos Akadémia részéről jóváhagyott 1950. évi, fenti című kutatási tervünk végrehajtásáról számolunk be és előljáróban az idevágó irodalomról is számot adunk.

Egyikünk (Romwalter) az 1914—18. évi világháború folyamán a fiúmei „Fabrica Prodotti Tannici“ megbízásából ásványszén nitrálásával foglalkozott, nitroszarmazék jellegű cserző pótanyagok előállítására véget. Ilyen melléktermékek irodalmát is kerestük, de századunk elejétől kezdve a Chemisches Zentralblatt nem referál idevágó közleményt, noha a megnevezett gyár annakidején irodalmi adat alapján gondolt ásványszén nitrálásával előállítható pótanyagra, amikor a délamerikai Quebracho-fa behozatala a háborús cselekmények miatt lehetetlenné vált.

Általában kevés kutató foglalkozott a salétromsav és ásványszének kölcsönhatásával. S. Hilgert, K. Kellner és R. Lepsius (Ch. Zentralblatt 1913. II. 2/82) munkálatai szerint az Osterfeld vidéki zsíros kőszén egyenlő térfogat 1,84 g/cm³ sűrűségű kénsav és 1,4 g/cm³ sűrűségű salétromsav keverékével nitrálva külsőleg nem változik, de nitrogéntartalma 1,8-ról 8-súly %-ra változik és acetóban és etilacetóban oldékony, ellenben benzolban és szénhidrogénekben oldhatatlan termékeket szolgáltat; alkalifém lúgok részleges elszappanosítás közben oldják a nitrálás termékeit, egy részük tehát észter. Savanyításra szerves savak válnak ki a lúggal nyert oldatból.

Füstölő kénsavval 120° C-hőmérsékletig szulfosavak nem képződnek a nyers szénből és ez a tény a nitroszarmazékok könnyű elszappanosodásával egyértelműen a szén gyűrűs alkata ellen szól, viszont a nitroszarmazékok könnyen elszappanosodó volta arra is mutat, hogy a nyers szén 5—6 súly %-nyi oxigéntartalma főleg hidroxilgyökökben foglal helyet. Melegítés hatására a nitrált szén robbanásszerűen bomlik le.

B. Juettner, R. C. Smith és H. C. Howard (Journ. Amer. Chem. Soc. 57 (1935) 2322—26 Ref. Chem. Zentralblatt 1936. I. 4234) bitumendús szenet salétromsavval kezelték. Tapasztalásuk szerint tömény salétromsav szinte teljesen oldható anyagokká oxidálja ezt a szenet, a huminsavkihozat néhány nap múlva maximális értékre emelkedik. Levegő közreműködése mellett a salétromsavnak csak negyedrésze fogy mint levegő kizárásával. Ha a szenet kezelés előtt benzollal extrahálták (vagyis az „A“ és „B“ bitument kivonták belőle), a maradék (nyilván a huminoidok és a „maradékészén“) sokkal gyorsabban oxidálható salétromsavval, mint a nyers ásványszén. 440° C-ig lepárolt félkoks oxidálhatósága alig különbözik a nyers széntől. Ellenben nagyobb hőmérsékleten készült koksok igen ellenállóak a salétromsavval szemben. Az oxidációval termelt huminsavak kevesebb hidroxilcsoportot tartalmaznak a közönséges

huminsavaknál, az *oldékony huminsavak* szinte hidroxilmentesek. Utóbbiak sorában benzolpentakarbon — és melltsavat $[C_6(COOH)_6]$ sikerült kimutatniok. Dekarboxilálás révén az oldékony huminsavaknak $1/10$ -része aromás szénhidrogénekké alakítható,

Bernard S. Briggs közleménye [Journ. Amer. Chem. Soc. 58 (1936), Ref. Chem. Zentralbl. 1936. I. 4378 és 1936. II. 2057] egy Pittsburgh melletti széntelep nyomásos benzolkivonása útján $260^\circ C$ -ig nyert kivonataival foglalkozik és ilyenek salétromsavval történt oxidációjáról is szól. Nitrotermékeket említ az utóbbi kísérletek kapcsán, amelyeket vörös, kristályos pikrátok alakjában alkoholból nyert. Ezek dehidrogénezése révén kizárólag mono-, bi- és póliciklusos kondenzált szénhidrogénekhez jutott és említi, hogy a kivonatok enyhe oxidáció révén 60 súly %-nyi huminsav kihozatot szolgáltatottak.

Nem valószínű, hogy a rendelkezésünkre álló referátumok felelelik a bennünket érdeklő irodalmat, de bizonyos, hogy a kutatási tervünkbe vágó világ-irodalom meglehetősen gyér.

Kísérleti rész.

Vizsgálataink zöme dorogi szénre vonatkozik, mégpedig olyan átlagra, amilyent a dorogi lepárió éveken át feldolgozott. Választásunk indoka, hogy ipari célunk szerint nem valamely szénpetrográfiai szempontból élesen definiálható dorogi szénféleséget, hanem a tömeges jövesztés tárgyát képező dorogi szén átlagát akartuk tanulmányozni. Eszerint kísérleteink ipari célt szolgálnak, nem pedig az ásványászévkémia problémáinak megoldását. Összehasonlítás céljaira azonban végeztünk kísérleteket összesülő pécsvidéki kőszénnel és brennbergi barnaszénnel is és ezt adott esetben beszámolónkban mindig hangsúlyozzuk.

Dorogi átlagmintánk 8,6% hamut hagyott. Mózárban tört átlagunkból szitákkal 2—3 mm szemcse-átmérős frakciót választottunk el, amelynek a kezelést követő leszűrése sokkal könnyebb, mint a porfinom részletben bővelkedő polidiszperz töreté. Másrészt hamvasztó kísérleteink bizonyossága szerint ez a kiszitált töret gyakorlatilag ugyanannyi hamut hagyott, mint a szitálatlan polidiszperz töret.

1. kísérletsor.

10 g szitált töretet 20 cm^3 szobahőmérsékletű tömény salétromsavval öntöttünk le és megfigyeltük a rendszert. Azonnal élénk exotermális folyamat indult, pezsegetve barna NO_2 gáz távozott, majd félórán belül a reakció enyhült és egy órán belül gyakorlatilag megszűnt. Párhuzamos próbáról a reakció szüntével leöntöttük a savat, majd új savadagot öntöttünk a kezelt maradékra, de a reakció nem ismétlődött többé.

Egyik párhuzamos próbánkat 1 napig pihentettük, majd desztillált vízzel hígítva 1 hélig tovább pihentettük, végül 500 cm^3 -es mércézett lombikba leszűrtük, mostuk és desztillált vízzel jelre töltöttünk. Ebből a jól összekevert sárga színű szűrletből 100 cm^3 -t vízfürdön beszárítottunk, szilárd maradékának

súlya $0,2715\text{ g}$, tehát a szénbemérés $13,56\text{ súly}\%$ -á, színe a széleken sárga, közepe felé vöröses; vízben zöme újra oldható, de kevés *fehér oldatlan rész marad*. Ez az utóbbi sósavban lassan, de szinte teljesen oldódik, csak IV. osztályú kationok vannak oldatában, mégpedig Ca^{++} kationok, ezek mellett SO_4^{--} anionok. Tehát az újra oldáskor észlelt csekély fehér maradvány zömében CaSO_4 .

Az 500 cm^3 -es mércézett lombikban maradt sárga oldat sósavval ellátva H_2S -el változást nem mutatott, $(\text{H}_4\text{N})_2\text{S}$ hozzáadására színváltozás következett be, majd ammóniával lugosítva sötétzöld színű lett és lassanként fekete csapadék vált ki belőle és mire leülepedett, a fölette álló oldat ismét sárga színű volt. Hosszabb állás után a fekete csapadéokra világosbarna, pelyhes réteg rakódott, amelynek szaporodása közben a fekete csapadék fogyott, sőt végül el is tűnt. Ez az állékony világosbarna csapadék könnyen leszűrhető és kimosható, elhamvasztás után lehülve vörös. Tehát az ammóniás közegből $(\text{H}_4\text{N})_2\text{S}$ -el leválasztott fekete csapadék FeS volt, amely oxidálódva $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -á alakult. Az FeS ülepedése után tisztult oldat változatlanul maradt sárga színe mutatja, hogy az oxidáció vízben oldható terméke nem vált le az FeS -el és ez okozza az oldat sárga színét. Ez a sárga színű termék, illetve vizes oldata a pikrinsavnak csak egyes reakcióit adja és valószínűleg különböző nitrofenolok keveréke.

Külsőleg változatlan a kezelt szénmaradvány, súlyállandóságig szárítva a szénbeméréshez képest jelentéktelen súlygyarapodást mutat, hamumaradványa $5,65\text{ súly}\%$. Ha a kezelt szénmaradvány súlyát a bemérésével gyakorlatilag egyenlőnek vesszük, akkor a vízben oldódott részletek súlyából adódó $13,56\text{ súly}\%$ -nyi súlyszaporulat csakis a salétromsavból, a vízből és a levegőből származhatik. De mindaddig, amíg a reakció folyik és NO_2 -gáz szabadul a rendszerből, tehát nem valószínű a levegő oxigénjének elnyelése, viszont a reakció befejeztével savas közegben aligha történik további oxidáció levegő behatására. Ennélfogva a kimutatott $13,56\text{ súly}\%$ -nyi szaporulat elsősorban a salétromsavból és a rendszerbeli vízből származhatik. Könnyen mérhető volt a reakció savfogyasztása. Fenoltalein indikáció mellett az 500 cm^3 -re hígított oldat 20 cm^3 -e $6,30\text{ cm}^3$ normál lúgot fogyasztott, viszont 20 cm^3 az alkalmazott koncentrált salétromsavból ugyancsak 500 cm^3 -re hígítva 20 cm^3 -enkint $11,86\text{ cm}^3$ normál lúgot fogyasztott. Tehát a reakció után a beadott összes sav $46,9\%$ -a hiányzik, vagyis $18,679\text{ g HNO}_3$ -ból $8,757\text{ g}$. Eredeti célkitűzésünk (a hamuapasztás) szemszögéből a salétromsav annyiban hatásosabb a sósavnál, hogy egyetlen salétromsavas kezelés kb. ugyanannyira apasztotta a hamut, mint az extrakciós elvnek megfelelően, vagyis többszörösen alkalmazott sósav. Külsőleg ugyan a salétromsavval kezelt szén szintén változatlanul látszik, de már 120 és $160^\circ C$ között exotermálisan bomlani kezd és rohamosan sárgásfehér, kátrányszagú gőzt fejlesztve nagy súlycsökkenést szenved. Exotermiás lebomlása után a „félkokszt”-kihozott az eredeti szénsúlynak csak 65 — 70% -a (tehát a kezelés maradványának 35 — 30% -a illó). Ennek megfelelően a félkocszt porózus, hamumaradványa $7,36\text{ súly}\%$. Hamuja fehér, de barnás-

piros részletekkel tarkított. Nyilvánvaló tehát, hogy a salétromsav lényeges alakváltozást okozott a kezelt szénben. Elsősorban megszüntette a dorogi szén permutitszerű, kationcserélő tulajdonságát. Másrészt figyelmet érdemel, hogy a kezelt, kimosott, majd szárított szénmaradvány gyakorlatilag ugyanolyan súlyú, mint a nyers szén. Ez a súlyállandóság bizonyítja, hogy a salétromsavban oldódott részletek súlyával egyenlő NO_2 , illetve NO_3 és HO , illetve H_2O mennyiség csatlakozhatott a szilárd szénmaradványhoz a reakció folyamán. Mindezek a változások eléggé megmagyarázzák az imént kiemelt extermás lejárési jelenséget, amely megfelel a Strache és Grau-féle szabálynak, miszerint szenesülésre képes, avagy szenesült anyagok lejárési hője annál inkább pozitív, mennél nagyobb az oxigéntartalmuk. Hasznos támaszpontot szolgáltat a reakció okozta 13,56%-nyi összes súlygyarapodás kiértékeléséhez a megállapított salétromsav fogyasztás. Rámutatunk arra, hogy a reakció bőséges NO_2 -gáz termeléssel jár. A $2\text{HNO}_3 \rightarrow \text{H}_2\text{O} + 2\text{NO}_2 + \text{O}$ egyenlet szerint leadott oxigénnek a mért savfogyasztásból adódó súlya ugyanis $8,757 \cdot 16 \cong 1,11$ g, amíg a mért összes súlytöbblet $10,01356 = 1,356$ g. Ennélfogva a mért savfogyasztás pusztán az NO_2 -termeléssel kapcsolatos oxidáció révén nem okozhat 1,356 g. súlygyarapodást. Szükségképp más hatás is történt és ilyen lehet nitrátészter, nitrítészter, illetve nitroszarmazék és nitrozilszarmazék képződése, avagy vízfelvétel.

2. kísérlet sor.

Megkíséreltük a salétromsavas kezelés olyan változatát, hogy 10 g szenet 20 cm³ koncentrált salétromsavval egy hétig állani hagyjuk, csak ezután hígítottuk, 500 cm³-es mércézett lombikokba szűrtük, mostuk és desztillált vízzel jelre töltöttük. Egyébként ugyanígy vizsgáltuk az így nyert sárga oldatot, mint az 1. kísérlet sor leírásában közöltük. Csupán két különbség mutatkozott: az oldódott részlet a szénbemérés 19,3%-a, a savfogyasztás az eredetileg beadott HNO_3 súlyának 47,8%-a. Tehát a koncentrált sav sokkal hosszabb ideig tartó behatása 42,3%-kal növelte ugyan a savban oldódó termékek mennyiségét, de ekközben a savfogyasztás csak 1,9%-kal növekedett.

3. kísérlet sor.

Ezután 10 g szenet 20 cm³ koncentrált salétromsav + 20 cm³ koncentrált kénsav keverékével kezeltünk, a hígítás után leszűrt és gondosan kimosott szénmaradványt súlyállandóságig szárítottuk, majd bemért részletét óvatosan hevítettük. Ismétlődött a kishőmérsékleten beálló hirtelen lebomlás és félkoks képződés, a kezelt szén 37,5 súly %-a illant és hamvasztáskor 5,84% hamut hagyott. Ennélfogva a hamumaradvány a félkoks 9,34%-a volt és bebizonyult, hogy a hamuapasztás salétromsavval sem adhat lényegesen jobb eredményt, mint sósavval. Csak annyiban hatásosabb a salétromsav, hogy egyetlen kezeléssel ugyanolyan eredményt értünk el, mint ismételt sósavkezeléssel. Nyilván a szén kationcserélő képes-

ségének megszüntetésén alapszik a salétromsav hatásosabb munkája. Végeredményben 8,6%-ról átlag 5,7%-ra apadt a hamumaradvány, kereken az eredeti hamumaradvány $\frac{2}{3}$ részére.

Megelemezünk nyers szénátlagunk hamumaradványát. 35% SiO_2 -t, 17,4% Fe_2O_3 -at, 33,7% Al_2O_3 -at, 11% CaO -t találtunk, MgO -t csak nyomokban, a hiányzó 2,9% SO_4 , P_2O_5 , MgO és alkali-fémoxid. Nyilvánvaló tehát, hogy a savkezelés elsősorban az Fe_2O_3 -al, a CaO -t és valószínűleg az Al_2O_3 egy töredékével együtt az anionokat, az MgO -t és az alkali-fémoxidokat oldja, mire az Al_2O_3 zöme az összes SiO_2 -vel hamuképzőként visszamarad.

Ennélfogva savkezelés révén csak olyan ásvány-szenek hamuja apasztható, amelyek szilikátszegények, illetve szilikátmentesek. Nem tekinthető savhatásnak a szilikátos hamuképzők HF-el elérhető apasztása, de a salétromsavval elérhető gyorsabb hatás sem, mert a HF a szilikát-, a HNO_3 a szenesült összetevők alkatát módosítja. Ezenfelül a HF gyakorlati használata sokféle nehézségbe ütközik és költséges. Lehetséges viszont, hogy salétromsavval a szenesült összetevők oxidációja révén a szenesülési foka erősen csökkenthető, illetve a szén lúgban való oldékonysága annyira növelhető, hogy a hamuképzők a lúgos szénoldatból leszűrhetők. Kreulen tapasztalatai megmutatták, hogy akár „maradékszenben” dús kő-szenek gázalakú O_2 -vel az égést kezdeményező („iniciális”) hőmérsékletnél valamivel kisebb hőmérsékleten fokozatosan huminsavakká alakíthatók, és váltakozó oxidálással, majd lúggal való kivonással lassanként feloldhatók. Ez a tapasztalat biztató, mert a Kreulen-féle váltakozó száraz oxidáció és huminsavkioldás többszörös ismétlését esetleg egy salétromsavval történő oxidáció és ezt követő lúgos kezelés helyettesítheti és nem csupán a hamuapasztást, hanem a huminsavakon keresztül értékes féltermékek, például fenolplaszt nyersanyagok, avagy cserző tulajdonságú pótanyagok gyártását is megoldhatja.

Mindenekelőtt megvizsgáltuk a salétromsavas kezelés huminsavszaporító hatását.

4. kísérlet sor.

6 g szenet 3 g NaOH -t tartalmazó 250 cm³ lúgban visszafolyó hűtővel ellátott lombikban hosszasan főztük, végül a forró kivonatot a szénmaradványról leszűrtük. Ezután a szűrőn maradt terméket visszamosztuk a lombikba és 250 cm³ vízzel főztük, majd éjjelen át ülepitve, tisztáját leszíva az előző napi szűrlettel egyesítve desztillált vízzel 600 cm³-re kiegészítettük.

Lombikunkban az ülepedett részek kocsonyás lepényré álltak össze, amelyet sósavval savanyítva főztünk, desztillált vízzel hígítottuk és újra ülepitettük. Ezután tisztáját leszíva új vízádaggal összeráztuk, ismét ülepitettük, végül leszűrtük és megszáritottuk. Száraz állapotban bemért 0,7150 g-jából 0,0408 g, vagyis 5,7% lilás-színű hamut hagyott.

Másrészt a 600 cm³-re kiegészített huminát oldatból 100 cm³-t (megfelel 1 g szénnek) megsavanyítva leválasztottuk a huminsavat és leszűrtük. Ez a szűrés igen lassú volt, többször újra fel kellett önte-

nünk a szűrőre, mert kezdetben részlegesen áthaladt a huminsav a szűrőn és a szűrletet barnásan színezte. Száritva a huminsav súlya 0,0976 g, kereken a szén-súly 10%-a.

5. kísérlet sor.

6 g szenet 20 cm³ koncentrált salétromsavval öntöttünk le, a reakció szüntével desztillált vízzel hígítva 1 napig pihentettük, majd NaOH oldattal lúgosítottuk, mire a kezelt szén gyorsan oldódott és fekete fessette a lúgot; szűrése annyira lassú volt, hogy 600 cm³-re hígítottuk a huminatos lúgot és száraz szűrőn szűrtük. Mire elegendő mennyiség lecsepegett, a szűrlet 100 cm³-ből (megfelel 1 g szénnek) savanyítással lecsaptuk a huminsavat és a 4. kísérlet sor leírásában látható módon szűrőre hoztuk, végül megszáritottuk. Száraz állapotban fényes fekete, vitrit külsejű, 1 g szénből 0,6298 g, vagyis kereken 63% a huminsavkihozat, tehát hatszor akkora, mint a salétromsavkezelés nélkül, pusztán lúggal. Lepárlás, majd hamvasztás révén 0,4955 g száraz huminsav, 0,2615 g kokszt, illetve 0,0046 g hamut szolgáltatott, vagy a szénbemérésre százalékosan átszámítva 100 g szén → 62,98% huminsav → 33% kokszt → 0,584% hamu. Eszerint a száraz huminsav hamumaradványa 0,93%, a kokszté pedig 1,76%.

Kísérletünk tehát mind a huminkihozat, mind a hamuapasztás szempontjából biztató. Gyakorlati szempontból azonban fontos, hogy a lúgosítás előtt a főleges savat szűréssel, avagy illóítóval elválasszuk a kezelt széntől, mert különben céltalanul növeljük a sav- és lúgfogyasztást és ezenfelül nem illó sókkal szennyezzük a huminoldatot. Fontos továbbá a lúgos huminátoldat szűrésének megkönnyítése, végül a legjobb kihozatokat biztosító legkisebb sav- és lúgszükséglet megállapítása. Hasznosnak ígérkezett a főleges sav ledesztillálása és a nátronlúg helyettesítése ammóniával. További kísérleteink a felvetődött kérdések tisztázását szolgálták.

6. kísérlet sor

5 g szén + 10 cm³ koncentrált salétromsav, majd a reakció szüntével mérsékelt hígítás vízzel és beszárítás vízfürdőn, a sav ledesztillálása, illetve leszűrése helyett. Visszafolyó hűtővel ellátott lombikban a száraz maradékot tömény ammóniával melegítve, majd éjjelen át pihentetve fekete huminátoldatot kapunk, amelyet mércézett lombikban 500 cm³-re egészítünk ki desztillált vízzel. Ebből a hígított ammóniumhumínát oldatból 100 cm³-t (megfelel 1 g szénnek) vízfürdőn beszárítottunk (az ammónia ledesztillálása helyett), 1 g szénből 1,5694 g száraz huminátos maradék származott. Belőle koksztoláskor, illetve hamvasztáskor 0,4600 g koksztot, végül 0,0425 g hamut kaptunk. Eszerint a huminát 2,7% hamut hagyott, ami a koksztára átszámítva 9,6% hamut jelent.

7. kísérlet sor

Ugyanúgy indult, mint a 6. kísérlet sor, de az ammóniás huminátoldat beszárított maradványát tömény sósavval leöntve éjjelen át állni hagytuk. Így

levált a huminsav, amelyet dekantáló mosás és szűrés után szárítottunk. Tégelybe mért részletét koksztolás után elhamvasztottuk.

1 g szénre átszámítva a huminatkihozat 1,6927 g, a huminsavkihozat 0,6200 g, a hamu 0,0092 g. Tehát a huminsav 1,48% hamut hagyott, vagyis a sósav sok hamuképzőt oldott, mert a 6. kísérlet huminátja után 2,7% hamu maradt.

8. kísérlet sor

Annak eldöntésére, hogy a huminatkihozat, illetve hamumaradványa miképp változik az alkalmazott tömény HNO₃ mennyiségének függvényében, mindig 2 g szenet, de 1 cm³-től 4 cm³-ig emelkedő tömény salétromsavat alkalmaztunk. Ezenkívül megkíséreltük az 1 cm³-es savadag 3 cm³, majd 1 cm³ vízzel való hígítását. A keveréket minden kísérlet alkalmával vízfürdőn beszárítva mértük a súlygyarapodást, majd a lemért száraz maradékot tömény ammóniával 50 cm³ ösztérfogatra feltöltve 1 napig állni hagytuk. Másnap kipipettáztott 20 cm³ oldatot centrifugáltunk, ebből 15 cm³-t tégelybe pipettáztunk, hogy vízfürdőn száritva a huminátot, végül pedig ennek hamuját mérjük. Párhuzamosan több esetben centrifugálás nélkül, csupán ülepítés után kipipettáztott 15 cm³-rel is elvégeztük ugyanezeket a méréseket. Mindezen mérések eredményét táblázatban foglaljuk össze.

	Szén g	HNO ₃ cm ³	Víz cm ³	Súlyszapórlat %	Huminatkihozat		Hamu huminátban	
					centrifugálva %	ülepítve %	centrifugálva %	ülepítve %
a	2	1	3	5,8	15,4	—	3,24	—
b	2	1	1	6,0	12,2	14,8	4,50	4,72
c	2	2	—	10,61	82,4	86,9	3,52	4,16
d	2	3	—	14,77	87,0	115,	2,92	4,20
e*	2	4	—	15,50	103,0	—	2,92	—

9. kísérlet sor

3 g szemcsés szénátlag 6 cm³ tömény salétromsavas kezelés 8. e) módjához hasonlóan indult, de beszárítás után a terméket porítva koncentrált ammóniával 150 cm³ ösztérfogatra töltöttük és oldódás után két napig ülepítettük, majd a tiszta oldat egy részét kipipettázva centrifugálás után, másik kipipettázott részét közvetlenül beszárítottuk. Mérési eredményeink szerint a centrifugált részletnek huminatkihozatja a szénbemérésre vonatkoztatva 76,5%, a száraz huminátból hamvasztáskor 0,9% hamu marad. Ezzel szemben a nem centrifugált (vagyis pusztán ülepített) alapján számított huminatkihozat 76,8% és az utóbbira vonatkoztatott hamumaradvány 1,54%. Tehát a kétnapos ülepítés a huminatkihozatot lényegesen csökkentette, de az ülepítést követő centrifugálás

* Ebben az esetben a szénre számított koksztkihozat 48,2 súly %, a huminátára számítva viszont 46,5%. Világosan kitűnik táblázatunkból, hogy 1 g szénre legalább 1 cm³ tömény salétromsavat kell alkalmaznunk, ha jó huminatkihozatot akarunk elérni. Másrészt látható, hogy a centrifugálás apasztja a huminát hamuját, de egyúttal a huminatkihozatot is.

lás már alig változtatott rajta. Ellenben feltűnően apasztotta a centrifugálás a hamumaradványt.

További hamuapasztás céljából mellőztük a salétromsavas kezelés utáni beszárítást, helyette szűrővel különítettük el a szén szilárd maradványát a savtól.

10. kísérlet sor

2 g dorogi szén 4 cm³ tömény salétromsavval leöntve éjjelen át állott, másnap vízzel való hígítás után szűrtük. Ilyen előzmények után a szűrés lassú volt, mert a széndarabokból a salétromsavkezelés közben egyes szemek szétesése miatt sok finom por keletkezett és a szűrőt eltömte. (Ezzel szemben az eddig szűrés helyett használt beszárítás nyomában a szűrés gyorsan sikerült.) A szűrőn áthaladt oldat a megszokott sárga színt mutatta. Alapos kimosás után a leszűrt szénmaradványt 2 cm³ tömény ammónia + 98 cm³ víz keverékében oldottuk, ülepítettük és végül centrifugáltuk, majd a tiszta oldat mért részletét beszárítva megállapítottuk, hogy a szénbemérésre vonatkozó huminatkiszhozat 63,87%. Végül a lemért súlyú huminát elhamvasztásakor 0,675% hamut hagyott. Ez a hamu vörösszínű, Fe₂O₃ tartalmú volt. Tehát az ammóniás huminátoldatból centrifugáláskor sem válik le az Fe(OH)₃, hanem a huminathoz kötve oldatban marad.

Tanulságos a 10. kísérlet sor eredményeinek összehasonlítása a 8. kísérlet sor *e*) eredményével, mert mindkét ízben 1 g szénre 2 cm³ tömény salétromsavat alkalmaztunk, de 8. *e*) esetében beszárítás után bőséges tömény ammóniával, 10. esetében pedig a savas rendszer hígítása, a szénmaradvány leszűrése és alapos kimosása után híg ammóniával oldottuk a huminátot. Kiténik az összehasonlításból, hogy a 8. *e*) szénre vonatkoztatott huminát kihozatának mindössze 62%-át értük el a 10. kísérlet sor módszerével, de a huminatkiszhozat hamumaradványa az utóbbinál sokkal kisebb, a 8. *e*)-nek csupán 23%-a, tehát negyedrésznél is kevesebb.

Bebizonyult tehát, hogy a salétromsavas kezeléssel akkor apasztható a hamumaradvány a legeredményesebben, ha a savat a szénmaradványtól elkülönítve és az utóbbit jól kimosva, híg ammóniával kioldjuk a huminátot és a kapott oldatot centrifugálás után az oldatlan résztől ismét elkülönítve beszárítjuk.

11. kísérlet sor

Tekintettel arra, hogy a 9. kísérlet sor huminatkivonata jóval nagyobb volt, mint a 10. kísérlet soré, megismételtük a 10. kísérlet sort, de a salétromsav illósítása révén kapott száraz maradvány *porítását mellőztük* és vízzel közvetlenül forraltuk, majd szűrtük. Könnyen és gyorsan szűrődött. Ezután a szűrőn maradt szilárd terméket híg ammóniában főztük, míg az ammónia szaga már nem volt érezhető. Mint már fentebb, az ammóniamentessé vált forró oldat gőzének kellemes szagát észleltük, amely az immerzió-olaj (Juniperus virginiana olaj) illatára emlékeztetett. Ezt az oldatot centrifugáltuk és mért részletét beszárítottuk, Szénre vonatkoztatott huminatkiszhozata 69 súly-

százaléknak bizonyult, hamvasztáskor a száraz huminából 0,94 súlyszázalék vörösszínű hamu maradt. Tehát a 9. kísérlet sor esetében a porítás növelte a huminatkiszhozatalt 76 súlyszázaléknál többre.

12. kísérlet sor

Kivánatos volt a dorogi szénből tömény salétromsavval előállítható huminátok nagyobb mennyiségének előállítása, hogy tulajdonságaik részletesebben tanulmányozhatók legyenek. Ezért a 9., 10. és 11. kísérlet sor közös szénkezelési módszere szerint *n* gramm széndarab + 2*n* cm³ tömény salétromsavvá oxidáltunk, majd a reakció szüntével az elegyet beszárítva, majd vízzel mosva a szűrés után nyert szilárd maradékokat ammóniával lúgoztuk és ülepítés után centrifugáltuk a keveréket, végül tisztáját vízfürdőn besűrítettük. Lehűlés közben a besűrített oldat rugalmas, barnaszínű kocsonya lett. Kétheti állás folyamán a kocsonya erős térfogatcsökkenés közben teljesen beszáradt. Ezután a légszáraz maradékot súlyállandóságig tovább szárítottuk. *Súlya a kocsonyasúly 14%-a volt, színe fekete, fényes, vitritszerű.* Tehát a termelt huminátok vizes oldata hidroszol, kb. 15 súlyszázalékos oldatok szobahőmérsékleten hidrogellé kocsonyásodik, majd tovább szárítva rideg, üvegszerű anyaggá lesz.

Nagyobb mennyiség ilyen vitritszerű huminát elhamvasztása révén előállítottuk hamuját. Nagy térfogatú könnyen szálló, pelyhes, sárgaszínű hamut kaptunk, amelynek főalkatrészei a következők:

SiO₂ 45,0%, Fe₂O₃ 4,1%, Al₂O₃ 36,8%, CaO 8,1%. Viszont a szénhamu főösszetevői: SiO₂ 35,0%, Fe₂O₃ 17,4%, Al₂O₃ 33,7%, CaO 11,0%. Ebből az összehasonlításból kiténik, hogy a szén eredeti hamuképzője főleg limonitos márga, amelyből salétromsavas kezelés, éppen úgy mint a sósavas kezelés első sorban a limonit jó részét és a mészt kisebb részét oldja ki. Beigazolódott, hogy a savas kezeléssel való hamuapasztás olyan szén esetében a legbiztosabb, amelyeknek főleg mészt és limonit a hamuképzői.

Tekintettel az elért huminatkiszhozatokra, a salétromsavas kezelés nagy figyelmet érdemel, mert egyrészt a huminátot keresztül a hamuapasztás még agyagos hamuképzővel terhelt szén esetében is elég eredményes, de másrészt a számottevő huminatkiszhozat utat mutat huminsavak termelésére. Hőkezeléssel a huminsavak könnyen dekarboxilálhatók, mire poliklikus szénhidrogénekhez, vagy nagy molekulásúlyú fenolokhoz juthatunk, mégpedig sokkal nagyobb kihozattal, mint a párlási kátrányon keresztül. Már hozzávetőleges számítás is meggyőzhet arról, mert a szénpárlás hazai tapasztalás szerint kedvező esetben kb. 10% elsődleges kátrányt és benne 40%, vagyis a szénre számítva 4% fenolokat szolgáltat, amíg a salétromsavas kezelés révén a szénsúly 50%-ának megfelelő fenolmennyiséget várhatunk.

13. kísérlet sor

Megkíséreltük a köszénjelleges pécsi szén és a barnaszénjelleges brennbergi szén salétromsavas kezelését,

Meggyőződünk, hogy a pécsi szénpor bőséges salétromsavval oxidált terméke *ammóniában gyakorlatilag oldhatatlan*.

Ellenben a brennbergi szén salétromsavval hevesebben reagál, mint a dorogi szén, oxidált terméke ammóniában könnyen oldódik. Az ammónia koncentráció hatását huminátkihozatra a következő táblázat mutatja.

Tömény ammónia cm ³	Víz cm ³	Szénre számított huminát kivonat %	Huminatra számított hamu %
2	98	48,14	1,39
4	96	64,75	1,27
10	90	70,9	1,26

Tehát növekedő ammónia koncentrációval növekszik a huminátkihozata, de a huminát hamumaradványa csak kevéssé változik.

Kísérleteink mutatják, hogy a salétromsavas kezelés huminátkihozata a szenesültség fokozódásával csökken. Ezért érdekes volna tözegekkel is próbálkozni, ami 1950. évi tervünkön kívül esik. Nyersanyagellátásunkon felül a huminsav — és huminátgyártás érdekes a talajjavítás szempontjából is, mert a huminsav és huminát-trágya az ilyen összetevőkben szegény föld mezőgazdasági értékét alapvetően módosíthatja.

Összefoglalás.

A szerzők a szénhamuapasztás kérdése kapcsán kísérleteket végeztek sósavval, majd salétromsavval. Sósavval végzett kísérleteikről már beszámoltak (Bányászati és Kohászati Lapok 1949. I. füzet, „Alumínium“ melléklet). Jelen közleményünk a salétromsavval végzett kísérletekről szól. Főleg dorogi „szénátlaggal“ végzett kísérletek megmutatták, hogy a sósav és salétromsav hamuapasztó hatása anyiban különbözik, hogy a sósavas extrahálás eredményét a salétromsav együttes sav és oxidáló hatása miatt egyetlen kezelésnél is biztosítja, mert a salétromsav oxidáló munkája a szenesült rendszer kationcserélő képességét kikapcsolja. Másrészt az oxidált szén lúgokban és különösen ammónialúgban könnyen oldódik. Amíg pusztán savhatás alapján csak az olyan szén hamuapasztása kecsegtető, amelyek hamuképzői főleg a limonit és mészkő (CaCO₃), addig salétromsavval akkor is jelentékeny mértékben apasztható a hamu, ha a szilikátos hamuképzők mennyisége tetemes a szénben. Laiba esik, hogy a HNO₃ és NH₃ belföldi segédanyagok, levegőből és vízből előállíthatók és a hamuapasztó berendezések főfémüknél, az alumíniumból megépíthetők, mert az Al mind a HNO₃-at, mind az NH₃-at állja. A hamuapasztás a salétromsavas — ammónialúgos eljárás esetében egyrészt a hamuképzők részleges kioldásán és másrészt a „tisztá szén“ anyagának hidroszolba vitelén alapszik. Erre a kezelésre a szén annál alkalmasabb, minél kevésbé szenesült. A salétromsav és ammónia alkalmazása nem jelenti ezek nagymérvű fogyasztását, hanem inkább forgatását. Viszont ez a módszer nem csupán hamuapasztást célozhat, hanem huminát és huminsav gyártását is és ezek igen értékesek lehetnek mind a talajjavítás, mind a fenol- és szénhidrogén ellátásunk vonalán, sőt esetleg a módszer egyúttal a szenek összkéntartalmának kinyerését is lehetővé teheti.

Fémfólia gyártás

BOCZOR E. ISTVÁN

621.94.983.

Fémfólián (hártyaifém) általában az 0,1—0,004 mm vastagságú fémlemezeket vagy szalagokat értjük. Szűkebb értelemben azonban — és ezek a leggyakoribbak — csak a 0,015—0,007 mm-es méretekre gondolunk.

Anyag szempontjából — bár vannak arany, ezüst, réz, rézzel borított alumínium, ónnal borított ólom, ólom, cink, ón és alumíniumötvözetű fólák — mégis leggyakoribb ma az alumíniumfólia.

Gyártási mód szerint régebben a kötegben történő hengerlés állt előtérben, mely csak korlátolt vékonyságig történhet gazdaságosan. Ma fóliahengerléssel (szalaghengerlés) készül majdnem minden fólia. A 0,001—0,004 mm vékony és az aranyfüstnek megfelelően „alumíniumfüst“-nek nevezhető vékony fólia, melyet könyvek ezüstös felirataihoz használnak, pergamentlapok között készül. A fóliát kalapáccsal nyújtják tovább a fenti méretéig kis lapocskákban. A kikészítés szempontjából a következő fajták ismertek — különösen a 0,009—0,015 mm-es alumíniumfóliáknál:

1. Normál (sima, fehér), fényes, matt vagy kéfélt kivitel. A fényt főleg higabb, pl. petroleummal hígított olajkenéssel lehet előállítani. A mattírozás kefehengerrel között áteresztéssel készülhet.

2. Nyomással mintázott és festett kivitel.
3. Impregnált vagy lakkozott kivitel (egyszerű, színtelen vagy színezett lakkal készül).
4. Kasírozott, vagyis ragasztott fólia, mely lehet enyvféleséggel, viasszal (viaszos papírral), bitumenes ragasztókkal, préselve ragasztott kivitel.
5. Mindezek kombinációi.

Felhasználási területek szerint a következők sorolhatók fel:

Elektrotechnika: Elektrolit kondenzátorok fegyverzeteinek fémszalaganyaga ma már elsősorban alumíniumfólia, főleg 0,008—0,006 mm méreteken.

Sokszorosító iparban kasírozott vékony vagy önállóan vastag alumíniumfóliát mattírozott kivitelben használnak (Rotaprintlemezek).

Hőszigetelés céljából hatásossága, hőálló volta és visszaverő képessége miatt, mely kis fajsúllyal párosul, sokoldalúan alkalmazható. Hűtőszekrények, hűtőkocsik, hőszigetelés járműveknél és épületeknél. Nyílván alkalmas kemencék hővezetéseinek csökkentésére is.

Csomagolóiparban nagy mértékben és széles körben alkalmazható. Csokoládé, cukor, tea, vaj, sajt, cigaretta stb. csomagolásnál kiszáradástól, fertőzéstől, másrészt nedvszívástól, penészedéstől az impreg-

nált és papírral erősített fólia megóvja az árucikket. Forró vidékeken előnyösen csomagolnak gyümölcsöket fóliába, mely a romlásan kívül a fonnadástól és így tetemes súlycsökkenéstől óvja meg a gyümölcsöt, ami gazdasági előnyt jelent.

Szappanok, kölnik stb. színezett fóliákba vagy kasírozott dobozokba csomagolva igen mutatósak. Nagy fólióiparral rendelkező országokban kényes gép-részeket is csomagolnak fóliába.

Miután a felhasználás elsősorban területi, fontos a fólia kiadóssága, melyen valamely fólia m²/kg-nyi területét értjük. Az alant közölt táblázatban látható a tárgyalandó 3 fém különböző vastagsági méreteinek m² súlyai grammokban és kg-nyi területe négyzetméterben.

Önfóliagyártás

Az alumínium térhódítása előtt a fóliák legnagyobb része ónból készült. Miután a hulladék könnyen felhasználható, az egész gyártás az öntéstől a készáruig egy körfolyamatban tárgyalható, ami egyben követi a gyakorlatot.

Alapanyag: kiváló minőségű ón, illetőleg a gyártás saját hulladéka, kb. 50% -ig.

Ötvöző: 1—3% antimónnak megfelelő 50%-os Sn-Sb előötvözet, melyet ömlesztett állapotban adagolnak.

Ömlesztés: Körülbelül 270° C-ra előmelegített vasüstben történik a berakás és az olvasztás. Beolvasztás után keverik, lefölozik és többször buzgatják a fűrdőt.

Öntés előtt feltétlenül lefölozik a fémét, a káros hatású oxidhártyát lehúzzák. Öntési hőfok 275—280° C. Az öntési időt, sebességet a vasüst csapoló nyílását elzáró csavarszeleppel szabályozzák, figyelemmel arra az itt igen fontos tapasztalatra, hogy gyors öntésnél, valamint magas kokilla-hőfoknál lyukacsosság lép fel, kis sebességnél és alacsony kokilla-hőfoknál pedig befagyás veszélye áll fenn. Az utánöntés kanállal történik.

Tisztítás. A tuskók fejelés és alapos felületi gyatlulás után kerülnek hengerlésre.

Hengerlés. A hengerlés hidegen történik, több szakaszban. Lemezállványon általában 15 mm-ig hengerelnek, azután szalagállványon 15 mm-ről 1 mm-re mennek le.

v = mm	0,006	0,007	0,008	0,009	0,010	0,012	0,015	0,020	0,025	0,030	0,040	0,050	0,1
1 m ² al. fólia súlya g.	16,2	18,9	21,6	24,3	27,0	32,4	40,5	54,—	67,5	81,—	108,—	135,—	270,—
1 m ² cinkfólia „ „	42,6	49,7	56,8	63,9	71,—	85,2	106,5	142,—	177,5	213,—	284,—	355,—	710,—
1 m ² ónfólia „ „	43,8	51,1	58,4	65,7	73,—	87,6	109,5	146,—	182,5	219,—	292,—	365,—	730,—

	0,006	0,007	0,008	0,009	0,016	0,012	0,015	0,020	0,25	0,030	0,040	0,050	0,1
1 kg al. fólia területe m ²	61,8	52,9	46,3	41,1	37,—	30,9	24,7	18,5	14,8	12,3	9,3	7,4	3,7
1 kg Zn fólia „ „	23,4	20,1	17,6	15,6	14,1	11,7	9,4	7,0	5,6	4,7	3,5	2,8	1,41
1 kg ón fólia „ „	22,8	19,6	17,1	15,2	13,7	11,4	9,1	6,8	5,5	4,6	3,4	2,7	1,37

Az 1 mm-es elővágott anyagot fólia-elöhengeren kb. 0,06 mm-re nyomják és kétszeri duplázás közbeiktatásával 0,004—0,005 mm vastagságra készre hengerelik. A sajtcsomagozásra használt fólia egyszeri duplázással 0,012—0,014 mm vastagságban készül.

Az önfóliahengerlésnél 1 mm-ről elégséges két hengerállvány; egy elő- és egy készhenger. Az előhengert egy feszítőhengerrel egészítik ki, amikor az alumíniumfólia-gyártásnál az önfólia-gyártásra térnek át. Lényeges még az, hogy mindkét hengeren az anyag kenésére vizes szappanoldatot használnak.

Meg kell említeni, hogy az alumíniumfólia-hengerde gépei egyébként azonosak az önfóliahengerde gépeivel és csekély szerelési és szerszámváltoztatással minden további nélkül át lehet térni egyik gyártásról a másikra.

Cinkfóliagyártás

A cinkfólia, valamint az ónnal borított cinkfólia hengerlése nálunk egyáltalán nem terjedt el. A gyártás elve a következő: a gyengén (kb. 120° C-ra) előmelegített tuskókat melegen, majd hidegen szalaggá

nyújtják elő és a fóliahengerdeben 0,008 mm-re hengerlik hidegen kész fóliává. A cinkfólia hengerlése több munkát, állványt igényel és így igen magas redukciófokozatot kell alkalmazni, hogy gazdaságos legyen.

Alumíniumfóliagyártás

Az alumíniumfóliák anyaga általában 99,4—99,6% alumínium. Ettől eltérni célszerűen mindkét irányban lehet, ha azt különleges szempont indokolja. Az igen vékony (min. 0,005 mm) kondenzátorfóliát 99,95-os alumíniumból erre a célra alkalmas különleges hengereken gyártják.

Öntés: Igen fontos a hengerlési tuskók tömörsége, gáz-, lyukacs- és oxidmentessége, tekintettel a kész fólia ezredmilliméter nagyságrendű vastagságára. Egalizált anyagot állítunk elő friss K tömbökből, a hulladékfelhasználást kerülni kell. Az öntést igen gondosan kell vezetni, túlhevülést és túlűtést kerülni. Szennyezőktől az anyagot messzemenően óvni kell és a felületek simák legyenek. A folyamatos öntés előnyös a végek élezése és az egyenletes szemnagyság

miatt. Itt is különösen ügyelni kell az öntés folyamatosságára. Az öntősugár megszakadása oxidot visz be és a nívó lüktetése a tuskó felületéről benyúló zárványokhoz vezet.

Ismeretes, hogy minél vékonyabbra hengerlünk, annál több hiba kerül elő az öntvényből. Elképzelhető tehát, hogy ezredmilliméternyi vastagságoknál komoly követelmények állanak fenn. Nagy fóliagyártó cégeknek feltétlenül sajátosan kialakult technikájuk van.

Fűrészeléssel történik a darabolás a fóliagyártás technológiájának megfelelő hosszúságra. (60—100 kg-os tuskók.)

A *felület lemarása* igen lényeges az oxid- és pórusmentesség szempontjából. Lehető legsimább kivitel ajánlatos. A megmunkálás történhet gyalulással, esztergálással és marással. A tuskó felülete forgácsmentes legyen. Ügyelni kell a lerakásnál, mert a puha fémbe a piszok és forgács benyomódik.

Előmelegítés 450—500 C-fokos kemencékben történik. Melegítési idő elektromos állókemencéknél kb. 8—12, elforgatható kemencéknél kb. 3—4, tolókemencéknél az átvonulási idő kb. 2—3 óra.

A fenti adatok az adagnagyságtól, a kemence csatlakozási értékétől, fűthetőségétől és állapotától, valamint a felrakás módjától függően természetesen változhatnak.

Meleghengerlés a fenti hőmérsékletre és kb. 95—175 mm vastagságról 6—13 mm vastagságra történik (87—93% lemeghengerlés). A meleghengerlésnél előnyben részesítendőek az olyan kenési módok, melyek kenőanyaga maradvány (kátrányszennyeződés) nélkül párolog el. Olajos emulzió jó, faggyú használata minimális legyen. Mindenféle feltapadás kerülendő, tehát a hengereket, kaparókést stb. állandóan tisztán kell tartani. A lemezszél szélei épek legyenek, mert a berpedések miatt szélvágást kell alkalmazni. Mint általában ilyen előnyújtott szalaganyagoknál, vigyázni kell arra, hogy az anyag keresztmetszete egyenletes legyen. Ferde hengerállás, egyenlőtlen kenés, vagy magas bombírozás mellett, rossz szűrés okozta elcsúszás esetén a sáv egyik oldala vékonyabb, mint a másik. Ez a szalag ívalakú elhajlását okozza, amit igen nehéz a későbbiek folyamán korrigálni és sok selejtnek forrása. Fontos a hengerek párhuzamos állása a vízszintes vetületekben is.

Hideghengerlés elsőízben 10 mm-ről 2, illetve 6 mm-ről 0,8—0,6 mm-re történik. (85—90% lemeghengerlés.)

Miután az anyag hosszú és 2 mm-nél általában felcsévélhető, itt reverzáló duót, triót vagy quartót szoktak alkalmazni. Különösen a vékony méreteknél kívánatos, hogy a henger állítása menetközben is finoman és könnyen lehetséges legyen. Itt kell ugyanis az előbb említett görbültséget kiegyenlíteni. Az alumíniumszalag görbesége itt igen kellemetlenül jelenik meg.

Ilyenkor a hengerek által behúzott anyag a vezetőléceken helytelenül vándorol, ütődik és horzsolódik, miáltal anyagszilánkok repednek le. Az alumíniumdarabkák az anyagra visszaesve, arra rátapadnak, de vele össze nem hegedve rétegességet és később a vékonyabb méreteknél lyukat, majd a fólia-

hengerlésnél szakadást okoznak, tehát főlegesen selejthez, hulladékhoz vezetnek.

Lágyítás kb. 400 C-fokon elektromos kemencében történik, a 2 mm-es és szükség szerint szalagollón szélezett anyagoknál 4—6 óráig tart. *Szalaghengerlést* kb. 2 mm-ről 0,45 mm-re duo vagy quartó állványokon kb. 78%-os összredukcióval végzik. A vízzel hűtött hengerek menetközben állíthatók. A befogás előtt a laza anyagot keresztirányú textillel bélelt vezetőlécek szorítják le és fogják vissza. Ezek a tisztítást és a kenéseioszlás egyenletességét is némileg biztosítják.

A kimenő oldalon az anyagot feszesen csévéljük, már csak azért is, hogy az egymásra fekvő ívek ne csúszzanak és ne karcolódjanak, mert ez később selejtet jelent. Kenőanyagok pl. a repceolaj és petróleum.

Igen fontos itt a méret egyenlőtlenségének megjavítása, mert arra már később kevéssé van alkalom.

A *szélvágás* szalagollón történik. Modernebb nagyüzemi eljárás a tekercs széleinek lemarása. Fontos a szélek épsége, mert a behulló anyagok — amint az előbbieken említettük — hibákat idéznek elő.

A *lágyítást* légcirkulációs elektromos ellenállás kemencében végzik kb. 4—8 órán át, kemencétől, lemeghengerléstől, mérettől és súlytól függően. A 2 mm-ről 0,45 mm-re redukált szalagnál kb. 400° C, a 6 mm-ről 0,6—0,8 mm-re redukált anyagnál kb. 500° C a szokásos kemencehőmérséklet.

Fóliahengerlés

A fóliahengerlés kiinduló anyaga 0,45—0,8 mm vastag jól kilágyított alumíniumszalag-tekercs, mely a tapasztalatok szerint akkor alkalmas vékony méretű fóliák előállítására, ha a vastagságra előírt Erichsen értékeket felülmúlja a lehető legkisebb szemcsedurvasággal.

Átsévélés szükséges, ha a karikát magmentesen vagy nem elég feszesen tekercselték. A műveletet áthúzó asztalon végzik. A legömbölyített farácson lassan áthúzva az anyagot alkalom nyílik a kiinduló anyag szemlélésére, hibás részek bejelölésére és eltávolítására, valamint jó és kevésbé jó anyagok elkülönítésére.

A fóliahengerlés könnyűkivitelű, duo, quartó vagy sextó állványokon 95 Shore keménységű fényes, pontosan bombírozott krómötözetű acélhengerek között történik. Duo állványoknál a hengerek méretei általában 230 Ø × 550 mm-től 350 Ø × 900 mm-ig terjednek. A hengerek belül vízzel hűtöttek, vízbevezetés a kapcsolóhűvellyel szemben fekvő oldalról történik a henger üregébe benyúló csövön át.

A víz a csövet körülölelve végzi a hengerhűtést és folyik vissza az ugyanazon oldalon lévő levelező csőbe. A domborítás mértéke 0,4—0,1 mm átmérőre vonatkoztatva. A kisebb érték főleg a kisebb hengerekre, valamint a mosóhengerekre vonatkozik. Itt jegyezzük meg, hogy nagy tisztaságú (99,99%-os) alumíniumból is hengerelhető fólia, de itt nehézségek lépnek fel, mert az anyag a közepén rideg lesz és a szélén lágy marad. Ilyen esetben szintén ajánlatos alacsony domborítást alkalmazni és keskeny anyagot gyártani.

A fóliahengerek pontos ívelésű magas fényű kőszőrülést, illetve csiszolást igényelnek. Vonatkozik ez különösen a kész- és mosóhengerre. A megmunkáló gép tehát pontos és rezgésmentes legyen, amire az elhelyezésnél és alapozásnál figyelemmel kell lenni. A hengereket karborundum kővel csiszolják és legfinomabb karburundum porral, krómoxiddal vagy alumíniumoxiddal telített fókabörtárcsával fényesítik. A hengereket ütődéstől, karcólástól, víztől óvni kell. Vízálló lakk, savmentes zsiradék alkalmas a csomagolásra. A beépített hengereken üzemszünetben zsíros v. olajos réteg legyen és a hűtővíz lezárandó, nehogy a hűtés következtében a légköri nedvesség rácsapódjon, mert ez helyi korrózióhoz vezet. Kismérvű rozsdafolt a vékony méreteket kilyukaszthatja, ami előbb-utóbb szakadáshoz, selejthez és üres járáshoz vezet.

A normális, tehát 0,009 mm vastagságú fóliát általában 6 szúrással készítik, melyhez még rendszerint kétszeri redukció nélküli mosóhengeren való át-bocsátás is járul. A redukciók általában 40–70%-osak és átlagosan 50%-nak vehetők.

Pl. szolgáljanak az alábbi redukciók:

Pl. szolgáljanak az alábbi redukciók:

a) 1 szúrással	0,8 mm	—	0,35 mm	b) 1	0,45	—	0,20
2	0,35	—	0,16	2	0,20	—	0,10
3	0,16	—	0,07	3	0,10	—	0,05
4	0,07	—	0,035	4	0,05	—	0,03
5	0,035	—	0,017	5	0,03	—	0,015
6	2·0,017	—	2·0,009	6	2·0,015	—	2·0,009

Mosóhengerlés egyesével
Kettőzés (szélvágással)

Mosóhengerlés egyesével
Kettőzés (szélvágással)

Mosóhengerlés kettőssel.

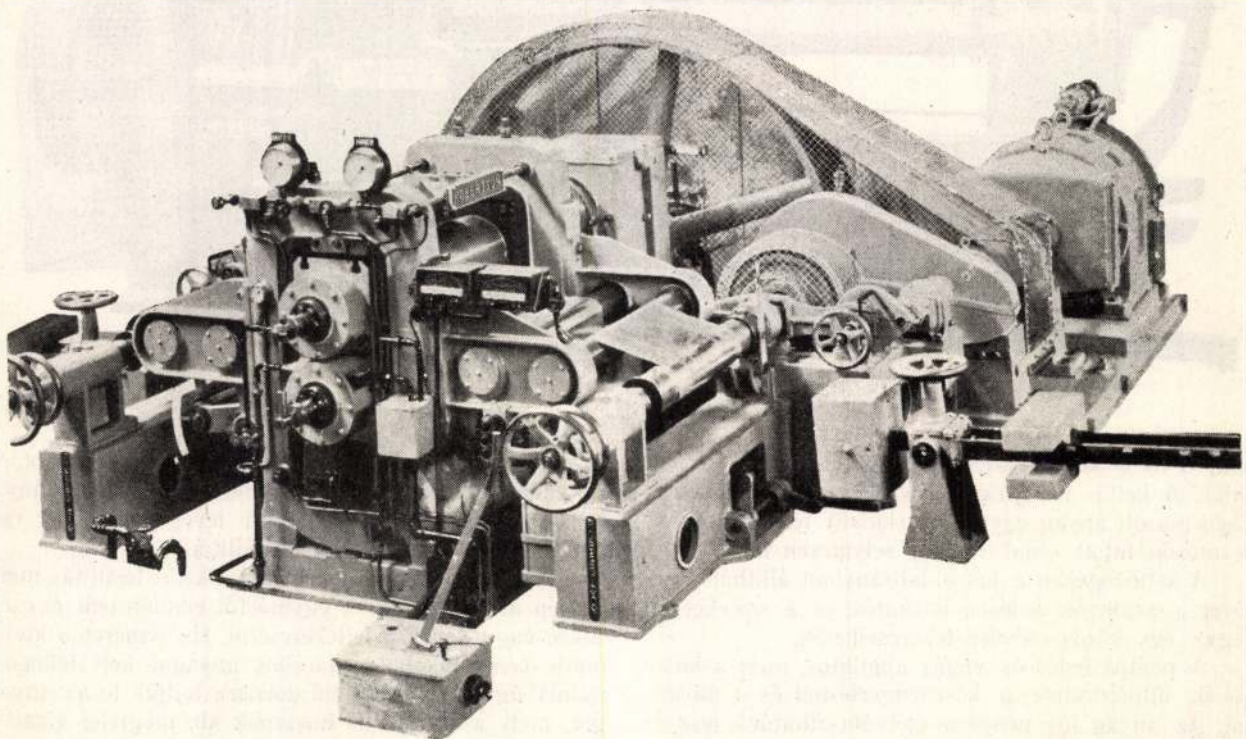
Az elektrolitikus kondenzátorokhoz szükséges 0,0065, 0,0075 mm-es fóliák rendszerint még egy szú-

rást igényelnek. Különleges kondenzátor fóliahengerekkel 0,005 mm-es anyagot is elő lehet állítani.

Megjegyezzük, hogy a fenti szúrássok száma és redukció-fokozatai a valóságban ettől természetesen eltérhetnek a körülmények és adottságok szerint. Befolyásolják mindezeket a hengerész gyakorlatán és figyelmén kívül az anyag tulajdonságai, a gépi berendezés és a hengerek állapota, a kenőanyag minősége, a kivánt fényesség, stb. Olykor, különösen vékony méretnél, illetőleg keményebb anyagnál közben lágyítás is szükséges. Ilyen esetben 280°–300° C-on kb. 2 órán át 5–6 szúrással között az anyagot gyengén megereszítik.

Amint láthatjuk, a fóliahengerlésnél igen komoly redukciókat alkalmaznak, ami a gyártás gazdaságosságához feltétlenül szükséges, tekintettel arra, hogy több ezer méteres szalag előállításáról van szó. Ezen erőteljes szúrássokat a fóliahenger speciális megoldási eive teszi lehetővé. (1. sz. ábra. Kész hengerállvány.)

A fényesen csévelt anyag súrlódással állíthatóan fékezett tengelyről fut le egyenesen a hengerek közé. Sok esetben két közbeiktatott vezetőléccel vagy feszítő görgő súrlódó ereje segít a féknek az anyagot visszafogni. A feszítő berendezés egyben simítja, adagolja a hengernek a vékony anyagot és módot nyújt a gyűrődések révén keletkező duplázódások és szakadások elkerülésére. Egy felső tartályból a kenőanyag lyukakkal ellátott csövön át sima nemezszalagra folyik, mely egyenesen osztja el az olajat és egyben tisztítja is a hengereket. A bőséges kenés következtében az anyag egyenesen olajhártyában fut, ami a súrlódást minimálisra csökkenti. A kifutó szál állítható súrlódó kapcsolóval meghajtott csévébe kerül, mely szabályozható. A hengernyomással, hőmérsékletének szabályozásával, a kenőanyag adagolásával, valamint a feszítés mértékével nagy redukció mellett



1. ábra.

a szalag mérete és fénye szükség szerint beállítható. Nagy figyelem, gyakorlat, lelkiismeretes szakmunka feltétlenül szükséges, mert a fentiek figyelmen kívül hagyása az anyag egyenletes minőségét lerontja.

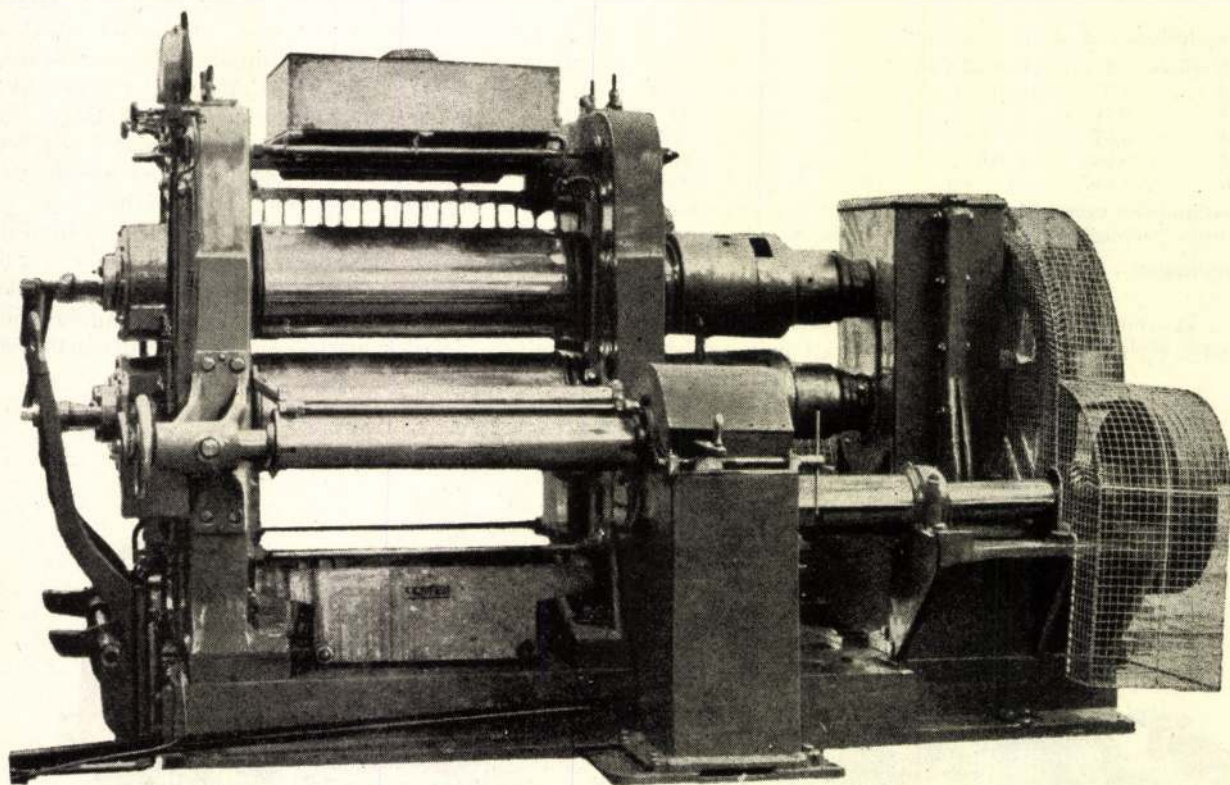
Az anyag eddigi rejtett hibái a megmunkálás előrehaladásával fokozatosan előjönnek. Előbb a durvább öntési, előnyújtásbeli hibák — amikre már céloztam — lépnek fel és csak később jelentkeznek a szállópor, stb.-ből származó tüszúrás jellegű lyukak. Az előbbiek szakadáshoz, az utóbbiak lyukacsossághoz vezetnek. Nagyobb lyukakon át a kettős hengerlésnél levegő kerül a rétegek közé és hólyagot fúj, mely könnyen elnyúlik és tönkre teszi az anyagot, míg csak az fel nem szakad és a levegő ki nem szabadul. Eppen ezért kell minden alkalommal a hibát előre eltávolítani és az anyagot tisztán kezelni. Leghelyesebb az egész anyagkezelést öntéstől a készárúig zárt, portmentes épüleategységben végezni és ennek keretén belül a fóliahengerdet és színezőt különlegesen portól védeni.

A kenőanyag megválasztása igen fontos. Alkalmában az előnyújtásoknál nagyobb belső súrlódású olajokat alkalmaznak és a finom végső műveleteknél kisebb viszkozitású olajat használnak. Alkalmazott olajok: jóminőségű gépolaj, repceolaj, orsóolaj, melyekhez stearin, petróleum, benzín keverhető.

Nagy fólia-üzemeknél általában minden állványon csak egy-egy redukiót végeznek. Miután a szűrások finomodnak és a végső szűrást végző hengerpár kevésbé van igénybevéve, itt a mosóhengert el is hagyják. Ez esetben a végső szűrásoknál a kenőanyagot úgy kell megválasztani és jól párologtatóvá hígítani, hogy a véglágyításnál maradvány mentesen távozzon el, tehát szintén fényes anyagot lehessen kapni. Ilyenkor a hengereket a hűtés helyett fűtik is.

Kisebber üzemeknél az egész művelet sor két dolgozó állványt vesz igénybe és itt szükséges a fényező mosóhenger alkalmazása, vagy benzinnel elárasztott görgősoron való átérésztés. Az üzemet illetőleg a munkahelyet a benzingőzöktől erős elszívással mentesíteni kell. A benzín, olajok regenerálva újra felhasználhatók. (2. ábra. Mosó hengerállvány.)

A mosás a kettőzőgép előtt kívánatos, hogy az anyag belső oldalain olajmentes legyen, kevésbé ta-



2. ábra.

padjon és a közti olajcseppek ki ne lyukasszák a fóliát. A kettős hengerlés (készhengerlés) útján kettősen mosott anyag egyik fele (külső) fényes, míg az egymáson futott oldal (belső) selymesen matt.

A kettőzőgépen a két oldalirányban állítható csévével a szalagok fedésbe hozhatók és a széleket levágva egy közös csévére tekercselhetők.

A pontos fedés és vágás ajánlatos, mert a külső szélek áttöredeznek a készhengerlésnél és a mosásnál. Az anyag így nehezen szétválaszthatóvá lesz és a bemetszés kiindulópontjává válik a szakadásnak.

A vágási szélhulladék eltávolítása elektromotorral meghajtott elszívóval történik. A levágtott könnyű fólia-szalakat a nagysebességű levegő magával ragadja és a hulladéknába szállítja.

A szétvevőgépen a két szalát kellő beállítás mellett ép állapotban lehet egymástól elkülöníteni és csévékre vagy dobokra feltekercselni. Ha ívméret a kívánatos (erre inkább a darabos anyagot kell felhasználni) úgy olyan kerületű dobokra fejtjük le az anyagot, mely a kivágandó hosszának kb. megfelel (500—600—800 mm-es hosszúságoknak megfelelően kb.

520—620—820 mm). Ily méretű sablonokból a készméret kivágható.

A dob sugárirányban egy helyen bemetszett és itt késsel felvágható a fólia-réteg.

A méretvágás kartonok között leszorítva, mozgatható asztallal állított egyenes ollón történik, kemény állapotban.

Az ívméreték készrevágása áltaiában hengerkemény állapotban történik. Lágy állapotban a vágás az íveket összetapasztja. Lágy anyagot finom papírbetétszalaggal együtt kell felgombolyítani és így sablonálható és vágható. A vágott széleket minden esetben megfelelő eszközzel (pl. zsilétpengével) le kell kaparni és meglapítani, ami aztán a darabonként való szétszedést a felhasználásánál biztosítja.

A festésre, impregnálásra, mintázásra kerülő anyagokat a szétvevénél kisebb átmérőjű csévékre tekercselik és így kerülnek további megmunkálásra.

A köröllön a vágás lágy vagy kemény állapotban történhet. Valószínűleg az utóbbi módszer ad lehetőséget a kettő közötti anyagok együttes vágására és szétvevése. A lecsévélt fékezett szalag vezetőlécek, illetve görgők között fűzve jut el a kör alakú késekig, melyek távolsága tengelyirányban betétekkel állítható és így a fóliát a kívánt szélességre hajlíthatja fel. A vágott anyag ugyancsak a kívánt szélességre darabolt és megfelelő tengelyre húzott csévékre kerül.

A felcsévélésnek szorosan kell történnie. Az egész munka alatt a szalagnak és az említett géprészeknek oldalirányú lengését kerülni kell, mert akkor az egyes vágott tekercsek elkülönítése, valamint a tekercs csévélése nehézségekbe ütközik. A szakadt részek ragasztását olyan ragasztóval kell végezni, mely a fóliát nem korrodálja. Itt a ragasztott szélek pontos illesztése és a ragasztó óvatos adagolása kívánatos, mert a hibák folytán az anyag egyrésze a tekercsek szétválasztásánál, másrésze a legombolyításnál, tehát a felhasználásánál tönkremegy.

Sajtsomagolásra, cipőpaszta, stb. fedésre, díszítésre, tehát ahol alakos gyártmányt használnak fel (kör, ovál, szegmens) a vágást kivágó préseken oldják meg. Ez a művelet természetesen az ívméretékhez hasonlóan kaparó, lazító műveletet igényel.

A fólia-gyártmányok zöme lágy állapotban készül, mert a felhasználásnál a simulékonyság fontos követelmény. A lágyítás az igényeknek megfelelően 400—480 C°-on történik.

Különleges fóliagyártmányok az eddig ismertetett műveleteken kívül impregnálásra, színezésre, mintázásra, papírral való belövésre, kasírozásra, esetleg ezek kombinációira kerülnek és az esztétikai igények ezúton messzemenően kielégíthetők. Minden díszítő és erősítő művelet tekercsárut igényel, melynek hossza a gazdaságis továbbdolgozás miatt, minél nagyobb legyen.

Papírral való belövés síma, mintázott, vagy színes áruknál alkalmazható, ha a felhasználás úgy kívánja. Ez igen egyszerű művelet. Egy a kívánalomnak megfelelő pl. 20 gr/m²-es papírtekercsről és egy fóliatekercsről a két anyagot közös csévére hajtjuk. Ez a művelet rendszerint a mintázógépeken történik nyomás nélkül.

Mintázással mind a színes, mind a fehér árun igen szép dekoratív hatások érhetők el a mattabb

selymes benyomott minta és az eredeti fémfényű domborítás segítségével. A szétvevőről lekerült és kilágyított tekercset kisebb átmérőjű acél és nagyobb átmérőjű keménypapírral bevont henger között eresztik át. A fémhengeren visszatérő, fotó-maró eljárással rávitt mintát a papírhengerrel alátámasztott lágy fólia fölveszi. Ez a mód igen alkalmas ízléses márkák, védjegyek, figurák, stb. egyszerű elkészítésére.

Impregnálás. A sajtok, vaj, stb. fokozottabb védelmét segíti elő a 0,011—14 mm-es fólia lakkréteggel történő bevonása. Itt a víz- és légzáróság fokozottabb mértékben érvényesül. A sajt így kiszáradástól és fertőzéstől védve van. Vajnál pergamentpapír és fólia kombinációt alkalmaznak avasodás ellen. Az impregnálásnál alkalmazhatók a nitrocellulose, acetylcellulose, kellő lágyító és hígítószeres oldatai, melyek áttetsző, rugalmas lakkréteget adnak, valamint különböző műanyagok (vinyl) rugalmas filmjei.

Festéssel színezett lakkokat alkalmazva egyszerűen és változatos mintájú rétegek vihetők fel a fóliákra. Az alkoholos oldatú festékek önmagukban mattabb színeket adnak és könnyen lekopnak. A nemesebb lakkokba bevitt anilin és egyéb kátrányfestékek, miután a lakkokban oldva vannak, annak áttetszőségét alig rontják. A fényes fólia alap visszaverőképessége nagymértékben érvényesül és szinte fénytartó hatású, mélytűzű színeket kapunk. Különösen áll ez a lazur, világosabb tónusokra. A fémfényt megtartva például sárgalazur festék-lakkozás arany színű hatást ad. Fedőfestékek elfedik a fémes fényt. Hatásosan lehet finom adagolásban alkalmazni többszínű festésnél a lazur-festékek mellett. Önállóan alkalmazva, préseléssel kombináltan anyagszerű hatások előállítására alkalmas.

Többszínű mintázás, stb. valamint préselt mintázás tág teret ad ízléses, változatos és jól védő csomagoló anyag készítésére.

A lakk négy főrészből áll:

1. Lakk alapanyag.
2. Oldószer (gyakran egy nagy és egy kis forrpontú oldószer keveréke).
3. Lágyítószer.
4. Hígítószer.

Alapanyag pl. nitrocellulose (kollodium-gyapot), sellak, vagy egyéb műanyag (gyantaféleségek).

Oldószer: acetón (alacsony forrpont, gyors párolgás), aethylglykol (nagyobb forrpont, lassú párolgás).

Lágyítószer: pl. trikresilphosphát, dibutylphthalát.

Hígítószer: denaturáltesz, toluol, alkohol-féleségek és egyéb kondenzátumok.

A festés és az impregnálás alapanyaga a különböző vastagságú, de főleg a 0,009 mm-es igen gondosan zsírtalanított fóliaszalag. A fólia a csévéből feszítőhengereken átfűzve fut a keménygumi vagy fémhenger és puhább gumihengerek közé. Az alsó hengeren vezetve egy oldalon merül a lakkba és az a felső gumihenger egyenletesen osztja szét az anyagot. A lakk vastagsága kb. 0,002—0,004 mm. A lakkal bevont fóliaszalag fűtött dobra, vagy kis görbületű fűtött síma fémtestre kerül és 0,6—3 méter hosszra a lakk ráégt a fóliára. A sebesség, a lakk összetétel, az alkalmazott fűtőfelület és hőfok egymás függvényei és a gyakorlatban összehangolandók. A sebes-

ség 3—18 m/perc, a hőfok 80—160° C nagyságrendű. Többszínű, mintázott festésnél még egy vagy több mintázott gumihengert és tartányt lehet alkalmazni. A fóliaszínező helyiségek és a gépek nagymértékű elszívással felszereltek, hogy az egészségtelen és tűzveszélyes gőzök ne szennyezzék el a levegőt.

A fóliagyártást tárgyalva nem lehet elmulasztani a gazdaságosság kihangsúlyozását. Kiváló csapágy- és kenésmegoldással a hengerlési sebességet 0,7—3 m/sec közé lehet beállítani, mely felső érték igen magas termelékenységet képvisel. A selejt és hulladék minimálisra való csökkentése csakis jó anyag, hibák kiküszöbölése, jó karbantartás és lelkiismeretes és összedolgozó szakmunkáival lehetséges.

Hulladék-alumíniumnak desztillációs, illetőleg szublimációs eljárásokkal történő finomítása

Irta: dr. DOMONY ANDRÁS

A világgazdaságban az alumínium kivételével az összes fém körfolyamatban kering. Az elhasznált hulladékfémeket és ötvözeteket ugyanis rondítóiktól egyszerű kohászati vagy kémiai eljárások segítségével el lehet választani és ilymódon a színfémeket ismét elő lehet állítani. Az alumíniumnál és ötvözeténél azonban — a fém különleges kémiai sajátossága miatt — az eddig használatos finomító eljárások nem alkalmazhatók. A már egyszer idegen fémekkel ötvözött alumínium a szokásos eljárások segítségével színfémmé nem tisztítható. A hulladék-alumínium gazdaságos értékesítése és az alumíniumfém körforgásának biztosítása érdekében a nehézfémeknél megszokott finomítási eljárásoktól el kellett térni.

A hulladék-alumínium finomításával kapcsolatosan különböző, az olvadt fém gáz-, oxid- és salakmentesítését szolgáló eljárások ismeretesek és gyakorlatilag elterjedtek. Nagyiparilag ugyancsak bevezetett munkamódszerek a szennyezett könnyűfémek egyes rondítóinak fémszűrés segítségével való eltávolítása és az alumíniumrongsoknak tűzfolyékony, úgynevezett „fordított” elektrolízissel történő finomítása.

A legújabb időkben ezeken az ismert és ma már klasszikusnak tekinthető eljárásokon kívül két újabb finomítási munkamódszer köti le a technikusvilág figyelmét:

1. Fémdesztilláción alapuló
2. Fém szublimációján alapuló

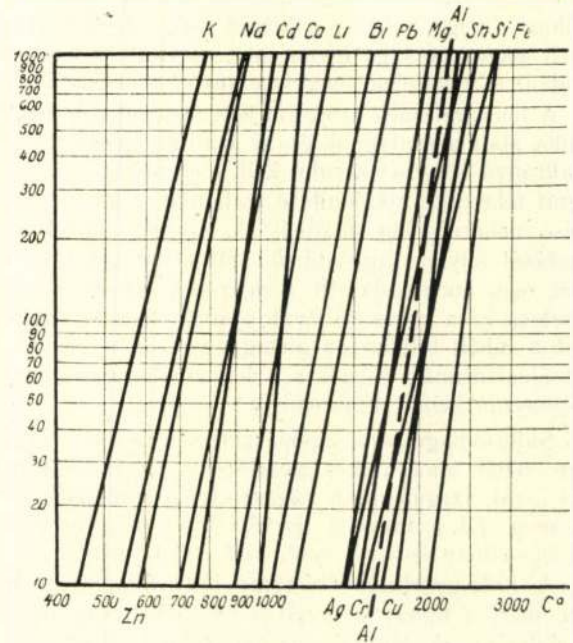
finomítási eljárások.

Az alábbi összefoglalás vélja ezeket az újabb eljárásokat röviden ismertetni és a rendelkezésre álló adatok alapján az elért eredményeket ipari használhatóság szempontjából kritikai méltatás tárgyává tenni.

1. Desztilláció útján történő finomítás.

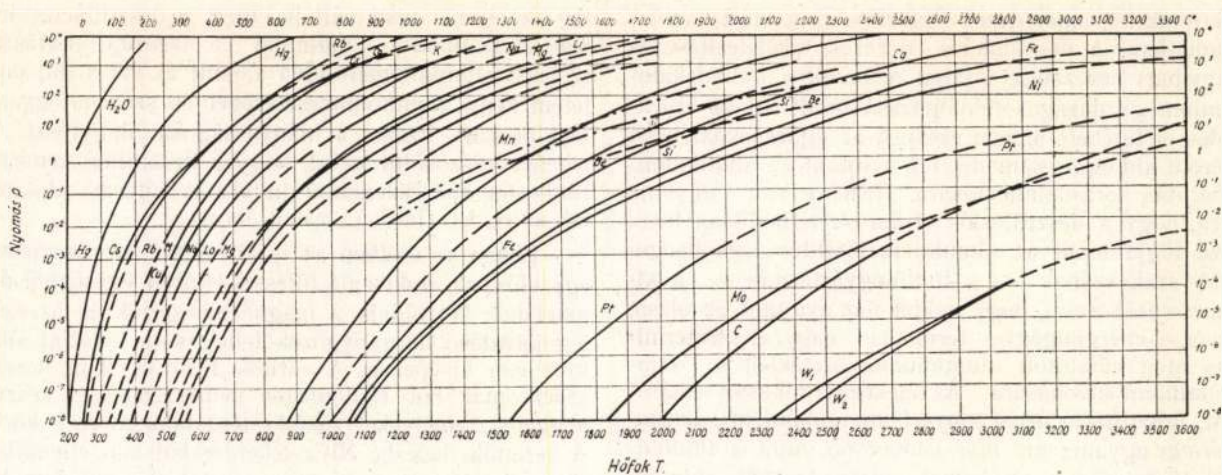
A desztillációs finomító eljárások közös lényege, hogy az alumíniumalapanyag és a többi fémes szennyeződések forrponjtja közötti különbséget hasznosítja.

Miután a fóliagyártás az anyag kényességére való tekintettel lényegesen nagyobb hulladékkal és selejttel dolgozik, mint egyéb fém félkész-gyártás és a hulladékban és selejtben már sok munka fekszik, ajánlatos ezeket észszerű módon feldolgozni. Az alumínium fóliagyártás fenti melléktermékeit leghelyesebben alumíniumpor előállítására használhatjuk fel. Az alumíniumfólia-hulladék és selejt nagy felületű lévén, igen sok a leégés a beolvasztásnál és az ebből készült öntvényt csak nehezen lehet gáztalanítani és oxid-mentesíteni. A jelzett fóliahulladékok viszont kitűnő alapanyagok a legjobb minőségű alumíniumporoknak, melyek ezek további aprításával készülnek. Az alumíniumporok igen sokoldalúan alkalmazhatók.



1. ábra.

Az 1. számú ábra a fémek telített gőznyomása és a hőfokok közötti összefüggést ábrázolja; a 2. számú ábra pedig a hőfok és nyomás függvényében az egyes fémek telített gőznyomás-görbéit szemlélteti. A két diagram egyes adatainak összehasonlításakor megállapítható, hogy a fémdesztilláció esetén a hulladék-alumínium fémes szennyeződéseinek egy része az alapanyagnál kisebb forrponjtú, miért is az alumíniumból kiűzhető. Ehhez a csoporthoz tartozik a higany, kalcium, kádmiun, bárium, bizmut, antimon, ólom és mangán. A második csoportba azok a fémek tartoznak, amelyeknek forrponjtja az alumíniumhoz viszonyítva nagyobb és fémdesztilláció esetén az alumíniumalapanyag korábban desztillál, mint ezek a fémes szennyeződések. Ehhez a csoporthoz tartoznak szilícium, réz, króm, vas, nikkel, berillium.



2. ábra.

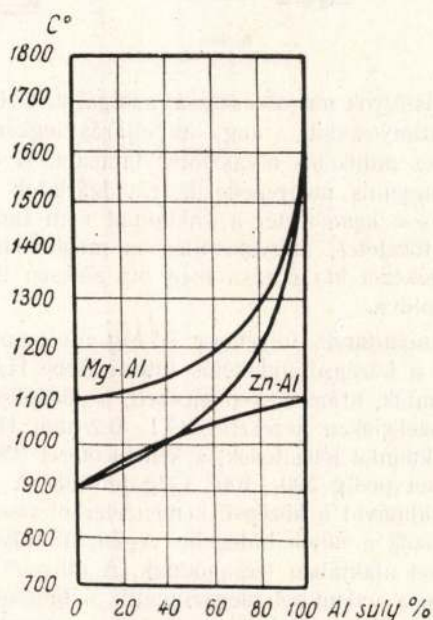
Ez a csoportosítás viszont csak azokra a rendszerekre érvényes, amelyeknél az egyes fémek alkotórészek egymással fémes vegyületeket nem képeznek. A fémes vegyületek parciális nyomása ugyanis sokkal kisebb, mint az egyes tiszta fémeké. Példaként a 3. számú ábra 1 atmoszféras nyomás mellett, az ötvö-

végezni, ahol a fémvegyület már nagymértékben diszociált (pl. a Mg_2Zn esetében $1100^\circ C$ felett). Az egyes fémek alkotórészeinek tiszta leválasztása, — az oxidáció elkerülése miatt —, csak semleges gáz atmoszférában lehetséges.

Az alumíniumhulladékoknak desztilláció útján történő finomítása — a fentiek figyelembevételével — elméletileg is igen bonyolult feladat. A gyakorlatban ugyanis az alumínium a legtöbb fémekkel fémes vegyületeket alkot és ezek a vegyületek a desztilláció alkalmával az alapfémtől csak nehezen választhatók el. A desztillációs folyamatnak az alumínium nagy forrása miatt (760 mm Hg nyomásnál $2270^\circ C$), valamint a fém könnyű oxidálhatósága következtében lehetőleg tökéletes vákuumban kell lefolytatódnia.

Az összes desztillációs eljárást egy előzetes fémfinomítási folyamatnak kell megelőznie. Ennek a munkamenetnek lényege, hogy a különböző, nagyszámú fémes szennyeződést tartalmazó, finomítandó hulladékalumínium ötvözetet olyan nagymennyiségű, kis olvadási- és forráspontú fémekkel ötvözzik, amely a finomítandó anyagban lévő különböző fémek szennyeződés nagy részével az alumíniummalapanyagban oldhatatlan alumínideket képez. Ezek az alumínidek az olvadt alapfémtől szűrés útján elkülöníthetők. Az ilyen módon megtisztított, de kis olvadási- és forráspontú idegen fémekkel erősen felhígított alumíniumötvözetet vákuum desztillációnak vetik alá. A desztillációs folyamat külön kinyerik a tiszta (a desztillációs körülményektől függően 99.8—99.99% tisztaságú) alumíniumfémeket és elkülönítve felfogják a kisforráspontú hígító fémeket, amelyet tisztítás után a körfolyamatba visszavezetnek.

A desztillációs eljárásokat a felhasználásra kerülő hígítófémek szerint lehet csoportosítani. Hígítófémként úgyszólván az összes kisforráspontú fémeket már eddig is javaslatba hozták, a gyakorlati kipróbálások és a középüzemi méretű kísérletek viszont azt bizonyították, hogy a javaslatok közül ezideig csak az Al-Mg, Al-Zn és az Al-Hg rendszerek kecsegtetnek komoly ipari mértékben is használható eredményekkel. De még ezek, a legjobbnak látszó eljárások sincsenek pillanatnyilag annyira tökéletesítve, hogy nagyipari alkalmazásuk százszázalékosan eldöntött kérdés legyen. A desztillációs eljárások nagyipari bevezetésénél ugyanis olyan berendezési és üzemi nehézségek



3. ábra.

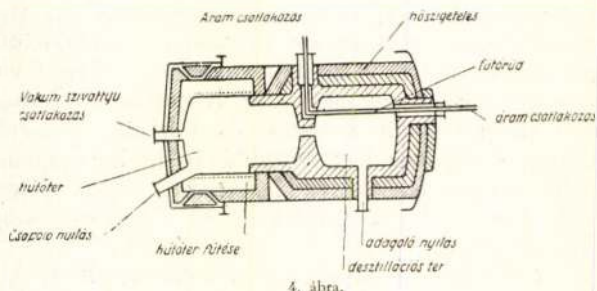
zet összetételének függvényében néhány alumíniumötvözet forráspontgörbéjét szemlélteti. Amint azt a görbék bizonyítják, atmoszféras nyomáson a horgany és a magnézium az alumíniumötvözetekből tökéletesen csak nagy hőmérsékleten távolítható el. A fémvegyületek frakcionált desztillációja viszont a nyomás csökkentésének függvényében állandóan tökéletesedik és egyre kisebb hőfokon megy végbe.

Az alumíniumötvözetekben egyes kis forráspontú fémek egymással szilárdkötésű fémes vegyületeket alkotnak. Ilyen esetben a fémek a desztilláció alkalmával fémes vegyület alakjában desztillálódnak (pl. a Mg_2Zn ; lást 3. számú ábrát). Amennyiben a Mg_2Zn vegyületből az egyes alkotókat tisztán akarjuk kinyerni, úgy a desztillációt olyan nagy hőfokon kell

merültek fel, amelyeknek leküzdése csak most van folyamatban. A desztillációs eljárások tökéletesítése és nagyipari bevezetése viszont nemcsak a hulladék-alumínium gazdaságos feldolgozása miatt áll az érdeklődés előterében, hanem ezeknek az eljárásoknak ipari méretű kidolgozása módot fog nyújtani az alumínium-előállítás forradalmasítására. Remény van ugyanis arra, hogy a desztillációs eljárások térhódítása lehetővé fogja tenni az alumínium-előállítás legköltségszebb szakaszának — a timföldgyártásnak — a kapcsolását azzal, hogy módot fog nyújtani az olcsó, kevésbé energiaigényes termikus vagy elektrotermikus úton előállított alumíniumötvözetekből a szín-alumínium kivonására. Az elektrotermikusan előállított, desztilláció útján kinyert alumíniumfém *energiameértege* ugyanis ma már kedvezőbb, mint a timföldből tűzfolyékony elektrolízis útján termelt alumíniumé. Az előbb említett apparatív nehézségek és az ebből származó gazdasági hátrányok következtében a desztillációs eljárások nagyipari bevezetése viszont még a jövő fejlődés feladata. ^(1 2)

a) Az Al-Mg rendszernek desztilláció útján történő finomítása.

A magnéziumadagolással történő hulladék-alumíniumötvözeteknek desztilláció útján való finomítását a második világháború alatt dolgozták ki. A repülőgéproncsokban ugyanis nagymennyiségű alumínium és magnéziumhulladék keverődött össze; a különböző könnyűfémek szétválasztása szinte lehetetlennek látszott. A roncsok feldolgozásánál viszont mindkét fajtájú könnyűfém regenerálni kellett. Az alumínium és magnézium kényszerűségéből származó együttes feldolgozása viszont a kutatók figyelmét ráirányította egyrészt a magnéziumdús Al-Mg rendszer kedvező tulajdonságai, másrészt az újonnan kidolgozott, termikus magnézium előállításánál használt vakuum desztilláló kemencék továbbfejlesztési lehetőségére. Kezdetben a magnéziumdús alumíniumötvözetek desztillációját forgó vakuumkemencében végezték, ahol a szükséges hőt szénrudas ellenállásfűtés szolgáltatta

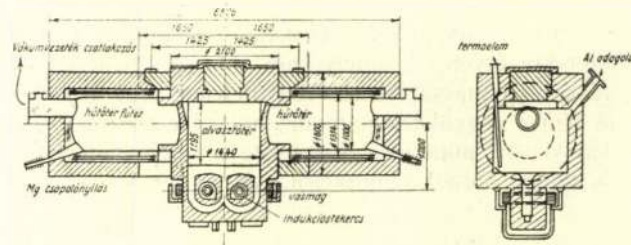


4. ábra.

(lásd 4. számú ábrát). 1 mm Hg oszlopos vakuum esetében 1000° C hőmérsékleten 30%-os Al-Mg ötvözetből a Mg-t le lehetett desztillálni olyként, hogy a visszamaradó alumíniumnak Mg-tartalma 1% alatt volt. A magnézium-gőzök a kondenzátortérben csapódtak le, ahonnan a kikristályosodó magnéziumot ki lehetett olvasztani és le lehetett csapolni. Üzem-

leg az eljárás nem vált be, mert a desztillációs térben visszamaradt alumínium a szénrúd hatására részben alumíniumkarbiddá alakult át. Ez a folyamat jelentékeny alumíniumvesztést és szénrúdfogyasztást okozott. Ezeket a hiányosságokat nagyrészt ki lehetett küszöbölni azzal, hogy a desztilláló kemence fűtőtestét kisfrekvenciájú indukciós fűtésre alakították át (3, 4.) (lásd 5. számú ábrát).

Ebben az esetben az ipari méretű forgókemence egy középső, indukciós fűtéssel ellátott egységből áll, amelynek két oldala a magnézium-gőzök és az esetleg jelenlévő horganygőzök felfogására hivatott sűrítővé van kiképezve. A sűrítők 1 m Ø, 2 m hosszú „Sichromal”-ból (különleges nemesacébból) készült hengerek, amelyeket tűzálló téglafalazat vesz körül. A kerámiai belésbe NiCr tekerésekből álló ellenállásfűtés van beépítve, amely a sűrítőbe lecsapódott Mg



5. ábra.

és Zn kristályok megolvasztását szolgálja. Üzem közben bebizonyosodott, hogy az eljárás legkényesebb pontja: az indukciós olvasztótér falazata. A döngölt falazat ugyanis megrepedezik, rövidzárlatok keletkeznek és a kemencetér a vakuumot nem tudja tartani. A tökéletes, nagyüzemileg is megbízható kemenceszerkezet kialakítása még ma sincsen tökéletesen megoldva.

A finomítandó folyékony Al-Mg ötvözetet a kemencébe a középső indukciós fűtésű térbe H₂ árammal nyomják, utána a kemencében, a sűrítőkön elhelyezett szelepeken keresztül, 0,1–0,2 mm Hg nyomású vakuumot létesítenek, a kemencetér 950° C-ig, a sűrítőket pedig 300–400° C-ig felfűtik. A desztilláció alkalmával a középső kemencetérből távozó Mg és Zn gőzök a hűtők hidegebb végén kristályos Mg-Zn ötvözet alakjában lecsapódnak. A művelet befejezése után a vakuumot megszüntetik, a hűtőket a köpenyben elhelyezett ellenállásfűtés segítségével 750° C-ra felfűtik. H₂ áram segítségével kb. 200 mm Hg oszlop túlnyomást létesítenek és a kemence megfelelő billentésével, illetve forgatásával a hűtőkől a tiszta Mg-Zn ötvözetet, a kemencetérből pedig a finomított alumíniumot lecsapolják.

A kemencetérből kikerülő alumínium az eredeti hulladékfém rondítói közül csak a réz, a nikkelt és az ónt tartalmazza. A finomított fém magnézium- és horganytartalma csak 0,50–0,05% között változik.

Ezek szerint ennek a finomítási eljárásnak teljes munkamenete a következő (lásd 6. számú ábrát).

A beérkező könnyűfémhulladékokat (alumínium és magnézium típusúakat egyaránt) elkülönítve, meg-

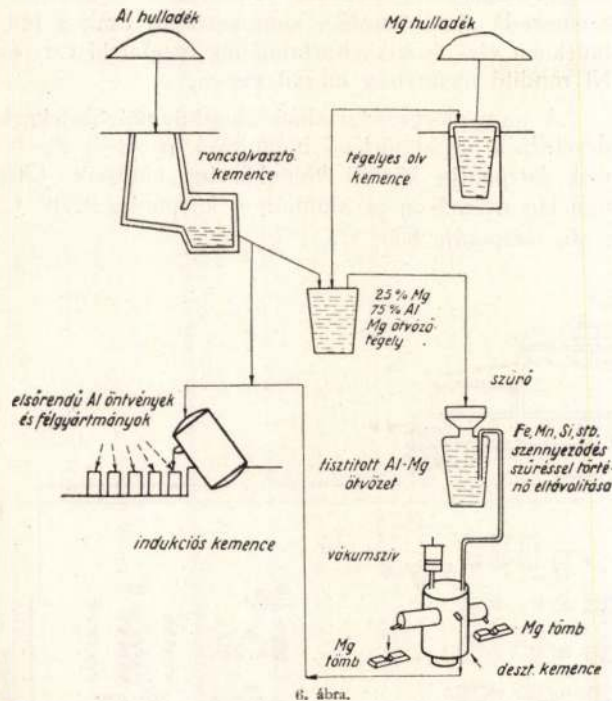
¹ A. Beljajev: Könnyűfémek kohászata. 1950.

² A. V. Zeerledér: Berg- und Hüttenmännische Monatshefte 1948. aug.—nov. 142. oldal.

³ A. Beljajev: Könnyűfémek kohászata. 1950.

⁴ Dr. A. Beck: Metal Industry 1949. 129. oldal.

felelő kemencékben, sótakaró alatt olvasztják. Az alumíniumhulladékoknak egyrészt, amely szilíciummal, vassal és horgannyal csak kevéssé szennyezett, közvetlenül tömbösítik, a másik, erősen szennyezett részét, olvadt állapotban folyékony magnéziumbázisú hulladékötvtözzel 75% Al és 25% Mg tartalmú anyaggá ötvözik.



6. ábra.

A magnéziumdús ötvözetből a magnéziumszilicid és a vas-, mangán-, titan, stb. alumínidek kiválnak és az olvadékból szűrés útján eltávolíthatók.

A szűréssel megtisztított fémolvadékokat folyékony állapotban a desztillálókemencébe nyomják, ahol fém-desztilláció segítségével az alumíniumból a Mg, Zn, Pb, Cd, Ca, Ba, Sb szennyeződések eltávolítják. A desztilláló kemence fémterében tehát csak a Cu, Ni és Sn rondítókkal szennyezett fémalumínium marad vissza. Az utóbbi szennyeződések mennyisége az eredeti hulladékfém Cu, Ni, Sn tartalmának függvénye.

A desztillálókemence hűtőjéből az illékony rondítókkal szennyezett magnézium termelhető ki. Tekintettel arra, hogy az illékony szennyeződések mennyisége csak igen kevés, a hűtőkből kitermelt magnézium, illetve magnézium-horgany ötvözet Mg-alapú ötvözetekből készülő öntvények gyártására felhasználható.

Az eljárás egyes lépéseinél a fémek összetétele a következő:

Eredeti alumíniumhulladék összetétele:

Fe:	0,7—1,8%
Mn:	0,7—1,0%
Si:	0,7—1,0%
Cu:	3,0—4,0%
Ni:	0,5—0,8%
Zn:	0,3—1,0%

Fémszűrés utáni szüredék összetétele:

Fe:	0,05—0,07%
Mn:	0,1—0,2%
Si:	0,3—0,5%
Cu:	2,3—3,2%
Ni:	0,4—0,6%
Mg:	25,0—30,0%

Fémszűrés csapadékának összetétele:

Fe:	7,0—8,0%
Mn:	3,0—4,0%
Si:	5,0—10,0%
Mg:	15,0—20,0%
Al:	maradvány.

Desztillációval tisztított alumíniumfém összetétele:

Fe:	0,05—0,1%
Mn:	0,1—0,25%
Si:	0,4—0,5%
Mg:	0,2—0,5%
Cu:	2,3—3,2%
Ni:	0,4—0,6%
Zn:	0,05—0,1%
Ni:	0,4—0,6%

A desztilláció energiaszükséglete, a segédüzemek (olvasztás, szűrés stb.) nélkül tonnánként 2000—2300 kWó és 100—200 m³ hidrogéngáz. 2,5 tonnas adag szűrt Al-Mg ötvözet desztillációjának ideje töltéstől csapolásig kb. 5—7 óra (a desztillációs kemence evakuálása 1/2 óra, míg a desztillációs folyamat ideje kb. 1,5—2 óra, a többi időt a csapolás, töltés, kiolvasztás veszi igénybe).

Az eljárás előnye, hogy a különböző könnyűfémhulladékokat (Al és Mg alapúakat) együttesen lehet feldolgozni és az ismételt felhasználás részére külön-külön kitermelni.

A módszer hátrányai viszont:

a) finomított fémek tisztasága sok felhasználási terület részére nem kielégítő,

b) a réz- és nikkeltartalmú hulladékok feldolgozása esetén a finomított alumínium csak Al-Cu-Mg ötvözetek gyártására használható,

c) a desztilláló kemence kiszolgálása és üzemeltetése igen bonyolult és kényes feladat.

d) a desztillációs folyamathoz nagymennyiségű H₂ gáz szükséges,

e) gazdaságosság szempontjából az eljárás csak akkor jöhet szóba, ha nagymennyiségű alumínium- és magnéziumhulladék párhuzamosan keletkezik. A finomítási folyamat kihozatala, a tömbösített hulladékanyag alumíniumtartalmára számítva 80% körül változik.

A 7. számú ábra Al-Mg ötvözetek desztillációján alapuló hulladékfeldolgozó üzem alaprajzát szemlélteti.⁵ Az üzem kapacitását havi 1500 t hulladékfém feldolgozására tervezték, amelyből havi 1000 t hulladék közvetlenül tömbösítésre került volna, havi 500 tonna hulladékfém pedig desztilláció útján fi-

⁵ J. T. Komp: German Practice in Refining Secondary Aluminium, 1947.

nomítottak volna. Megjegyzendő, hogy az üzem a második világháború befejezése miatt teljes kapacitással soha nem termelt.

b) Az Al-Zn rendszernek desztilláció útján történő finomítása.

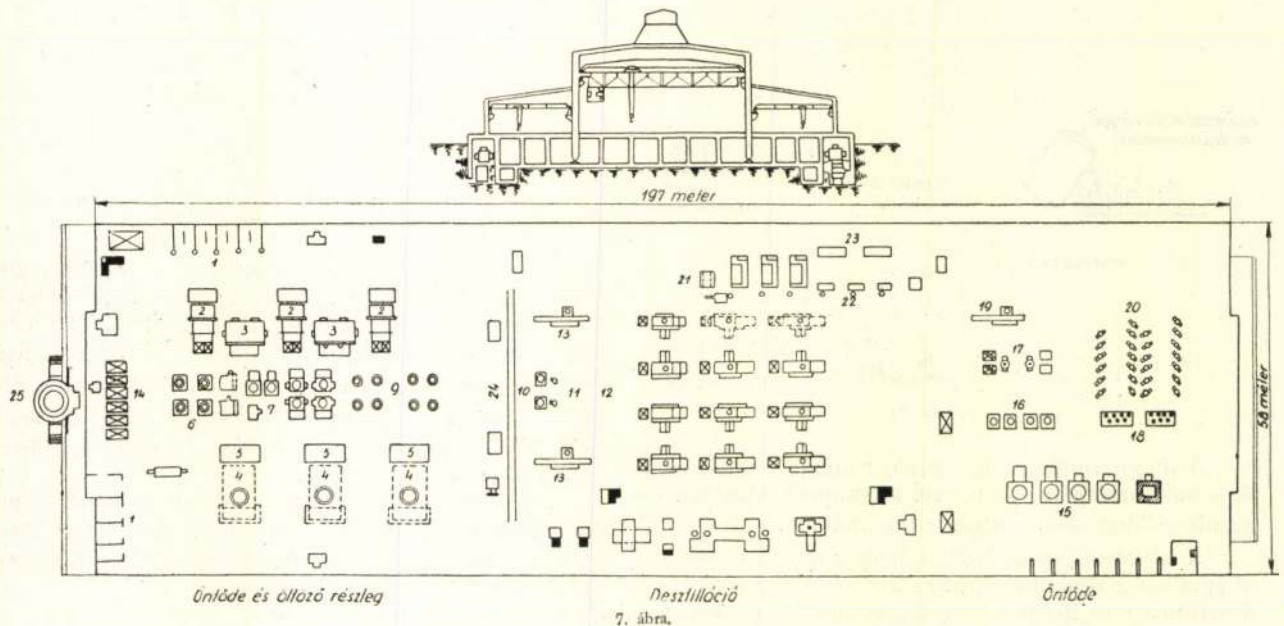
A desztillációs eljárások másik nagy csoportja a hulladék-alumínium-ötvözeteknek horganydús fémek előállítása segítségével történő finomítása és a horganydús alumínium-ötvözetek vakuumdesztillációja. Az eljárás alapelveit szovjet tudósok kezdték kidolgozni.⁶

Ismeretes, hogy nagy horganytartalom adagolásával az alumínium-ötvözetek vastartalmát jelentékeny mértékben lehet csökkenteni. A nagy horganytartalmú (30% Zn feletti) ötvözetekben a hulladék-

alumínium egyéb szennyeződéseinek jelentékeny része ugyancsak oldhatatlan (pl. szilícium, stb.). Ezek a kivált szennyeződések a horganydús folyékony alumínium-ötvözetekből szűrés útján eltávolíthatók.

A hulladék-alumínium egyéb szennyeződései, nevezetesen a magnézium, ólom, kadmium, stb. a desztilláció alkalmával az alumíniumnál könnyebben illó horgany-frakcióval távoznak. A desztilláció után visszamaradó alumíniumban szennyezőként csak a hulladékíem réz- és nikkeltartalmának megfelelő Cu és Ni rondító mennyiség marad vissza.

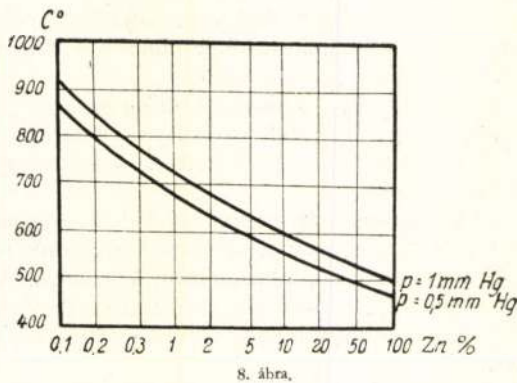
A nagy horganytartalmú alumínium-ötvözeteknek desztilláció útján történő finomítása az Al és Zn fémek forrponjtja közötti különbözeten alapszik. (760 mm Hg nyomáson az alumínium forrponjtja 2270° C, a Zn forrponjtja 650° C).



7. ábra.

Mivel azonban 760 Hg mm nyomáson az alumíniumban visszamaradó utolsó horganynyomok eltá-

volításához igen nagy hőmérséklet (kb. 1500–1700° C) szükséges, eredményes desztilláció lefolytatása csak csökkentett nyomás mellett lehetséges. A 8. számú ábra 1 mm, illetve 0,5 mm Hg nyomás mellett, a hőfok és ötvözet összetételének függvényében szemlélteti a Zn-Al ötvözet feletti állandó parciális Zn gőznyomást. A diagramból leolvasható, hogy pl. 0,5 mm Hg nyomás mellett 90% Zn és 10% Al tartalmú ötvözetből a Zn desztillációja 478° C-on kezdődik; 10% Zn, 90% Al tartalmú ötvözetnél a horgany desztillációjához 690° C; 1% Zn, 99% Al ötvözet esetében 690° C szükséges; 0,1% Zn, 99,99% Al anyagnál pedig a horgany desztillációja csak 800° C-on megy végbe.



8. ábra.

⁶ V. N. Verigin: Szovjet szerzők II. 17.204–21. 1938. IV.

Ezek szerint az Al-Zn rendszernek desztilláció útján történő finomításához olyan berendezés szükséges, ahol a horgany desztillációjának előrehaladásával a hőfokot állandóan növelni lehet. (Folytatjuk.)

Szállítási kérdések a timföldiparban

Irta: Dr. SUCHANEK JÁNOS okl. kohómérnök

622.6 : 669.712.

Вопросы транспорта в глиноземной промышленности.

Написал: Др. Суханек Яном, — инженер

Сравнение разных методов транспорта применяемых в глиноземной промышленности, при транспорте сухих пылевидных материалов. Оказалось, что из методов применяемых для транспорта пылящих материалов, самым лучшим считается пневматический транспорт.

Questions of transportation in alumina factories

by Dr. ing. John Suchanek

The article makes a comparison between the different kinds of transportation in alumina factories. The pneumatic system of transportation is the best for raw materials of pulverized form.

Transportfragen in der Tonerdeindustrie

Von Dr. Ing. Johann Suchanek

Es werden die verschiedenen Transport-Systeme verglichen, die heute in den Tonerdefabriken für trockene Rohstoffe üblich sind. Es ergibt, das für pulverförmiges Material die pneumatische Förderung sämtlichen anderen Transportarten vorzuziehen ist.

A timföldipar gyors fejlődése folytán úgy a nyersanyag, mint a félkész- és készárúk szállításánál új kérdések merülnek fel. Ez a fejlődés bizonyos tekintetben a cementiparban és a vasműveknél felmerülő szállítási kérdésekkel hasonlítható össze. Mind-egyik esetben tehát tömegszállításról van szó.

A timföldiparban a legolcsóbb és legcélszerűbb szállításnak különös szerepe van. A Bayer-eljárás alapján dolgozó timföldgyárak üzemnagysága úgyszólván adva van, tehát az önköltség csökkentése csak a gyári üzemrészek célszerű elrendezése által érhető el.

Jelen cikkben csak a szilárd anyagok, nem pedig lúgok, iszapok és hasonlókállításáról van szó, melyeknek a szállítása tudvalevően szivattyúkkal történik. A szén és salakállítását szintén figyelmen kívül fogjuk hagyni, mert ezek az anyagok az erőmű feladatköréhez tartoznak. A szóbanforgó probléma megvizsgálása tehát csak a timföldipart jellemző nyersanyagokra vonatkozik, így pl. bauxitra különféle állapotban, mint nyersbauxitra, törtbauxitra, bauxitporra, továbbá timföldhidrátra és timföldre.

1. Bauxit

A timföldipar részére szállításra kerülő nyersbauxitnak nagyon különbözőek a műszaki tulajdonságai. Darabos állapota a legfinomabb szemcséktől egészen fejnagyságú darabokig terjed. A különféle nagyságú darabok kezelése mindig nehézséggel jár. Habár a timföldgyárak óvakodnak a bauxitnak nedves évszakban való átvételétől és azt inkább nyári évszakban tárolják, mégis elkerülhetetlen, hogy a rossz évszakban is bauxitőrccel megrakott vonatszerelvény

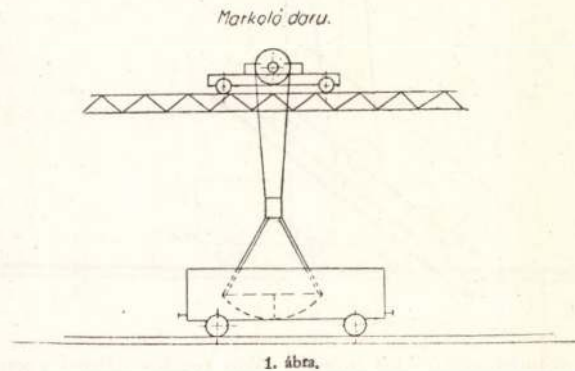
ne érkezék. A nedves bauxit kezelése bármely kirakási móddal nehéz és időtrábló.

A magyar bauxit bányanedvessége tudvalevőleg 16—22% H₂O között van. Érdekes, hogy a bauxit, mely 22% bányanedvességű, de száraz időben szállították, könnyebben rakható ki, mint 16%-os bányanedvességű bauxit, amelynek szállítása esős időben történt és így esetleg 2% nedvességet szívott magába és összesen csak 18% H₂O tartalmú. Ilyen körülmények mellett „felületi nedvességről” beszélhetünk, mert a bauxit még olyan nagy bányanedvességtartalommal és ha a szállítás jó időben történik, felületén viszonylagosan száraz, viszont rossz időjárás esetén az eső következtében az egyes részecskék összetapadása elkerülhetetlen.

A bauxit kirakása különböző lehetőség szerint történhet, melyeket az alábbiakban sorban meg fogunk vizsgálni.

Bauxitkirakás markolódaruval

A rakodási téren lévő sínpar felett daruberendezést állítunk fel, és pedig legegyszerűbben hiddarut, mely markolóval rakja ki a vagon tartalmát a tárolás helyére. (Vázlat 1.) Ez a kirakás legegyszerűbb



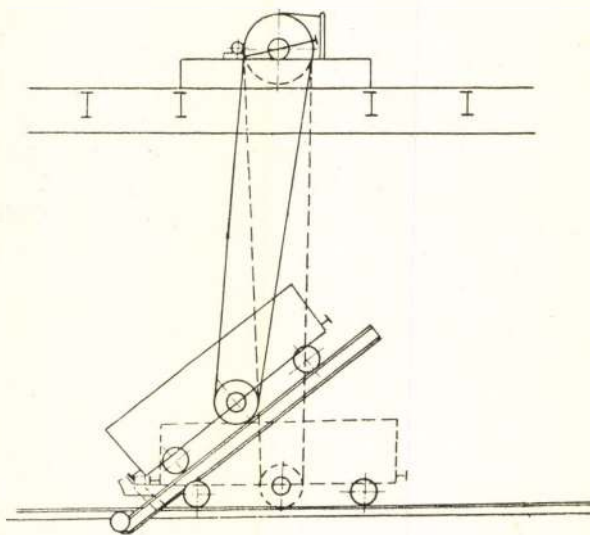
módja. Hátránya azonban a kirakás viszonylag hosszú időtartama, így pl. egy 20 tonnás vasúti kocs kirakása 20—25 percet igényel. A daru a kirakás kezdetét kivéve, soha nem markol teljes mennyiségű anyagot, mert a vagonban visszamaradt bauxitmennyiséget állandóan kézierővel kell összelapátolni, amihez külön segédszemélyzet szükséges. Így a markoló a kiürítés vége felé nem fog annyit markolni, mint ennek kezdetén, ami idővesztést jelent. Az az ismert mód, hogy a vagonban visszamaradt bauxitot nem közvetlenül a tárolóhelyre viszik, hanem a kirakásra váró következő vagonba átdobják, a darujárásnak csak részbeni megtakarítása és igen csekély könnyítést jelent. A markolódaru-berendezés előnye azonban abban rejlik, hogy tartalékdaru könnyen állítható fel, ha az első javítás következtében kiesne.

A daruberendezés erőszükséglete nem mondható csekélynek. Egy 2 m³ őrctartalmú markoláznál 2 motorral, mintegy 36 LE-vel kell számolni, melyhez még a futómacska, valamint a daruhid motorjai is számításba jönnének, összesen mintegy 55—60 kW erőszükséglettel.

Bauxit kirakása vagonbuktatóval.

A markolódarunál sokkal nagyobb teljesítményű a vagonbuktató-berendezés, amelynek elve a 2. sz. vázlaton látható. A vagonbuktató ügyes kezelés mellett képes óránként 6—8 vagon, egyenként 20 tonna úrtartalommal kiüríteni, tehát összesen 120—160 tonnát. A vagonbuktató mindkét oldalra képes üríteni, hogy fékeződéval ellátott vasúti kocsik is üríthetők legyenek. A kezelőszemélyzet munkája kizárólag a vagonok homlokfalának eltávolítására szorítkozik. Maga az ürítés a vagonnak kb. 50° ferdére állítása által történik önműködően, amikor is az anyag magától csúszik. Ennek a berendezésnek is vannak hátrányai. Nedves bauxitnak ürítésénél gyakran előfordul, hogy az anyag annyira odatapad a vagon falához, hogy az csak részben csúszik le. Az anyagot azután rudakkal kell kikaparni, ami nem könnyű munka

Vagonbuktató.



2. ábra.

és főleg hosszú időt igényel. Míg rendes ürítési viszonyok mellett 1 tonna bauxit 30 másodpercet igényel nedves anyag esetén az ürítés 3—4-szer annyi ideig tart.

Hátránya ennek a berendezésnek az, hogy tartáléknak a felállítása egyáltalán nem, vagy pedig csak nagy költség és műszaki nehézség árán lehetséges. Amennyiben ezen a bonyolult gépi berendezésen valamelyik villamosfelszerelési alkatrész javításra szorul, egyáltalában képtelen további kirakást végezni.

A vagonbuktató erőszükséglete — figyelembe véve a markolónál lényegesen nagyobb teljesítményét — viszonylagosan csekély. Az erőszükséglet összesen 45 kW, melyből az emelő motorra 33 kW és a buktató akna alatt beépített 2 db szállítószalag motorjára egyenként 6 kW esik. Ebben az erőszükségletben természetesen nincsen benne az az erőszükséglet, amely a bauxitnak a tárolási helyre történő szállításához szükséges, amely a telep elrendezése szerint változik.

Bauxit kirakása különleges vagonokból

Nagy vaskohókhoz az ércszállítást különleges vagonokban végzik, amelynek az alja, vagy pedig az

oldala egyszerű kézmozdulattal nyílik, úgyhogy annak a tartalma kiesik. Ez egyszerű, erőt nem igénylő eljárás, amely azonban igen nagy beruházási kiadással jár. Ezek egyrészt a megfelelő vagonok beszerzésének, másrészt a különleges tárolók felépítésének költségei.

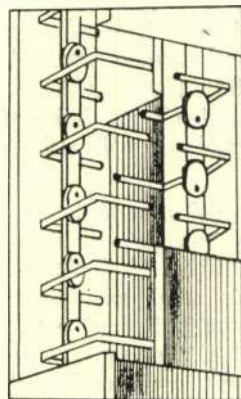
A mai timföldgyárakban ilyen ürítési berendezés még nincs, mégis a timföldipar termelésének emelkedésével előbb-utóbb rá kell majd erre térni. Olyan timföldgyár pl., amely 800.000 tonnát termel évente kb. 2.400.000 tonna bauxitot igényel. Ilyen nagy anyagmennyiséget sem markoló berendezéssel, sem pedig vagonbuktatóval kirakni nem lehet, hanem kizárólag 60—80 tonnás nagy úrtartalmú különleges vagonokkal lehet szállítást lebonyolítani. Ilyen berendezés elrendezése az adott helyi viszonyoktól függ és erre vonatkozóan általános irányelvet felállítani nem lehet.

Bauxit tovább szállítása

Ameddig a bauxit egyenlőtlen szemcsenagyságú, vagyis a törés előtt és vízszintes szállításáról van szó, az egyedüli helyes mód a szállítószalag. Függőleges szállításához serlegfelvonót használnak. Hátránya ennek a szállítási módnak, hogy a vízszintes és ezt követő függőleges szállításnál az anyag átömlesztése válik szükségessé, ez pedig porzással jár, illetve az átrakó helyeken portalanító berendezést kell felszerelni.

60 mm szemnyagyságra tört bauxit szállítását legkételesebben az ú. n. Bühler szállítóberendezéssel (Redler-szállítóknak is nevezik) oldották meg. A 3. sz. vázlat ennek a szállítóeszköznek működését mutatja.

Bühler (Redler) szállító



3. ábra.

A Bühler-szállítóberendezés olyan négyzög keresztmetszetű cső, melynek belsejét egy keresztfa két részre osztja. A csőben végnélküli lánc halad, melyen különleges kaparók vannak. A cső egyik fele teljesen meg van töltve agyaggal, amelyet a kaparók bizonyos sebességgel előre tolnak. Az anyag sebessége kisebb, mint a kaparólécé. A szállítás tehát egy teljesen zárt rendszerben történik úgy, hogy mindennemű porlás ki van zárva. A kaparólánc sebességének szabályozásával a szállítandó mennyiség emelhető, vagy csökkenthető.

Egy további előnye a berendezésnek az, hogy nemcsak vízszintesen, hanem függőlegesen is működik és pedig egy és ugyanazon elrendezésben, tehát anélkül,

hogy a szállításra kerülő anyag részére átrakodás szükséges lenne.

Ha pl. a bauxitot vízszintesen, azután függőlegesen, majd ismét vízszintesen szállítanánk, úgy az eddigi gyakorlat szerint legalább egy alsó és egy felső szállítoszalagra is szükség volna. Ezt a műveletet a Bühler szállítóberendezés egyetlen szelvénye végzi el. Természetesen a szállítási útszakasz hosszúságától függ az erőszükséglet, ez azonban kisebb, mint a szállító szalagok és emelők együttes alkalmazásánál. Egy 90 m hosszú Bühler szállítónak, melynek hosszából 22 m a függőleges szakasz 0,75 kWó az erőszükséglete tonnánként. Míg ugyanilyen körülmények között szállítoszalagok és felvonók erőszükséglete együtt 1 kWó/tonna.

Ez tehát azoknak a szállítási módoknak a lényeges egyszerűsítését jelenti; melyeknél eddig szállítoszalagokat és elevátorokat együtt alkalmaztak. Nagy előny az ilyen üzem teljes pormentessége is, úgyhogy a portalanító berendezések felállítási költsége teljes egészében megtakarítható. Ezáltal az üzemet még jobban egyszerűsíthetjük, mert a portalanítóban felgyülemelő pormennyiség szállításához még további szállítócsiga, vagy másféle szállítóberendezés kellett amelyet így teljesen mellőzhetünk.

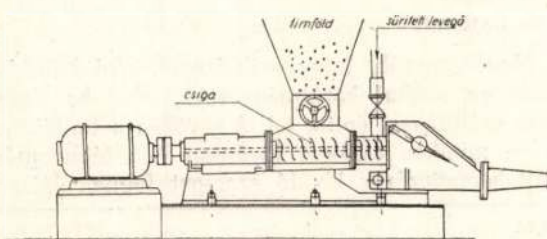
2. Bauxitliszt szállítása

A bauxitörléshez használt malmokkal közvetlen összefüggésben van a bauxitszállítás. Légáramú malmoknál a bauxitlisztet az állandóan átszívott légáramlás szállítja el. Ahol nem ezt alkalmazzák, ott ismét csak a csigákat és elevátorokat használják. Miután a bauxitliszt száraz és erős porlódásra hajlamos, a porzási veszteség ezeknél a készülékeknél különösen nagy. Figyelembe véve a bauxitliszt szállításánál a már említett Bühler szállítóberendezést, vagy hosszabb útszakaszok esetén Fuller szivattyúk alkalmazását, a porzási veszteség elmarad.

Cementgyárakban már régebbi idő óta alkalmazzák a Fuller szivattyú-berendezést (lásd 4. sz. vázlatot) finomszemcséjű anyag szállítására. Eddig a timföldiparban e célra egyedül és eredményesen csak az almásfüzitői timföldgyárban használják azt.

A Fuller szivattyú egy minden oldalról zárt eső, amelybe csiga van beépítve. Ez a csiga motormeghajtással működik. A csiga végén légsűrítővel befűjt 2,5 atm. nyomású levegőáram viszi az anyagot tovább. Az anyagnak a csigákhoz való hozzáfolyását készülékekkel szabályozzák. Mint látható tehát a Fuller szivattyú erőszükséglete a légsűrítővel együtt, mintegy 4,2 kWó/to. A szállítás akár 1000 m távolságra is közönséges vascsövön át történik. Eldugulások nem fordulnak elő. Az elrendezés gazdaságossága a

Fuller szivattyú berendezése



4. ábra.

távolság nagyságával emelkedik. A Fuller szivattyú egyszerű gépi elrendezése folytán minden csiga és elevátoros megoldást lényegesen felülmúl és sokkalbiztosabb. Tudvalevő, hogy a csigák és felvonók javítása a timföldgyártásnak mindennapos velejáró munkája. A Fuller szivattyú pormentesen működik, úgy vízszintes, mint függőleges irányban használható. Magassági különbözete 100 m-ig egyáltalában nem játszanak szerepet. A Fuller szivattyút a jövőben korszerű üzemek bauxitliszt szállításánál bizonyosan előnyben fogják részesíteni.

3. Timföldhidrát szállítása

A timföldiparban szállításra kerülő anyagok közül a timföldhidrát szállítása a legkellemetlenebb.

Ennek szállítása műszakilag máig sincs kifogástalanul megoldva. A timföldhidrát olyan anyag, amely fizikai tulajdonságainál fogva nedves por és iszap közé sorozható. Ez az anyag nedves állapotban következtében erősen hajlamos eldugulást okozni, pl. a felvonókban is. A szállítóberendezések egyes alkatrészeire a timföldhidrát részecskéi hozzátapadnak, majd erős kérget képeznek, amely állandóan vastagodik, míg végül is az eldugulás bekövetkezik. Ezért már a timföldgyár tervezésénél kell arra gondolni, hogy a timföldhidrát szállítása a lehető legrövidebb úton történjék.

Gumi szállítoszalagok képezik erre a célra még mindig a legjobb megoldást, feltéve, hogy az anyag nem túl pépes, mint ez néha üzemzavaroknál előfordul. A hidrát függőleges szállítása csak serleges emelővel történhet, melynél a tányéradagolók, vagy hasonlók beépítésénél gondoskodni kell ügyelni arra, hogy az elevátor ne legyen túlterhelve.

Bühler berendezés teljesen használhatatlan az anyag tapadóképesége következtében. Fűgővasút használata, miután itt nem folytatólagos és állandó szállításról van szó, mint megoldási lehetőség tekintetbe jöhet.

4. Timföld szállítása

Eddigi gyakorlat szerint izzított timföld szállításához közönséges csigákat és felvonókat használtak. A fent leírt porlódás és gépi elhasználódás, a kemény szemcsés timföldet szállító berendezéseken különösen nagy mértékben lépnek fel. Rövidebb útszakaszoknál, mint pl. timföldnek a kemencéből közös gyűjtőgödörbe történő szállításánál minden esetben, még ma is a csiga képezi az egyedüli lehetőséget. Másképpen áll a helyzet a timföldnek a kemenceépületből a szilóba történő szállításánál. Itt két szállítási módszerrel találkozunk és pedig mindkettő légmozgáson alapszik, de közöttük mégis lényegbevágó különbség mutatkozik. Ezek a szállítóeszközök:

1. Fuller szivattyú nyomás alatti szállításra.

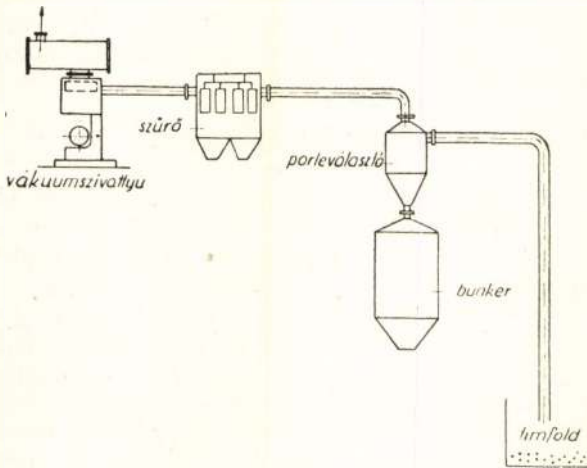
2. Vákuum szivattyú szívás általi szállításra.

A szívás általi szállítás oly módon történik, hogy a timföldkemencék melletti gyűjtőgödörből kb. 30–40 Hg mm vákuummal csővezetékkel kiszívjuk a timföldet. A szívóvezeték a sziló fölé vezet a porleválasztóba, ami általában véve nem más, mint egy ciklon és amelyben a timföld a sebesség csökkenése következtében le hull.

A ciklontól a vezeték tovább megy a zsákszűrőhöz és végül a levegőszivattyúba torkollik.

Az elrendezésbeli különbséget a szívós és légnyomásos szállítás között az 5. és 6. sz. vázlat mutatja.

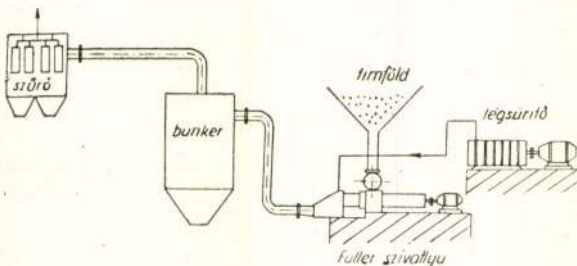
Szívószállítás



5. ábra.

Mindkét szállítási módnál az erőszükséglet kb. ugyanaz, mintegy 4,2 kW/to. Ami azonban az üzembiztonságot illeti, úgy a levegőnyomásos szállítás a szívós szállításal szemben előnyben részesítendő. A légnyomásos szállításnál a nyomást előidéző kompresszor a szállítóelrendezés előtt van, míg a szívóberendezésnél ez a szállító elrendezés után nyer elhelyezést. Mind a légnyomású, mind a szívó szállító berendezésnél szűrőzsák szükséges, mert a távozó levegőben mindig van kevés timföld. Abban az eset-

Poranyag szállítása levegő nyomással



6. ábra.

ben, ha a porszűrő szűrőzsákja elszakad és ezt nem ismernék haladéktalanul fel, akkor ez a légnyomásos szállításnál nagy timföldvesztést okozhat ugyan, de a szívóberendezésű szállító ilyen esetben már teljesen felmondja a szolgálatot. A timföldpor a szakadt zsákszűrőn át a berendezés végén lévő légszivattyúba jut és ha nem veszik idejében észre, akkor a dugattyú hengerében mély bemarkódásokat okozhat.

A légnyomású szállítóberendezésnél a szűrő meghibásodása azonnal megállapítható, mert a kiömlő levegőben szálló timföldpor azonnal látható. A szívószállító berendezés szűrője ellenben vákuum alatt van, így a kívülről nem látható szűrőzsák ellenőrzése igen nehéz.

Egy másik tény is mutatja a légnyomásos szállítás fölényét a szívószállításal szemben. Ha a Fuller szivattyú és a szűrő között tömítési hiba van a vezetékben, az azonnal látható, mert ott a levegő a timfölddel kiáramlik és porzik. A berendezés nagymérvű tömítetlenség törés esetétől eltéköntve, mindig üzemképes és a nyomás nem csökken annyira, hogy ennek következtében a szállítás megszűnne.

Más a helyzet azonban a szívóberendezésű szállításnál. A cső legkisebb tömítetlensége már a szállítás teljesítőképesség igen érezhető csökkenését okozza, mert az a vákuum jelentős csökkenését idézi elő.

A szállításra kerülő timföld ürítése a porleválasztóból önműködően záró kúpszelepen keresztül történik, tehát nagyon kényes szerelvény, mert a szeleplékeket az éles timföldpor könnyen kidörzsöli, és folyton tömítetlen részek keletkeznek, amelyeken át a levegő beszívódik és vákuum romlik. Végül pedig a vákuumberendezések mindig eldugulási veszélynek vannak kitéve, amelyek nemcsak az említett tömítetlenség következtében, hanem sok más körülmény miatt is előállnak a csővezetékben. A levegőnyomásos szállítás az eldugulás sohasem veszélyezteteti és ezért üzembiztos.

A légnyomásos szállításnak még az az előnye, hogy a Fuller szivattyú mozgatható elrendezésű is lehet. Így pl. a sziló üzemben a timföldet a szivattyú ide-oda tolásával minden egyes szilóból külön-külön kitermelhetjük.

A timföld tulajdonságában leljük azt a hátrányt, amely minden szállítóberendezésnél mutatkozik és pedig a timföld igen erős csiszolóhatását. A csővezeték íveit a timföld annyira kicsiszolja, hogy ott kilyukadások keletkeznek. Megkísérelték már az ívrészeket, amelyek a csiszolódásnak különösen ki vannak téve üveggel, fával, gumival, vagy alumíniummal bélelni, azonban egy esetben sem érték el kielégítő eredményt. Ez a hátrány továbbra is fennáll.

Ha egy szívóberendezést tervezni kell, látjuk a levegős szállítás mennyivel egyszerűbb a gépi szállításnál. Ezt az alábbi kétféle berendezéshez szükséges gépek szembeállítását mutatja:

Levegős szállítás a sziló kiürítésénél:	Gépi szállítás a sziló kiürítésénél:
1 db hordozható Fuller szivattyú	2 db csiga egyenként 40 m hosszú.
1 db kompresszor	2 db keresztcsiga egyenként 18 m hosszú
Csővezeték hálózat	2 db elevátor egyenként
2 db motor.	
15 m hosszú	
2 db szállítólemez bunker a hozzátartozó vasállványzattal	
10 db motor	
10 db hajtómű	

Megjegyezzük, hogy szilóüzem gépi kiürítéssel tervbevéve, sokkal körülményesebb, mint ha légnyomásos szállításal építik fel. A jövőben a timföldiparban — minden kétséget kizáróan — légnyomásos szállítóberendezések kiváló szerepet fognak játszani.

ALUMINIUM

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

Budapesti Szikra Nyomda, V., Honvéd-u. 10. — Felelős vezető: Radnóti Károly.

ALUMINIUM

A MAGYAR BÁNYÁSZATI ÉS KOHÁSZATI EGYESÜLET ALUMINIUM SZAKOSZTÁLYA
ÉS A MAGYAR FÉMIPARIKUTATÓ INTÉZET FOLYÓIRATA

III. évfolyam

II. szám

Timföld-alumínium iparunk analitikai igényei*

MÁRIÁSSY MIHÁLY

669.712:543

A szocialista gazdasági rendszer fölénye a kapitalista gazdálkodással szemben leginkább az által mutatkozik meg, hogy a munka termelékenysége soha nem látott fokot ér el. A termelékenység fokozására számos lehetőség van, de az eredmény csak akkor lehet optimális, ha céltudatos munkánkat állandó szigorú kritika kíséri. Ennek gyakorlása elsősorban a műszaki ellenőrző szervek feladata.

Az üzemi ellenőrző szervek munkája kisebb részben fegyelmi kérdéseket érint, a legnagyobb rész azonban a műszaki és minőségi ellenőrzésre esik. A rendszeres és szigorú ellenőrzés a termelés döntő faktora, ha már a legkisebb rendellenességre is idejében felfigyelünk, illetőleg előre jól átgondolt és kidolgozott módszerek szerint tudunk szükség esetén nekilátni a bajok megelőzésének vagy orvoslásának.

Nézzük az ellenőrzés feladatait egy kissé részletesebben. Útőképes műszaki ellenőrzés csak úgy képzelhető el, ha az üzemek, pontosan előírt technológiai eljárás szerint végzik el munkájukat. Ezen előírás vegyi üzemekben magában foglalja a gyártás teljes anyagmérlegét, valamint mindazokat a fizikai tényezőket, melyeknek változása a gyártásnál az anyagmérlegtől való eltéréseket eredményezhet.

A timföldgyártás területén pl. elő van írva a bauxit szárításának vagy pörkölésének pontosan betartandó hőmérséklete. A kísérletek tanulsága szerint sok bauxit-típusnál igen szűk határok között be kell az előírt pörkölési hőfokot tartani. Az előírásoknak már kismértékű megszegése is a feltárási Al_2O_3 -kihozatal gyors csökkenéséhez vezethet, vagy pedig ülepítési nehézségek miatt felléphet a minőség meg nem engedett mértékű romlása.

Ugyancsak elő van írva az autoklávokban tartandó hőmérséklet és a feltárási idő is, főleg azért, hogy már minimális hőenergia befektetéssel megkapjuk a maximális kihozatalt és így elérjük a legnagyobb termelékenységet. Arról, hogy az optimum hol van, minden bauxit-féleségnél kísérletekkel kell meggyőződni, melyeknél figyelembe kell venni a kevéssé tanulmányozott, de általánosan fellépő mellékjelenségeket is. Ilyenek pl. a Dorr-homok képződése, vagy pedig a kihozatal-idő-izotherma irányzógének megváltozása, ami azt is eredményezheti, hogy hosszabb idő alatt a kihozatal csökken. Ugyancsak az alapvető előírások közé tartozik a feltárási utáni kausztikus molviszony megszabása is. Előírásához az

optimális kihozatal és az üzem maximális kapacitásának sokszor ellentétes irányban ható tényezőinek ismerete szükséges.

Végignézhetnénk így a timföldgyártás összes munkafolyamatait, a kikeverési koncentrációtól, hőfoklefutástól, molviszonytól kezdve a keverési neméig, vagy a kalcinálásnál a lebegő és lecsúszó anyagmennyiség viszonyától az elektromos porleválasztó egységek hőmérsékletének a harmatponttól való távolságának megszabásáig, mindig az találjuk, hogy van egy optimum, amely világviszonylatban nem egyértelmű ugyan, azonban egy adott bauxit-fajta feldolgozásánál igen. Kísérletek alapján, ennek figyelembevételével kell, hogy készüljön a gyártási előírás.

Az alumínium-kohászat területén vizsgálva a kérdést, előljáróban megjegyezhetjük, hogy itt a helyzet már lényegesen könnyebb, ugyanis az összes nyersanyagok pontosan meghatározott minőségi szabványok követelményeinek kell, hogy eleget tegyenek. Az üzemviteli előírások tehát elsősorban bizonyos konstrukciós adottságokhoz igazodnak. Az alumínium-kohó optimális üzletvitel nem más, mint harc az energiamérleg kedvező voltáért, ennek pedig egy adott elektrolíziskád-konstrukció mellett pontosan betartandó feltételei vannak: egyensúlyban lévő hőmérleg, amit az anód-katódtávolság, a katódon lévő fém mennyisége, az elektrolit mennyisége és összetétele, az áramerősség egyenletessége, valamint a salak mennyisége determinál. Fel lehetne itt sorolni még néhány tényezőt, melyet azonban blokkal rendelkező és Söderberg-rendszerű egységeknél különböztetünk. Fenti tényezők optimumai, valamint a követendő helyes út azoknak elérésére, szabályokba van foglalva, melyek az üzemvitel előírásainak alaptörvényét képezik. Ha ezek a tényezők változnak, szükségképpen változások következnek be a termelékenységben, amit az anyagmérleg alakulása regisztrál.

Az ellenőrzés feladata az, hogy ezeket a tényezőket állandóan figyelemmel kísérje és az anyagmérlegtől való mennyiségi és minőségi eltéréseket megakadályozza. A legfontosabb cél a mindenáron való megelőzés, ami olyképpen érhető el, hogy az ellenőrzés szervei a jellemző helyekről rendszeresen mintákat vesznek, azokat megvizsgálják, és a vegy-

* Az 1951. évi Vegyészkongresszuson elhangzott előadás.

vizsgálat eredménye alapján a hibákat még csirájukban fojtják el, mielőtt azok elhatalmasodnának. Fentiekből láthatóan az ellenőrzés feladatkörének egy igen jelentős része anafitikai természetű. Az analitikai feladatok, mint tudjuk, meglehetősen időigényesek, megfelelő ellenőrzés tehát csak úgy képzelhető el, ha jól képzett és jól felszerelt analitikai apparátussal rendelkezünk.

Az analitikai ellenőrzésnek azonban értelme csak akkor van, ha a mintavételezés úgy van megszervezve, hogy a minták valóban a vizsgálni kívánt átlagos, vagy speciális helyzetnek hű képét tükrözik. A mintavételi helyek, módok és idők pontos megjelölése ezért olyan feladat, amelynek fontosságát nem szabad alábecsülni. Célszerű, ha a mintavételi helyeken erre vonatkozó kiírások vannak és az ellenőrzés a mintavétel módjára is nagyfokban kiterjed.

Az analitikai módszerek kiválogatásánál és alkalmazásánál az ellenőrző szervnek megfelelő értékítéssel kell rendelkeznie: a kisebb pontosságot, de nagyobb gyorsaságot igénylő feladatokat más módszerekkel kell megoldani, mint a nagy pontosságot igénylő feladatokat, melyek sokszor nem oldhatók meg rövid idő alatt. Olyan esetekben, amikor nagy pontosság mellett a gyorsaság is súlyponti kérdés, a legkorszerűbb analitikai módszerek és eszközök használata nélkülözhetetlen. Ma már nem engedhető meg, hogy az ellenőrzés a hibák utólagos regisztrálásává silányodjon, hogy az üzemek vezetői és versenyző dolgozói csak 4–5 nappal korábbi állapotot figyelhesenek és az optimális üzemvitelt csak kisebb-nagyobb kilengésekkel közelítsék. Mielőtt a fajlagos nyersanyagfelhasználási értékek rohamos emelkedése megkezdődne, már ki kell, hogy legyen elemezve azoknak oka, már meg kell, hogy történjen a megfelelő ellenintézkedés. Pl. az alumínium-kohászatban az elektrolit foszfortartalmának növekedését nem akkor kell konstatálni, amikor már az áramhatásfok 80% alá esett, hanem elsősorban idejében konstatálni kell a timföldnek, mint nyersanyagnak a tekintetben való szennyezettségét, másodsorban az elektrolitban a szennyezőnek a dúsulását, még akkor, amikor könnyen lehet segíteni.

Az analitikai ellenőrzés jelenleg alkalmazott módszerei a régi klasszikus módszerekből fejlődtek ki. Ezeknek lényege az egyes alkotóknak egymástól mindenáron való elválasztása volt, lehetőleg kvantitatív csapadékos reakciók segítségével. Tudjuk, hogy ezek nagyon sok időt vesznek igénybe, hiszen számos kutató munkájából ismerjük pl. a kristályos csapadékok oldhatósági viszonyainak az idő szerinti függvényeit és ennek birtokában meg tudjuk szabni az egyes analitikai munkafolyamatokra fordítandó minimális idő kiméretét. A timföldgyártás területén nem egy esetben olyan sok tényező okozhat pontatlanságokat, hogy a legkisebb tudatos pontatlanság sem engedhető meg. Ugyanakkor azonban legfőbb törekvésünk, hogy az elemzések gyorsaságát fokozzuk. Az analitikai laboratóriumoknak ma már mondhatjuk, nagyrészt sikerült olyan módszerekhez jutniok, melyek elég gyorsak, amellett, hogy feltétlenül megbízhatóak. A gravimetrikus eljárásokat nagyrészt titrimetrikus és kolorimetrikus eljárások váltották fel. Az

alumíniumtartalmának meghatározása már úgyszólván csak titrálósos módszerekkel történik: akár a fluoridos módszerrel (részletes leírás irodalmi utalásokkal l.: BKL. 1951. évf. 3. sz. Zombori és Nagy: Alumíniumtartalmú anyagok elemzése), akár tropolin 00 indikátorral, mint azt Bogolepov (Legkih Metalov 5,22. 1936.), továbbá más szerzők leírják (irodalom l.: KL. 1951. 11. sz. Dr. Lányi B. cikke), akár a Fémipari Kutató Intézet igen jól használható turbidimetriás eljárásával dolgozunk is. (BKL. 1949. évf., 11. sz. László A.) Winteler (Die Aluminium Industrie 41. 1903.) módszerének alkalmazására is sok kísérlet történt és azok eredményesnek bizonyultak.

Úgyszólván kizárólag kolorimetrikus eljárásokkal dolgozunk a timföld kovásva, titán, foszfor és vanádium-tartalmának meghatározásánál. A kovásva meghatározására a sárga szilikomolibdát-komplex, vagy a molibdénké-reakció egyaránt alkalmasnak bizonyult, természetesen ezek a módszerek feltételezik néhány fontos munkaelőírás szigorú betartását. Így pl. a molibdénké formájában történő foszformeghatározásoknál keletkező vegyületek a különböző redukáló szereknek különböző ideig tartó behatása folytán más és más termékhez vezethetnek. Glemser (Zschr. F. anorg. Chem. 264. köt. 1951. 17–33. old.) vizsgálatai szerint Mo_8O_{23} és Mo_9O_{26} összetételű oxidok, ill. $Mo_4O_{10}(OH)_2$ és hasonló oxidhidrátok keletkezhetnek. Mint legmagasabb redukciós fokozat MoO_2 képzése is ismeretes. A kék szín mélysége a redukciós fokozat függvénye. Ebben leli magyarázatát a különböző redukáló szerekkel elérhető őrési intenzitás különbség. Ezért pl. ma már általánosan eltérünk a sztannoklorid használatától, mert az eredmények nem voltak kielégítőek. Jobb redukáló szernek bizonyult pl. az 1-aminó-naftol-2-szulfonsav-4, amelynek „Eikonogén“ a kereskedelmi neve. Sok vanádium jelenlétében foszformeghatározásra a hármás komplex P-Mo-V-tartalmú heteropolisavas sók, sárga színreakcióját használják, mely eljárásról régebben a szerzőknek (Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 9.251. 1927, stb.) rossz tapasztalatai voltak, azonban vegyészeink egyszerű fogásokkal használható és sok tekintetben minden más módszernél pontosabb meghatározási módszert szerkesztettek belőle. Kár, hogy a módszer pontossága eddigi tapasztalataink szerint a vanádium meghatározása esetén kisebb, mint a foszfor vizsgálatánál. A titánnak és vasnak kolorimetrikus meghatározási módjai üzemünkknél különböző változatokban sikerrel alkalmazásban vannak.

Az utóbbi időben egyre nagyobb fontosságú lett a bauxit- és a timföldgyári termékek és hulladékok nyomelemeinek meghatározása is. Ezért vizsgálati módszereket kellett kidolgozni ebből a célból. Különböző bonyolult elválasztások mellett egyre jobban tért hódít a potenciometrikus titrálás, pl. amikor a bauxitok króm-tartalmát kell meghatározni, vagy az elektrogravimetria, pl. amikor az alumíniumtartalmú anyagok cink-tartalmát, vagy a feldolgozott ércekben leihető réz-nyomok mennyisége érdekes.

Vörösiszapok kötött nátrontartalmának meghatározását ma már ritkán végzik a régi sok időt igénylő és nem kellően pontos gravimetrikus módszerekkel:

kellő előkészítés és megfelelő előírások betartása mellett elektrolízissel a kötött nátron teljes mértékben felszabadítható, még a titánhoz kötött nátron is, mely a legerősebb kötésben van. Az ellenőrző analizisek már egy óras elektrolízis után is gyakorlatilag nátronmentes iszapot mutatnak az anódtérben, míg a katódtérbe vándorolt nátron közvetlenül titrálható. A módszerrel, melyet Dr. Papp Elemér dolgozott ki, két órával a mintavétel után már $\pm 0,1\%$ pontosan megadható az iszap kötött nátriumtartalma. (BKL. 1950. évf. 2—3. sz. Al. 51. old.)

Az alumínium-kohászat területén a laboratóriumi „nedves” módszereket, majdnem teljesen kiszorította a spektrográf. Térhódítását lehetővé tette a pontosan azonos gerjesztési feltételeknek mindenkor való biztosítása, továbbá megbízható és megfelelő tulajdonságokkal rendelkező foto-emulzió készítése. Hazai fotó-cikk iparunkat ilyen törekvésekre nagyrészt alumíniumiparunk sarkalta. A használatos spektrografikus vizsgálatok a GOSZT. 3221—46. szabvány előírásaihoz közelálló módszer szerint történnek. Egyre nagyobb tért hódítanak a fotometrius interpolációval dolgozó fokozatgyengítő módszerek is, alkalmazásuk a „nedves” ellenőrzésnek még fokozottabb kiküszöböléséhez vezet.

Az olvadék-elektrolitnak és az azt képező nyersanyagoknak ellenőrzésénél egyre ritkábban alkalmazták a régi Sparck—Hawley—stb. féle módszereket fluór meghatározására. A legtöbb laboratórium Willard és Winter (Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. 5., 7. 1933.) módszerét használja, amelyen azonban kutatóink sok tekintetben javítottak. A módszer lényege a fluórtartalomnak thóriumnitráttal való csapadékos titrálása alizarin-szulfonsavas-Na indikátor jelenlétében. Az indikátor rózsaszínű thórium-lakkot képez, melyet azonban a fluór-ionok elszíntelenítenek. Megfelelő puffer-oldatok jelenlétében lassú titrálással kellő pontosság érhető el.

Az elektrolit összetételének meghatározásánál a bonyolult szennyezésvizsgálati módszereket egyszerűsítették és tökéletesítették. Az új módszerek Mattrew, Maxwell, Darrow, Needham (Anal. Chem. Vol. 20. No. 6. Jun. 2. 1948. pp. 504.), továbbá Vasziljev és Barinova (C. A. 36, 1260—I. 1942., C. A. 34, 1590—1940. stb.) munkáin épülnek fel. A kovásvas meghatározás pl. akár fenti szerzők 8-oxichinolinós módszerével, akár az anyagnak Spielhacsek (Z. anal. Chem. 119. 4—16 1940.) piroszulfát + boraxos feltárását követő kolorimetrikus módszerével a kívánt pontossággal végezhető. A Sparck—Hawley-féle fluórmeghatározást már csak Karaoglanov és Csandarov (Z. anorg. allg. Chem. 187. 1930.), ill. (196. 1931.) útmutatásai szerint, ill. a Kapfenberger által ajánlott változatban találjuk meg.

Az alumínium-kohászatban nagy fontossága van a gyors és pontos pH-mérésnek. Üzemeink általában Van Urkk-féle, vagy egyéni összeállítású indikátor keverékekkel dolgoznak, de szeretnék fokozni az eljárás pontosságát és ezért az Urali Alumíniumgyár polarizációs mikroszkópos módszerének átvételére tesznek előkészületeket, ill. ettől várnak megfelelőbb eredményt. Ez a módszer a NaF : AlF_3 arány közvetlen megadására alkalmas kristályoptikai úton. 14 mol % AlF_3 tartalomnál ugyanis a látómezőben

a kriolithnak az NaF-fel alkotott első eutektikuma jelenik meg, míg az 1:3-as molviszonynál a tiszta kriolit képét látjuk. A 37,5 mol % -a AlF_3 -nak megfelelő 1,67-es molviszonynál a látómezőt már a tiszta chiolit kristályai növik keresztül.

Régen igen sok gondot okozott az egyes laboratóriumoknak az anódmasszák és egyéb műszertermékek egyöntetű vizsgálata, főleg a kötőanyag mennyiségére való következtetés, a kötőanyag minőségének megítélése, valamint a mechanikai vizsgálatok egyértelműségének biztosítása. Mint ismeretes, a kötőanyagoknak csak mintegy 80% körüli mennyisége az, ami benzollal extrahálható, egy rész még anthracénolajjal kivehető, azonban a felhasznált szurok fix-karbon tartalmának ismerete nélkül már nem jutunk tovább. Ez azonban általában a szurok 15%-át kitevő érték körül szokott mozogni, úgy-hogy megfelelő átszámítás után a kötőanyag tartalma kellő közelítésben megkapható. A kötőanyag minőségének utólagos vizsgálatánál nem szabad ezt figyelmen kívül hagyni, akár a 270°-nál alacsonyabb hőmérsékleten elillanó rész megadásáról, akár a lánguláspont számszerinti kiértékeléséről van szó. A mechanikai vizsgálatoknál a szabványos próbaégetés előírásainak kellett Söderberg előírásaival szemben olyan változtatásokat eszközölni, amelyek fokozottabban üzemszerű körülményeket biztosítottak és így a valósághoz közelebb álló eredményekhez vezettek.

Ma már anódmassza laboratóriumaink elég korszerűek, fel vannak szerelve megfelelő kemencékkel és műszerekkel, és így a legtöbb kérdés véleményezése nem vesz igénybe több időt 48 óránál.

Akár a timföldgyártást, akár az alumínium-kohászatot nézzük is, mindazonáltal meg kell állapítanunk azt, hogy a jelenleg használatos laboratóriumi módszereknek sok esetben van még hiányosságuk. Pl. a titrálásos alumínium meghatározások egyik módszerrel sem mennek a kívánt pontossággal. Az alumínátlúgok vizsgálatánál a változó mennyiségben jelenlévő szilikát-, foszfát-, vanadát-, és kromát-ionok a felsorolt módszerek mindegyikét zavarják. Sok esetben már a karbonát-ion is zavart okozhat, így pl. a turbidimetrikus eljárás minden további nélkül való alkalmazásánál. Mielőtt a zavaró ionok eltávolításáról gondoskodunk, a módszerek veszítenek az annyira igényelt gyorsaságukból. Az alumínium meghatározása közvetlen titrálással Winteler-módszere szerint bauxitokban, vagy vörösiszapban gyors ugyan, de pontosság tekintetében nem kielégítő, a színátcsapások nem elég élesek, az eredményeket befolyásolja a megvilágítás, fény-szűrős, kolorimetrikus végpontmeghatározásra pedig a jelenlévő színes ionok és organikus vegyületek miatt nem gondolhatunk. A timföldgyárak legfőbb analitikai igénye egy ilyen pontos alumínium-meghatározás volna. Hiányosság az is, hogy a vizsgálati módszerek országos egységesítése csak lassú ütemben halad előre. Így a subjektív hibák mellett objektív hibák fellépésének a lehetősége sincs teljesen kiküszöbölve. Az anódmassza vizsgálatát az alumíniumipar üzemei egységes módszerek szerint végzik, de már a műszertermékeket előállító és használó egyéb iparok elemzési módszerei ezektől eltérnek. Ötvözetek alkatrészeinek és szennyezőinek meghatá-

rozásánál a heves viták már nagyrészt elcsendesedtek, mert az analitikai kutatók igyekeztek a nehézségekkel megbirkózni, és főleg az utolsó évtizedben munkájuk számos esetben kedvező eredménnyel is járt.

Igy pl. a réz meghatározásánál a jól bevált dithizonos (Difenil-thiocarbazon) módszerek helyett a jobb és gyorsabb dietil-dithio-carbamátos meghatározást vezették be, melynek részleteire nézve utalok a *Revue de Metallurgie* 1949. januári számában Navarro cikkére. A módszer fotometrikus meghatározásra kiválóan alkalmas és előbbinél gyorsabban végezhető.

Vas-szennyezések meghatározásánál a jól bevált titanometrikus eljárások mellett a kémszer kényessége miatt egyre inkább tért hódítanak a fotometrikus eljárások: o-phenanthrolinnal, szulfószalicilsavval, vagy α - α -dipyridillel. Erdei László és Bokor Endre kidolgozta a vas aszkorbínometriás meghatározását is. (*M. Kémiai Folyóirat* 1950. jan.) Ez a redukometriás eljárás mint depolarimetriás titrálás is alkalmazható (dead-stop módszer), színes oldatok esetén; az alumíniumipar a jövőben valószínűleg nagy hasznát fogja venni, pl. ülepített alumíniumlúgok vastartalmának mérésénél.

Már említettem a timföld vizsgálatánál, hogy a kovasav meghatározására tökéletesnek nevezhető kolorimetriás eljárások állnak rendelkezésre. A szilikomolibdát-komplex alakjában való meghatározás további tökéletesítése oda vezetett, hogy ma már majdnem kizárólag jól eltartható pikrinsav-oldatokat használnak és nem kell a kovasav törzsolatok napenkénti fáradságos előállításával vésződni.

Ötvözők és szennyező-elemek meghatározásánál igen sok jó más módszer is kidolgozást nyert. Ha ólmot akarunk meghatározni, választhatunk az elektrogravimetriás eljárás, vagy a szintén kellő pontossággal keresztülvihető kromátos titrálás között. A cinket mercurithiazonáttal való lecsapás után jodometrikus titrálhatjuk, vagy platina és kalomel elektródokkal potenciometrikus titrálhatjuk, KCl-hiddal, a zavaró vas ionok foszforsavval vagy fluorhidrogénnel való komplexálása után. A potenciálugrást ferricianid adagolásával élesebbé tehetjük.

Az elválasztások helyett, mindenütt, ahol ez lehetséges, a maszkirozás lép előtérbe. Már Fischer Helmut és Leopoldi (*Z. Aluminium* 1943. No. 10., *Anal. Chem. és Angew. Chem.* 1933, 1934. és 1936-os vonatkozó cikkei) is erre az útra lép a cink dithizonos meghatározásánál: a zavaró elemeket igen stabil cyanid, rhodanid, thiosulfát, ill. jodid-komplexekké alakítja. Charlot [*Théorie et Methodes Nouvelles de l'Analyse*] még fokozottabban képviseli ezt az elvet és elvei az analitikusok osztatlan tetszésével találkoznak a legtöbb ipar területén. Ötvözetekben a magnézium meghatározását is citromsavas maszkirozás után végezzük, ha nem akarunk Kreibich, Bäumlér és más kutatók nyomán a fotometrikus eljárással dolgozni, thiazolsárgával, vagy „titánsárgával“. Utóbbi módszer a 0,5%-nál nagyobb rézmennyiség kielektrolizálása, továbbá a Fe és Mn kicsapása után keményítő oldatnak, mint védőkolloidnak alkalmazása esetén igen gyors és pontos. A kémszer hatására málnapirossá vált oldatot fotometrálnak.

A timföldgyártás területén a szovjet kutatók eredményei a leginkább figyelemre méltóak. Ered-

ményeiket (Trudy Vsesayus Konferencii Anal. Khimi Akad. Nauk. USSR.) a C. A. 1942. évi 36. sz. referálja (1260. old.). Bauxitok feltárására gyors explóziós módszert ajánlanak Na_2O_2 és hammentes szén elegyével. A feltárás nikkeltégelyben egy perc alatt végbemegy. Kidolgoztak egy eljárást réz és cinknek egyidejű polarografikus meghatározására fém Al-ban. A mintát NaOH-ban oldják, leválasztják a Cu és Zn szulfidokat, ezeket feloldják és az egymásmelletti meghatározást polarográfia végzik. Alumíniumiparunk hazai laboratóriumai ezidőszereint sajnos megfelelő polarográfia még nem rendelkeznek és így a módszer átvétele késik. A Na meghatározásra fém-alumíniumban az uranylacetátos módszert használják, hasonlóan a hazai gyakorlathoz.

A cinket kénhidrogénnel választják le és cink-anthranilát alakjában határozzák meg. A keverékindikátorok közül főleg a metilnarancs-indigókarmin elegyeket részesítik előnyben, ellentétben Shillinglaw és Levine-vel (C. A. 37. 16745. 1943.), akik nátriumindigosulfát indikátorral dolgoznak hasonló esetben.

A román *Bulletin de Documentare Technica* 1949. augusztusi száma (854. old.) bármely mennyiségben jelenlévő Cr., Co, Ni, Al, Mo és Mg. jelenlétében elvégezhető potenciometrikus Mn-meghatározást ismertét, pirofoszfát + szóda-tartalmú oldatban. A titráló oldat permanganát, indikátor elektróda: Pt, összehasonlító elektróda kalomel. A módszer Dural-típusú ötvözetek elemzésére kiválóan alkalmas.

Wilson HN. (*The Analyst*. 76. 899. 1951. febr.) a foszfor térfogatos meghatározásánál ammonfoszformolibdát helyett chinolin-foszformolibdát lecsapását javasolja. Loidl A. (*Zschr. f. Anal. Chem.* 132. 2. füzet, 1951. 97. old.) a réz meghatározására a thioformamidot ajánlja híg savas közegben.

A modern könnyűfémipar egyre sürgetőbben kívánja az Al és ötvözetek gáztartalmának ismeretét. Üzemeink egyrésze ma már eltérve a régi Steinhäuser-féle módszertől Dardel (*Metal Industry* 1950. március 17. 2203.) készülékét és kiértékelési módját használja, míg a Magyar Fémipari Kutató Intézet ez év júliusában új saját módszert adott közre. A fémeket vácuumban olvasztják, mikor is a gázok kiszabadulnak. A gázok mennyiségi meghatározására ezután a gázok különböző hővezetőképességén alapuló ú. n. hődrótos eljárást választja. (Pap—Zombori—Antonescu: Hidrogén meghatározása fémalumíniumban, *KL*. 1951. 7. sz. Al 149. old.)

A módszerek sokiéleségében a szakembernek is főleg azért nehéz eligazodnia, mert a külföldi szakfolyóiratokban számos olyan közlemény is napvilágot lát, mely a szükséges kritikát nélkülözi. Több módszer kipróbálás után kecsesítő voltuk ellenére ei kellett vetnünk azért, mert ugyan jól reprodukálható, de mindig egyértelműen hamis eredményhez vezettek. A kutatók törekvéseit azonban általában komoly eredmények kísérték, melyeknek fényénél elének tárul a timföld- és alumíniumipar analitikai helyzetének jövő perspektívája.

A jövő útja nyilvánvalóan az elemzési módszereknek messzemenő mechanizálásához kell, hogy vezessen. A jelenleg használatos spektrográfokat a fejlődés kérlelhetetlen parancsa előbb-utóbb a lomtárba

fogja kényszeríteni, és helyükre olyan modern készülékeket fog rendelni, melyeken a végeredmény közvetlenül leolvasható. A Revue de l'Aluminium 1946. évf. 124. száma már hírt ad erről (148. old.), 1949-ben a 151. és a 157. sz. foglalkozik ezzel a kérdéssel. 1950-ben Joseph Orsag, az Alais, Froges et Camargue spektrál-laboratóriumának vezetője ugyanezen folyóirat 170. számában (354. old.) „Un spectrograph automatique a lecture directe“ ír le egy ilyen készüléket és hasonló leírásokkal az amerikai irodalomban is találkozunk. A részletekbe itt nem bocsátkozhatom, utalok az eredeti munkákra. Nem kell vázolni azokat az előnyöket, amelyekkel a fényképezés elmaradása jár, gyorsaság és olcsóság szempontjából.

A spektrográf azonban tért hódít egyéb területeken is, nevezetesen, mint tájékoztató gorselemző bevonul a bauxitkutatás területére. A New Kensington-i alumíniumkutató laboratórium kidolgozott és közreadott (Ind. Eng. Chem. Anal. Ed. Vol. 17. No. 1. J. Raynor Churchill and Raymond C. Russel: Analysis of Aluminous Ore by means Spark Spectra, 1945.) egy módszert, mely alkalmas arra, hogy a bauxit-ércek előzetes minőségi osztályozására szolgáljon. A finomra őrölt mintáknak meghatározzák az izzítási veszteségét 1100°-on és a maradékot használják fel az elemzéshez. Először félkvantitatív elemzést végeznek egyszerű ívvel és ennek eredménye szerint kiválasztott, nedves úton megelemezett, megfelelő összetételű ércek színképével hasonlítják össze a minta színképét. Bármilyen típusú az érc, csak a megfelelő etalonokat kell helyesen megválasztani és a módszer azonos módon végezhető. Legfeljebb a kimérendő hullámhosszakot kell másképpen megválasztani, ha a meghatározni kívánt Si, Fe, Ti és Al-on kívül az érc nagyobb mennyiségű más alkotórészt, pl. Ca vagy Mg-t is tartalmaz. A mintát NaF-grafit keverékbe mérik be, pasztillázzák és grafit ellenelektrodával ívgerjesztés mellett veszik fel a színképet. Az összes használatos színképi vonal 2400 és 3300 A° közé esik. Az eredményeket különleges számítási módon nyeri, mely azonban logarléccel elvégezhető. Kívánatos volna, hogy Magyarországon is, ahol a bauxitkutatás lendülete még jelentős mértékben kell, hogy fokozódjék, ez a módszer hamarosan kipróbálást és bevezetést nyerne. A laboratóriumok így igen sok meddő kutatófúrás mintáinak fáradságos vizsgálatától megszabadulhatnának, és csak azoknak a mintáknak a nedves úton való pontos elemzése volna a feladatuk, melyek a szelektáló színképi elemzés tanúsága szerint a timföldgyártásra alkalmasak.

Lehetséges, hogy a fejlődés további menete a tökéletesített spektrál-analitikának is jelentős versenyt támaszt egy új módszerben, mely előbbinél gyorsabb. A módszer Geiger-számlálót alkalmaz azon láthatatlan sugaraknak a mérésére, melyeket az egyes ötvöző vagy szennyező elemek kisugároznak, ha erős Röntgen-sugárzás éri őket. Acélokban való Cr, Mn, Mo, Ni, Cu, Ti és V meghatározására a cseh-szlovák Hutnické Listy 1950. májusi száma szerint (212. old.) az eljárást már sikerrel alkalmazzák, és a módszer nyilván átvihető lesz a könnyűfém-elemzés területére is.

A spektrográfok mellett a laboratóriumokban a polarográf is egyre nagyobb szerephez jut. A Cu és

Zn meghatározási módszereit már érintettem, a Revue de l'Al 1950. 171. számában további módszerek vannak megadva. A Zschr. f. Anal. Chemie. 1943. évi 126. száma polarografikus réz- és ólom meghatározásokról ír. ((Spalenska). A Zschr. Aluminium 1944. évi 26. számában a Zn, Ni és Cr Al ötvözetekben való polarografikus meghatározásáról olvashatunk. (Jablonsky és Moritz.) Urech és Sulzberger 1944-ben (Helv. Chim. Acta 27. 1074 old.) Al-ban való polarografikus nátronmeghatározási módszert ismertet. Még számos szerzőt sorolhatnánk fel, akik a kérdéssel foglalkoznak és akikhez remélhetőleg hamarosan magyar szerzők is fognak csatlakozni munkájukkal.

Az elektroanalízisek különösen ötvözeteknél kényelmességük és nagy pontosságuk miatt lassan minden más módszert kiszorítanak, különösen mióta a feszültséget igen nagy mértékben állandósító-precíz „potenciostat“-ok nyernek alkalmazást. Potenciometrikus titrálások végzésénél is korszerű felszereléssel teszik kényelmessé a munkát, élessé a potenciálugrásokot, általánossá válik a differenciálindikátorok használata.

A specifikus organikus kémszerek közül a kupferron helyett a neokupferron máris tért hódított (az N-nitroso-fenilhidroxilanin — NH₄ fenil-gyöke a naftyl-gyökkel van helyettesítve). A vasmeghatározásnál az o-fenanthrolin kiszorul, helyet adva a már említett dipiridilnek vagy aszkorbinsavnak. A magnézium meghatározásánál a titánsárga helyett p-nitrobenzol-azo-alfanaftollal kísérleteznek és ügylészlik, a kísérletek sikeresek. Az említett organikus kémszereken kívül megemlítem még a dithio-oxamidot vagy rubeánsavat, (Cu) a thioureát (Bi), a metil-trihidroxifluoront (Sb), a nitrobrucichinin-hidrátot vagy cacothelint (Sn), a p-nitrobenzol-azo-orcinoít (Be), a difenilcarbazidot (Cr), a formaldoximot (Mn). A felsorolt reagensek közös tulajdonsága a Mg meghatározására említett kétféle vegyszeren kívül az, hogy a meghatározás velük Al jelenlétében végrehajtható.

Meg kell emlékezni végezetül a korszerű indikátorok és indikátor-keverékek alkalmazásának kérdéséről. Ezen a téren is még sok kiaknázatlan lehetőség van.

Mint az elmondottakból láthatjuk, alumíniumiparunk analitikájának területe még igen sok problémát tár elénk, még igen sok kutatómunka előtt állunk, és ezt a munkát elvégezni érdemes. Érdemes azért, mert így munkánkkal a műszaki üzemenlőrzés legjelentősebb területét tökéletesítjük, közvetlenül hozzájárulva ezzel a termelékenység fokozásához és a minőségi termelés előmozdításához. A feladatok nagyok, de meg vagyunk győződve arról, hogy munkánk sikeres lesz, ha a kutató szakemberek között széleskörű tapasztalatcserének egészséges szelleme az eddiginél fokozottabb mértékben alakul ki. Az 1951. évi vegyészkongresszus legszebb eredményének könyvelném el azt, ha a jelenlévők mindannyian, egymástól szerzett hasznos tapasztalatokkal gazdagodva térnének vissza munkahelyükre és ezen tapasztalatok felhasználása kutatásaiknál újabb eredmények és sikerek forrásává válna.

Az alumíniumnak és ötvözeteinek felületi kezelése*

SZÉKI PÁLMA

669.713/717/718

Az alumínium jelentősége részben gazdasági, részben technikai. Az alumínium fokozott alkalmazásával nélkülözhetővé tesszük valutát igénylő import fémeket. Az ötéves terv folyamán alumíniumtermelésünk nagymértékű fokozódását reméljük, érthető tehát a magyar szakembereknek az a törekvése, hogy az alumíniumot megfelelő felületkezelő eljárások kidolgozásával a legkülönfélébb igények kielégítésére alkalmassá tegyék.

A felületkezelésnek az a célja, hogy az alumínium jó tulajdonságait fokozzuk, hiányosságait megjavítsuk. Elsősorban korrózió ellenálló képességét fokozhatjuk és tetszetős külsővel ruházhatjuk fel. Nagyon fontosak azok az eljárások is, amelyekkel kemény, kopásálló felületet biztosíthatunk és azok, amelyeknek az alakítás megkönnyítése a céljuk.

1. Felületkezelés korrózióvédelem céljából.

Mint a legtöbb fém felületét, az alumíniumét is vékony oxidhártya burkolja. A természetes úton létrejött felületi oxidréteg védőhatása attól függ, hogy mennyire összefüggő, porusmentes. Ha a fémből keletkezett fénoxid molekulatérfogata kisebb, mint az átalakult fémé, akkor a réteg hiányos, szakadozott, össze nem függő, korrózióvédő hatása nincs. Korrózióvédő, tömör oxidréteg kialakulására csak akkor számíthatunk, ha az oxid molekulatérfogata nagyobb, mint a fémé. Másszóval, ha

$$\frac{\text{oxid mol. térfogata}}{\text{fém mol. térfogata}} > 1.$$

Az alumínium esetében a molekulatérfogatok viszony-száma: 1,26. Ez a szerencsés körülmény teszi lehetővé, hogy az alumínium ipari fémként alkalmazható, hogy elektropozitív természetének megfelelően nem gyullad meg, vagy hogy nem bontja el a vizet és hogy aránylag passzív magatartású.

Az alumínium felületét borító természetes oxidhártya védőhatása azonban nem minden esetben kielégítő. Olyan helyeken, ahol a korrózió fokozott veszélye forog fenn, pl. füstgázok, sóoldatok vagy tengervíz hatása, a korrózióellenállás mesterséges fokozása szükséges. A korróziós károsodás gyakran nemcsak a felületen mutatkozik, hanem mélyebbreható anyagaátlakulást is vonhat maga után és ezáltal az egész alkatrész hasznavehetetlenné válhatik. Az alumíniumnak nehézfémeket (Cu, Ni) tartalmazó ötvözetei különösen hajlamosak korrózióra.

a) *Kémiai kezeléssel* olcsó és gyakran megfelelő védőréteg nyerhető az alumínium felületén. A darabot megfelelő összetételű és hőmérsékletű oldatba merítjük. Az oldat egyik hatóanyaga savas, vagy lúgos, ennek az a feladata, hogy megtámadja a felületet és leoldja a védő oxidhártyát. Az így aktívá tett alumíniumfelület elbontja a vizet és oxidréteg képződik rajta. Az oldat másik hatóanyaga nehézfém, amely inhibitorként működik és a fémalkatrész

gyakran beépül a védőrétegbe. Az oldat jó működéséhez az is szükséges, hogy valamelyik alkatrésze oxidáló hatású legyen.

Ilyen kezelés az ismert MBV, EW, a Jirotká-féle és a Patz-féle eljárások, továbbá a foszfátózás.

Legismertebb közülük az MBV (Modifikált Bauer-Vogel) eljárás. Az ezzel a módszerrel nyert védőréteg sötétszürke, jól tapadó, amely még a fém erős deformációjakor sem pattogzik le. Vízüveges utólagos kezeléssel kémiai és kopás iránti ellenállása lényegesen növelhető. Az MBV-réteggel ellátott alumínium jól ellenáll számos anyag korrodáló hatásának: konyhasóoldatnak, tengervíznek, gyümölcsnedveknek, sörnek, kenőszappannak, fotografiai előhívó oldatnak stb. Savak és lúgok viszont a réteget könnyen megtámadják.

Az összes kémiai felületkezelő eljárás megegyezik abban, hogy a mesterséges oxidréteget kádban elhelyezett oldatba merítéssel nyerik. Eppen ezért olyan nagyméretű darabokra, amelyeket bemártani nem lehet, az eljárás nem alkalmas.

Ennek a hátránynak a kiküszöbölésére egyszerű, olcsó szóró eljárást dolgozott ki a Fémipari Kutató Intézetben dr. Domony András. A felhasznált oldatot 10 súlyrész káliumbikromáttól, 4 súlyrész kalcinált szódától, 4 súlyrész szilárd nátronlúgtól és 60 súlyrész vízből készítették. Az oldatot az alumínium felületére szórópisztollyal fújtatják és 10 perc múlva lemosják. A kísérletek szerint 0,3 mikron vastagságú réteg keletkezett, ha a hideg oldatot hideg lemezre permetezték. Sokkal jobb eredményeket értek el azonban abban az esetben, ha mind az oldatot, mind az alumíniumlemezt kb. 80 C-fokra melegítették szórás előtt. Ilyen módon 1 mikronos védőréteget nyertek.

Az új eljárással kezelt próbadarabok korróziós vizsgálata szerint a szórással kapott réteg védőhatása megközelítette a normális MBV-réteg védőhatását.

A próbadarabok jól lakkozhatóknak bizonyultak. Különösen jó lakkalap a meleg oldattal meleg lemezen készült réteg. Ha az így előkészített lemezt Erichsen-próbának vetjük alá, az Erichsen-kúpról nem pattogzik le a lakk, hanem a lemezzel együtt szakad el.

Újabban külföldön foszforsavat tartalmazó oldatot használva, az acél foszfátózásával analóg eljárást alkalmaznak. Ezt a felületkezelést szintén nemcsak bemártással, hanem szórással is el lehet végezni. Az így kapott réteg jó festékalap, de egymagában a korrózióvédő hatása bizonytalan.

Alumíniumot savas fürdőben nehéz foszfátózni, mert az alumínium oldódásának megfelelően csapadék keletkezik és a pH is gyorsan megváltozik. Sokkal előnyösebb lúgos fürdőben foszfátózni. Mindkét esetben az elv ugyanaz.

* Az 1951. évi Vegyészkongresszuson elhangzott előadás.

b) *Anódos kezelés.* Az alumínium természetes oxidhártyájának a vastagsága 0,01 mikron nagyságrendű. Kémiai kezeléssel 1–2 mikron vastag oxidréteget nyerhetünk, anódos kezeléssel azonban 15–20 mikronra is növelhetjük. Ennél vastagabb védőréteget is lehet, de nem célszerű előállítani.

Ha alumíniumot alkalmas elektrolitban anódnak kapcsolunk, és megfelelő áramfeszültséget alkalmazunk, a természetes oxidhártya számos ponton elroncsolódik és megindul az újabb oxidréteg kialakulása. Ez a réteg az alumínium felületi rétegéből és az oxigén ionokból gyarapodik, míg csak vastagsága el nem éri a 0,03–0,05 mikront. Ha a keletkezett film az elektrolitban nem oldódik, a növekedés megáll. Ha azonban lassan oldódik, pórusok keletkeznek a réteg külső felületén és a folyamat tovább halad. A réteg vastagodása mindaddig tart, amíg az elektrolit a határréteg pórusaihoz tud hatolni. A pórusok rendkívül finomak, számuk eléri néha a másfél milliárdot mm²-kint. A pórusokból folytatódó csatornák elég tágak arra, hogy az elektrolitot át bocsássák, arra azonban szűkek, hogy nagyobb festékszemeseket vagy kolloid-részeket átérteszenek. Az elektrolit oldó hatása következtében a pórusok átmérője a felület közelében nagyobbak. Ilyen helyen sejtes struktúra jön létre, minthogy a pórusok közti falak áttörnek. A porozitás és a pórusok térfogata általában az elektrolit hőmérsékletével, továbbá a bemeztetés időtartamával, vagyis az oxid növekvő oldódásával növekedik.

Az anódos oxidációval nyert réteg általánosságban ugyanolyan típusú, mint az alumínium természetes oxidhártyája. Kristályszerkezete röntgenvizsgálatok szerint γ Al₂O₃, azaz térben középpontos kocka rácsa van. Korundrácsot még nem találtak. A réteg összetétele nem egynemű. Legbelül, a fémfelület kö-

zelében az aránylag legnagyobb elektromos feszültség hatására termikus úton dehidratálódik. A külső réteg, amely az elektrolittal érintkezik, több-kevesebb vizet tartalmazhat.

Védőhatása a természetes oxidhártyáénál fokozottabb nagyobb vastagsága és kopásállósága következtében mind korrózió ellen, mind mechanikus sérülésekkel szemben. Az Al₂O₃ nem változik az atmosféra hatására és gyenge savak (pH = 4,5–7,0) sem támadják meg. Erős savak, de különösen lúgok az oxidréteget megbontják. Ezért az anódosan létrehozott oxidréteget főként az atmosféra elleni védelemként alkalmazzák. A réteg jellemző tulajdonsága még, hogy elektromosan szigetelő.

Különféle utólagos kezeléssel a réteg védőhatását fokozni lehet. Ha forró vízzel kezeljük, az alumíniumoxid monohidrátá, Al₂O₃·H₂O-vá alakul át. Ilyenkor a réteg látszólag nem változik, de megszűnik a sejtes szerkezetből eredő nedvszívó természete. Lezárhatjuk a pórusokat híg, forró nikkell- vagy kobaltacetáttal való kezeléssel is. Az ekkor keletkező kolloidális nehézfémhidroxidok a pórusokat eltömik. Használhatunk erre a célra olajat, viaszot vagy gyantát is. Sós oldat vagy tengervíz ellen jól véd a kromáttal impregnált réteg.

Az anódosan oxidált réteget nagyon jól lehet festeni is. Repülőgépszerkezeteknél talál gyakori felhasználásra. A réteg növeli a festék tapadását és élettartamát, mert semleges felület szigeteli a fémét a festékrétegtől. Minimumra csökkenti a lehetőséget, hogy nedvesség hatoljon át rajta, ez megtámadja a fémét és csökkenti a réteg tapadását.

Az anódos oxidálásnak legismertebb fajtái a krómsavas, a kénsavas és az oxálsavas eljárás. A következő táblázat áttekinthetően ismerteti a háromféle módszer munkafeltételeit:

Eljárás neve	Az elektrolit összetétele	g/l	C°	A/dm ²	Feszültség és idő	Katod	A kád anyaga	Megjegyzések
Bengough-Stuart	Krómsav (Cl tart. 0,2 g/l-nél kevesebb legyen)	30	38— —42	Kezdet ben 1. Egyen- áram	1—10 perc 0—40 Volt, 5—35 perc 40 Volt, 5 perc 50 V-ra, 5 perc 5) V-on	Rozsda mentes acél	Acél (elszívás)	5 ^o / ₁₀ -nál több Cu-ot tart ötv.-re nem alkalmas
Alumilite	Kénsav	200	22— —24	2 Egyen- és váltó- áram	12 Volt 20 perc	Pb lemez	Pb bélésű acél	Az áram ne haladja meg a 17,5 A/100 l elektrolitot
Eloxal	Oxálsav	80	25— —38	1,6 egyen- v. 1,2 váltó- áram	50 V 25 V 30—60 perc	Kádbélés	Pb bélésű acél	

Az alumínium anódos oxidációjának lefolyását katódsugár oszcillográffal lehet tanulmányozni. Görbéket véve fel a három legfontosabb elektrolit (krómsav, kénsav, oxálsav) működéséről váltakozó áram alkalmazásával, összefüggés mutatkozik az elektrolit minősége és a működési feltételek között. Annál tökéletesebb ugyanis a réteg összefüggő volta, minél

épebb és pórusmentesebb a legkülső oxidhártya. A feltételek tehát úgy szabhatók meg, hogy a dielektromos veszteség és ezzel együtt az oszcillográfon jelentkező hurok területe maximális legyen. Az áramsűrűség-feszültség görbe ugyanis zárt hurok, amelynek alakja az elektrolit minőségétől is függ és amelynek területe arányos a hártában fellépő dielektromos

veszteséggel. A kísérletek eredményei arra mutatnak, hogy az anódos oxidáció mechanizmusa a krómsav, kénsav és oxálsav fürdőben megegyező, mégis a krómsav-oldat adja a jobban kielégítő réteget.

Mindezek a közismertebb anódosan oxidáló eljárások üvegszerű, átlátszó, láthatatlan réteget eredményeznek.

Az anódosan oxidáló eljárások egy másik, kevésbé elterjedt csoportja porcelánszerű, opak, színes vagy szintelen dekoratív védőréteget hoz létre. Ilyen többek közt az Ematal-eljárás, amely titánsó tartalmú fürdőket használ és a Fides, amely bórsavas elektrolittal dolgozik. Al-Mg típusú ötvözetekre anódos fluorozás is alkalmazható, amely 5 perc alatt tömött, fehér, korroziónak nagyon ellenálló réteget ad.

A soproni Nehézipari Kohászati Műegyetem elemző kémiai tanszékén Hauer Alfréd és munkatársai szürkés, kemény, opak réteget állítottak elő titánsót tartalmazó, új összetételű fürdőben.

c) *Katódos kezelések* sorába a galvanikus úton való fémbevonatok tartoznak. Az alumíniumot korrózióvédelem céljából ritkán látják el fémbevonattal. Az idegenkedésnek kettős oka van:

Az egyik ok az alumínium erősen elektropozitív természete. A legtöbb bevonásra használatos fém (Ni, Cr, Cu, stb.) nemesebb, mint az alumínium. Ha az ilyen bevonat megsérül, a két fém közt jelentkező nagy potenciálkülönbség az alumínium gyorsított elektrokémiai korrózióját vonja maga után. Az alumíniumnak nikkellel, krómmal való bevonása inkább tetszetőssé tével szempontjából jön számításba, semmint korrózióvédelem céljából.

Másik ok az alumínium körülményes előkészítése. Nem elegendő, mint más fémek esetében, a bevonandó fémfelület egyszerű tisztítása, hogy jól tapadó bevonatot nyerjünk. Az alumínium felületét védő természetes oxidhártya megakadályozza a bevonófém tapadását, ezért ezt előzetesen el kell távolítani. Zsírtalanítás után tehát az alumíniumtárgyat olyan savas vagy lúgos fürdőbe merítik, amely nehézfémeket is tartalmaz. A lúg vagy sav az oxidhártját eltávolítja, ugyanakkor a nehézfém (vas vagy nikkellel, esetleg réz) kicementálódik a felületre.

Jó tapadást biztosít az Elytal-eljárás. Ez először anódos oxidáció révén oxidréteggel látja el a felületet, utána rezet tartalmazó lúgos zsírtalanító fürdőben katódosan kezeli. Ilyenkor a szabaddá váló alumíniumfelületre vékony rézréteget válik le, amely jó alapja a további galvanikus fémbevonatnak. Az így előkészített alumíniumot bármilyen, acélalkatrészek nikkelezésére használatos fürdőben nikkelezhetjük. Az Elytal-eljárással előkészített felületbe a leváló nikkellel olyan jól bele tud horgonyozni, hogy sem meghajlításkor, sem felmelegítéskor nem válik le.

Jó eredménnyel lehet az MBV-eljárással előzetesen kezelt alumíniumra is galvanizálni.

Új korrózióvédő bevonatot ad a Rákosi Mátyás Művekben kidolgozott „Elektrofát“ eljárás, Németh Tibor mérnökkel együttes munkánk matt, szürke vagy ezüstösen fénylő réteget hoz létre az alumínium felületén, amely a kívánalmaknak megfelelően kifényesíthető. Kifényesített állapotban a fényes krómra emlékeztető külseje van. Ellentétben az anódos oxidálással, jellemző tulajdonsága, hogy elektromosan vezető, tehát

krómozható, vagy rezezhető. A rézzel borított alumíniumnak az elektrotechnikában van jelentősége.

Az eljárás a galvanizálás és a foszfátózás tulajdonságait egyesíti. Olyan elektrolitot használ, amelyet az acéltárgyak foszfátózásához alkalmaznak. Az Elektrofát útján nyert réteg foszfát alkatrészt is tartalmaz változó mennyiségben, azonban főtömegében fémcink. A cink a fémek feszültségi sorában közel áll az alumíniumhoz, alig valamivel elektronegatívabb nála. A két fém között a potenciálkülönbség mindössze 0,5 Volt. Így a réteg sérülése esetén az alumínium rohamos tönkremenéséről nem kell tartanunk. A védőhatást nagymértékben fokozza a réteg foszfát-tartalma is. Másik előnye a galvanizálással szemben, hogy a védőrétegen olyan porusok, amilyenek a nikkelezésnél közismertek, az Elektrofát-rétegen nincsenek. Teljesen összefüggően borítja be a fém felületét és különösen tengervíz ellen jó védelmet nyújt.

Az alumínium Elektrofát bevonásra való előkészítése aránylag egyszerű. A darabot zsírtalanítjuk, utána az Elektrofát-fürdőbe merítjük és ott néhány percre anódként kapcsoljuk. Az oldatból való kiemelés nélkül a negatív pólusra helyezük, ahol 4–5 perc alatt leválik rá a szükséges vastagságú védőréteg. Az anódos kezelés által kapott oxidréteg jó tapadást biztosít a katódos kezeléskor leváló rétegeknek. A tapadás olyan erős, hogy hajlító vagy mélyhúzó igénybevételnél sem válik le. Ha az így kezelt alumíniumlemezből Erichson-kúpot húzunk, megfigyelhető, hogy a réteg csak a lemezzel együtt szakad.

A kezelt felület érdes tapintású, porózus. A rávitt festéket vagy lakkot beszívja és jól tartja, tehát festék- vagy lakkalapnak megfelelő.

Megjegyezzük, hogy mind az egyenáram, mind a váltóáram leválasztja a réteget, de egyenáramot használva anódos, majd katódos kezeléssel vastagabb, jól fényesíthető réteget nyerhetünk. Az egyenárammal létrehozott réteg vastagságát nem annyira az áramviszonyok, mint inkább a kezelés ideje dönti el. A gyakorlat azt mutatja, hogy a korrózióvédelemre szánt réteg vastagságát, ezzel kapcsolatban a kezelési időt nem célszerű az optimumon túl növelni.

Az Elektrofát-eljárásra szolgáló berendezés megfelelő méretű galvanizáló kád, akár vándorfürdő, akár álló berendezés. A kádat ólommal, esetleg üveggel béleljük ki, hogy az erősen savas elektrolit meg ne támadja. Ugyancsak ólomlapokból készülnek a leszedhetően felfüggesztett anódok is.

A kádat elektrolittal töltjük meg, amely lényegében szabad foszforsavat tartalmazó cinkfoszfát oldat. A jó fürdő sűrűsége 12–20 Be° közt ingadozhat. Az oldatot úgy készítjük, hogy a hígított foszforsavban megfelelő mennyiségű cinkoxidot vagy tűzi horganyzókorrózió visszamaradó cinkhamut oldunk fel. A gázosodás csökkentésére kismennyiségű inhibitor is keverünk bele. A fürdőből a használat folyamán a cink-tartalom fogy, ezért ezt időnkint pótolni kell. A fürdő erősítését szabályos időközökben végezzük. Naponta ellenőrizni kell az oldat pH-ját, fajsúlyát, pontszámát és lehetőleg az elektromos vezetőképességét is. A jól karbantartott fürdő állandóan hibátlanul dolgozik.

Az eljáráshoz 10–20 Volt feszültségű áram szükséges, az áramsűrűség 5–25 A/dm² legyen. Áramforrásként galvándinamót vagy egyenirányító berendezést használhatunk.

Az Elektrofát eljárás fontos tulajdonsága, hogy fémét nem fogyaszt, tehát fémfelhasználás nélkül, csupán az elektrolitban levő fémvegyületek kihasználása révén ad fémbevonatot. Cinkhamu használata esetén a gyártási költségek minimálisra esnek. Kifényesítve és krómozva a nikkelezés pótlására alkalmazható. Vékony krómréteggel azért tanácsos ilyenkor ellátni, mert bár korrózióvédő hatása kifogástalan, de hosszabb használat után fényét elveszíti, mattá válik. A krómózott felület sós permetezésű korróziós szekrényben is fényes marad.

Az Elektrofát-eljárás jól felhasználható nemcsak alumínium, hanem bármely fém vagy ötvözet (acél, réz, sárgaréz) bevonására is.

A gyártási körülmények egyszerű módosításával elérhetjük azt, hogy a réteg teljesen porózusan, szivacsosan válik le, anélkül azonban, hogy védtelen fémfelületet hagyja szabadon. Ez a réteg jól felhasználható a mélyhúzással való képlékeny alakítás megkönnyítésére. A porusokban megtapadó kenőanyag a húzási súrlódást jelentékenyen csökkenti és ugyanazzal az erőfelhasználással lényegesen nagyobb mélyhúzási eredményt érhetünk el.

Kísérleteket végeztünk a mélyhúzási képesség növekedésének megállapítására. Alumíniumból és alumíniumötvözetekből hengerelt lemezekből 80×80 mm-es négyzeteket vágunk ki és vontunk be Elektrofát-réteggel. Az előkészített darabokon Erichsen-próbát végeztünk. A lemeztáblák feldarabolásakor a kísérletre szánt négyzet közvetlen szomszédjából adódó ugyanolyan négyzetet félretettünk kezelés nélkül összehasonlítás céljára. Így kiküszöbölődött a nagyobb lemezben mindig előforduló helyi változása a mélyhúzó képességnek, amely az összehasonlítást esetleg zavarta volna.

Az Elektrofát-réteggel ellátott lemeznégyzet a kísérletek szerint mindig nagyobb Erichsen-értéket adott, mint a szomszédságából származó kezeletlen darab. Az Erichsen-érték növekedése általában 6,2—9,7% között mozgott, ugyanakkor az erőszükséglet is mindig kisebbnek mutatkozott.

2. Felületkezelés dekoratív célból.

Az alumíniumból készült tárgyak tetszetőssé tételét szolgáló felületkezelő eljárások közül legfontosabb a kémiai és az elektrokémiai polírozás, fényesítés. Eredeti, megmunkált állapotában a fémtárgy felülete sohasem egyenletes. Az ilyen felület az apró hullámhegyek és hullámvölgyek váltakozása miatt a fényt csak tökéletlenül tükrözi vissza és emiatt a tárgy homályos, igénytelen külsejű. Ez pedig az áru értékét rontja. A csiszolás, polírozás a hullámhegyeket eltávolítja, a felület sík lesz, a fényt erősen tükrözi.

A legelterjedtebb fényesítési eljárás, a mechanikus polírozás drága és időtrábló művelet. Alumíniumlábosok fényesítésére az egész gyártási költség 46%-a számítható. Ezért nyerne az egész jelentőséget a kémiai és az elektrokémiai fényesítő módszerek.

A felület kifényesítésének, a parányi hullámhegyek eltávolításának nemcsak dekoratív szempontból van jelentősége. Anódos oxidálás előtt is célszerű kifényesíteni az alumínium tárgyat, mert mint A. V.

Srejber szovjet kutató közli, az oxidrétegek az éies kiemelkedéseken megszakadoznak. Ez a jelenség azal magyarázható, hogy az egyenetlen felületen az oxidréteg nem képződik egyenletes vastagságban. Ha azonos kísérleti feltételek mellett anódosan oxidáló kísérletsorozatot végzünk különféle felületi minőségű alumíniumon, megfigyelhető, hogy a felület simaságával arányosan csökken a felhasznált elektromos energia mennyisége, növekedik az oxidréteg tapadása, ezáltal korrózióvédő tulajdonsága.

a) *Kémiai csiszoló és polírozó* eljárást dolgoztak ki a Fémipari Kutató Intézetben dr. Domony András munkatársai. Az eljárás különösen apróbb alumíniumtárgyak fényesítésére alkalmas. A vékony falvastagságú, apróbb tömegcikkék árát a mechanikus polírozás még jelentősebb mértékben emelné, azonkívül sokszor megoldhatatlan a kis falvastagság miatt.

Az eljárás lényege az a felismerés, hogy az erős savak nem oldják a felületet egyenletesen, hanem oldáskor a felület közelében keletkező nagyobb töménységű oldószer a bemélyedésekben megmaradva, oldódást gátló hatású. Ezért a hullámhegyeken a fém gyorsabban oldódik, mint a hullámvölgyekben, annál is inkább, mert a felületet borító természetes oxidhártya a kiemelkedéseken mindig vékonyabb, mint a bemélyedésekben.

A Fémipari Kutató Intézet két egymás után alkalmazandó fürdőt használ. Az első, a csiszolófürdő, foszforsav és kénsav elegye, amelyhez katalizátorként kevés nehézfém-sót adagolnak. A 85—90 C-fokra melegített savoldatba 3—10 percre merítik a darabokat. Innen kivéve hideg, majd meleg vízben le kell öblíteni és megszáritani. A szárítás azért szükséges, mert a második, a polírozó fürdőbe nedvességet bevinni nem szabad. A polírozó fürdő foszforsavból és salétromsavból áll, ugyancsak nehézfém-só katalizátorral. Ennek vízmentessége döntő fontosságú. A polírozás 85—90 C-fokos oldatban 2—5 percig tart. A művelet befejezése után ismét hideg, majd meleg vízben alapos mosás következik.

A kémiai polírozással kapott felületet vékony, tömör alumíniumfoszfát réteg borítja, amely az alapfémét a további oxidálódástól megvédi.

b) *Elektrolitikus polírozást* legelőször a metallografiai csiszolatok fényesítésére alkalmazták. Különösen a lágy szinalumínium csiszolat készítése fáradságos, ezért sok idő és munka takarítható meg, ha a fényesítést elektrolitikus úton végezzük. Elektrolitikus polírozással a megfelelő elektrolitba anódnak kapcsolt alumínium néhány másodperc alatt kifényesedik.

A jelenséget az anód részleges passzíválódása hozza létre. Az anódnak kapcsolt fényesítendő darabon azok a pontok, ahol kiemelkedések vannak, viszonylag aktívabbak, a bemélyedő helyeken passzív tulajdonságúak. A helyi anódikus passzíválódás eredménye az, hogy az aktív részeken az oldódás intenzívebb, mint a passzív helyeken. Az anóddoldódás termékei az anód közvetlen közelében nagy koncentrációban vannak jelen és ebből az anód felületén vékony, viszkózus réteg alakul ki. Ez a réteg nem egyenletes vastagságú az anód egész felületén, hanem a bemélyedésekben aránylag vastagabb, mint a

kiemelkedéseken. Ennek a rétegnek nagyobb az elektromos ellenállása, mint az elektrolité, ezért az áram azokon a pontokon, ahol a réteg vékony, vagy éppen hiányzik, könnyebben halad át. Az áthaladó áram mennyiségével arányos az oldódás. Ennek következtében a felületről elfogynak a kiemelkedések és a felület egyenletesen fényesé, simává alakul.

Az alumínium csiszolatok laboratóriumi fényesítésére jól bevált oldat a perklórsav, alkohol, éter elegye. Fontos, hogy a felületegységre minél nagyobb áramerősséget alkalmazzunk és jó, ha elektrolízis közben az áramot meg-megszakítjuk. Az elektrolitikus polírozás összes ideje 12—15 másodperc.

Sokkal nagyobb jelentőségű az alumíniumtárgyak üzemi elektrolitikus fényesítése. Nemcsak kereskedelmi tárgyakat, hanem reflektorokat is políroznak ezzel az eljárással. Minél tisztább az alumínium, annál nagyobb a fényvisszaverő képessége mind a vörös, mind az ultraiobla fényre vonatkozóan.

A perklórsavas elektrolit költséges volta és robbanékony természete miatt üzemi nem használható. Az üzemben jól alkalmazható elektrolitoknak két csoportja van.

Az egyik a kénsav, foszforsav, krómsav elegye. A 645,453. sz. angol szabadalom megadja az összetételét egy ilyen elektrolitnak és közli az üzemi feltételeket. Az eljárás alumíniumra és olyan ötvözetekre alkalmas, amelyek legalább 90% alumíniumot tartalmaznak és a szilícium 1%-nál nem több bennük.

Hasonló elektrolittal működő eljárást dolgozott ki az Alumíniumgyárban Ring István. A fényesítéshez nem szükséges az alumínium előzetes kezelése és felhasználható húzott, sajtolt vagy hidegen folyatott tárgyak polírozására is. Az eljárás nemcsak alumíniumra, hanem ötvözetekre is alkalmas. Érdekesége, hogy egy és ugyanazon fürdőben, egymás után elvégezhetjük az alumínium elektrolitikus polírozását és anódos oxidálását, pusztán az áramviszonyok megváltoztatásával.

A fürdő foszforsavat, kénsavat, krómsavat, glicerint és egyéb alkoholokat tartalmaz. Jó működésére döntő hatása az összekeverés egymásutánja, az elkészítés módja. A működési hőmérséklet nagy mértékben korlátozott, az áramsűrűség ellenben tág határok között változtatható.

Az elektrolitikus polírozást gázfejlődés kíséri. A katódon hidrogén, az anódon oxigén válik le. A buborékok leválása néha érdekes zavaró jelenséget eredményez. Ha az elektrolit használat közben erősen viszkózusá válik, az oxigénbuborékok megtapadnak az anód kiemelkedő részein és árnyékoló hatást fejtenek ki. Ilyenkor a darab nem lesz sima felületű, hanem csíkossá válik. Ezt a jelenséget mindig a darab alsó felületén tapasztalhatjuk, ahonnan a buborékok nehezebben távoznak el.

A másik, üzemi jól használható elektrolit a fluorbórsav. Külföldön jó eredményeket értek el vele, de nálunk még csak most kezdték alkalmazni. A fluorbórsav, HFB₄ bórsavból és folyasvból készíthető. Elektrolitikus polírozásra használható töménysége 0,5—5% lehet. Ez az oldat maróan hat áram nélkül az alumíniumra, ezért a be- és kirakást áram alatt végezzük és kivétel után gyorsan öblítsünk. A szükséges áramsűrűség az elektrolit minőségétől

függ. Friss elektrolitban elég 1—1,2 A/dm², az előregedés mértékében fokozatosan 2 A/dm²-re kell növelni. A friss oldattal való munkához 14—20 V feszültség, a használathoz 35 V szükséges. Koncentráltabb oldatban (5%-os) 2—4 V-tal kisebb feszültség alkalmazható.

A fluorbórsavban való fényesítés után az alumínium felületén vékony oxidhártya jön létre, amelyet anódos oxidálás előtt el kell távolítani. Ebből a célból néhány percre foszforsavat és krómsavat tartalmazó oldatba merítik. Ilyenkor vigyázni kell, hogy az alumínium a kád falával ne érintkezzen, mert a felület foltossá válhatik.

3. Felületkezelés a kopásállóság növelésére.

Az alumíniumnak sok jó tulajdonsága mellett vannak olyan hátrányai is, amelyek felhasználását nagymértékben korlátozzák. Szilárdságának hiányosságán az ötvözés és nemesítés ugyan segít, de olyan célokra, ahol a felület nagyobb kopásnak van kitéve, még a nemesített ötvözetek sem használhatók. Az acél kopásállóságának növelésére szolgáló felületi cementáláshoz és nitráláshoz hasonló eljárást alumíniumra nézve mindezekig nem ismerünk. Egyetlen járható út van: olyan bevonattal kell ellátnunk az alumínium felületét, amely keménység, kopásállóság tekintetében a célnak megfelelő.

a) *Keménykrómozással* több tizedmilliméter vastagságú réteg nyerhető az alumínium felületén. A bevonat azonban csak akkor használható, ha sem mechanikai, sem termikus igénybevételnél nem pattogzik le. Bármilyen jól tapadó bevonatot sikerül is azonban előállítani, 200—300°-nál nagyobb hőmérsékletnek nem szabad kiténni, mert a fém különböző hőtágulása folytán a krómréteg leválhat.

A réteg jó tapadásának előmozdítására az alumíniumot úgy kell előzetesen kezelni, mint galvanikus fémmel való bevonás esetében. Az előzetes kezelés célja az, hogy oxidhártyától mentes, finoman érdes felületet nyerjünk.

Az előzetes kezelés többnyire fémtartalmú savas vagy lúgos fürdőben való pácolás. A pácfürdők működésére jellemző, hogy eltávolítják a felületet borító természetes oxidhártyát és ugyanakkor a fürdő fémtartalma kicementálódik a szabaddá vált alumínium felületére. Az így nyert vékony fémbevonat megakadályozza az újabb oxidhártya létrejöttét, erre tehát közvetlenül rágalvanizálhatjuk a keménykróm réteget.

A savas pácolófürdők sósavból vagy folyasvból állnak, ezenkívül vaskloridot, nikkelkloridot vagy kadmiumkloridot tartalmaznak. A sósav maró hatása eltávolítja az oxidhártyát, a felületet felérsécsíti, az oldott fémsókból pedig vas-, nikkel- vagy kadmiumszemcsék válnak le a felületre.

A lúgos pácolófürdők alapanyaga alkalicinkát, de ez kevésbé alkalmas az alumíniumnak keménykrómozásra való előkészítésére. Inkább díszítő fémbevonatok előtt alkalmazzák. Az alapfémet kevésbé érdesíti fel és a főleg cinkből álló bevonat a krómfürdőben erősen bemarkódik, tehát a krómréteg tapadása tökéletlen lesz.

A Rákosi Mátyás Művekben a már ismertetett Elektrofát eljárással előzetesen kezelt alumínium ke-

ménykrómozására vonatkozó kísérletek folynak. A kilátások biztatóak, nemsokára beszámolhatunk eredményeinkről.

Közbeeső réteg nélküli keménykrómozást ajánl a DVL (Deutsche Versuchsanstalt für die Luftfahrt). A leírás szerint különösen duralumin ötvözetekre alkalmas. Zsírtalanítás után a darabokat 65 C-fokos 10%-os NaOH-ban pácolják. Ilyenkor az ötvözetben levő, lúgban oldhatatlan nehézfémekből sötétszínű film képződik a felületen. A leöblített tárgyakat a nehézfém film eltávolítása nélkül nikkellorid tartalmú másik pácfürdőbe merítik. Ebben a fürdőben az alumínium felülete megfelelően érdessé válik, ugyanakkor elég vastag nikkelfilm képződik rajta, ami a pácfürdő további hatását megakadályozza. A nikkelfilmet salétromsavval leoldják és megfelelő öblítés után a tárgy közvetlenül keménykrómozható.

A kezelés előnyének tekinthető, hogy a rövid pácolási idő alatt a felületről csak olyan kevés fémmennyiség oldódik le, hogy gyakorlatilag méretváltozás nincsen, továbbá, hogy az egyenletes felületi érdesítés következtében a krómréteg leválása is egyenletes.

Az alumínium előkészített felületének keménykrómozását általában ugyanolyan módon végezzük, mint az acélokét.

Különleges, achátra emlékeztető keménykróm-

rétegről ad hírt V. T. Safroniev közleménye. A szokásos, kénsavat tartalmazó krómsavfürdő helyett olyan oldatot használ, amelyben krómsav mellett kisebb mennyiségű bárium-, cink- és kalciumacetátot tartalmaz. A levált krómréteget polírozni nem kell, elegendő, ha a felületet olajjal bedörzsöljük.

b) *Anódos kezeléssel* előállítható kopásálló rétegről ad hírt egy új közlemény. A bevonat állítólag jóval olcsóbb, mint a keménykrómozás és kopási vizsgálatának eredményeképpen megállapították, hogy kopási vesztesége feleakkora, mint a betétben edzett acélé. Az MHC-nek nevezett réteg az alapfém mechanikai tulajdonságai közül csak a nyúlást csökkenti kis mértékben, de szakító szilárdságát és folyási határát nem változtatja meg. 100 C-fokot meghaladó hőmérsékleten a réteg felületén finom repedések jelennek meg, amely a két anyag, az alumínium és a réteg anyagának különféle hőtágulási együtthatójának a következménye. Ha ez az új eljárás a gyakorlatban bevalónék, a keménykrómozás olcsóbb helyettesítőjeként lehetne alkalmazni.

Az alumínium felületi keménységének növelése kopásálló réteggel való ellátása révén olyan alkalmazási területek nyílnak meg az alumínium előtt, amelyekre eddig alkalmatlannak bizonyult. Különösen a repülőgépek szerkezeteiben várható, hogy a kopásálló alumínium nagy jelentőségű lesz.

A FÉMIPARI KUTATÓ INTÉZET KÖZLEMÉNYEI

40. KÖZLEMÉNY

Anódmassza kihevítő kemence

LÁNYI BÉLA, VÁRHELYI REZSŐ, ZAJKY ISTVÁN

66.041:552.575

Печь для раскаливания анодной массы

Heating furnace for anode-paste

A műszénipar gyártási mintáinak vizsgálatához ismeretes az Elektro Chemisk norvég vállalat tájékoztató füzetében leírt „anódmassza égető kemence” szerkezete. Ez a laboratóriumi eszköz, a szabványos méretű (nyersen 170 mm Ø, magasság 320) próbatestet nyomás alatt tudja kihevíteni. Fűtésére krómnikkel szalagok szolgálnak. A fűtés pontosan vezetett hőprogram szerint történik, maximálisan 1000 C-fokig terjedő hőmérsékleten. Magyarországon hasonló szerkezet az ajkai kohóban évek óta üzemben van. Ezen a készüléken tapasztalt hátrányok kiküszöbölése végett a Fémipari Kutató Intézet már megalkalulása idején új kemencét tervezett és ezt fel is építette. Kemencénk alkalmas arra, hogy a műszén gyártásához használt nyersanyagokat 1300–1350° C hőmérsékleten koksosítani is tudja, ezen kívül természetesen a szabványos anódmassza kihevítését is elvégezheti. A vezényelt hőfokprogramot egyéb kerámiai vizsgálatokhoz — pl. timföldhidráttól timföld, samott stb. — is használhatjuk, mert készülékünk oxidáló légkörben is tud dolgozni.

A szerkesztésnél irányelvünk volt, hogy a nehezen kezelhető Elektro Chemisk által használt felhúzó köpenyt, állandóan helyére épített kemencével helyettesítsük és az ennél sokkal kisebb súlyú vizs-

gálandó mintát toljuk be a fűthető térbe, simán, minden zökkenő nélkül.

További szerkesztési szempontunk volt, hogy a kemencét jól lezárhassuk, mert az anódmassza kihevítése alatt termelt gázokat térfogat szerint is meg akarjuk mérni és különböző periódusokban összetételét is vizsgálni óhajtottuk.

Készülékünk tehát az Elektro Chemiskétől abban is különbözik, hogy — ha akarjuk — teljesen zártan lehet benne az „égetést” tetszés szerinti redukáló atmoszférában lebonyolítani.

Vázlata a mellékelt első ábrán látható. Három részből áll:

a tetőn helyezük el a nyomószerkezetet, jelzésére az ábrán római számokat használtunk,

középpütt foglal helyet maga a kemence, jelzése kis arabs betűkkel történik,

az alsó rész a kemence-állvány, jelzésére arabs számokat használunk.

A kemence állványa U- és szögvasból hegesztett szerkezet, melyhez a rajzban fel nem tüntetett olajnyomású szivattyú és az olajtartály tartozik. A kemencében vizsgálatra kerülő *n* készítményt az *l* alaplappal, az *m* hőszigetelő tönkkel együttesen hidraulikus nyomóberendezés emeli fel, vagy süllyeszti le, minden zökkenés nélkül.

Az 1-es számú, kettős U-vasból hegesztett emelő keretet, a 2-es jelzésű 4 db kerék vezeti, a 3-as számú függőlegesen elhelyezett sinek között. A 11 és 12 számú csigákon átfektetett, eredmény vonallal kihúzott drótkötél — befogva a 10-es lemezek alá — biztosítja a szerkezet párhuzamos és zökkenők nélkül való sima mozgását.

Az 1-es darabhoz tartozik a kemence köpenyének szimmetria síkjában épített 2 db hidraulikus henger, 6-os jelzésű dugattyújával, mely az 5-ös jelzésű dugattyú rudakkal az 1-es számú *l*, *m*, egymáshoz erősített daraboknak felemelését és leeresztését végzi.

A 7-es számmal jelzett csöveken a már említett, de rajzban fel nem tüntetett szárnyszivattyúval olajat nyomunk a 6-os dugattyú alá, amikor fel akarjuk emelni az 1-es számú, az *l*, *m*, *n*, szerkezetet. Ugyancsak ezen a csőrendszeren keresztül, szeleppel engedjük le az olajat, amikor saját súlyával az 1 számú és az *l*, *m*, *n* szerkezetet a kemencéből lefelé akarjuk engedni.

A 8-as jelzésű cső arra való, hogy a dugattyú bőrtömítésén felfelé átszivárgó olajat a szárnyszivattyú alatt lévő, az ábrán fel nem tüntetett gyűjtő tartályba levezesse.

A kemencébe emelt résznek 1 jelű tartószerkezetét a 9-es kapcsolatok rögzítjük. Ezeket kemence nyitáskor, — a leeresztés előtt — meg kell oldani és két oldalra széthajtani, hogy a lefelé mozgás megkezdődhessen. Ezeknek a kapcsolatoknak a könnyed kezelhetőségéhez szó férhet. Más szerkezeti elemet is használhatnánk a rögzítésre, viszont csak a kemence lezárásakor és üritésekor van velük kézimunka, ezért nem gondoskodtunk valami drágább, de ennek fejében bonyolultabb készülékről.

Fűtésre 900 mm összhosszúságú és 400 mm fűtőhosszúságú, 17 db. szilítópálcá szolgálat (sz), melyeket az *f* jelzésű, belső oldalukon hornyolt, könnyű samott téglák fognak körül. Egy téglá metszetét az ábra jobboldalán látjuk. E könnyű samott téglákból alkotott hengert a rajzon fel nem tüntetett, — a külső paláston körbe futó — 3 mm-es CrNi huzalok fogják össze. Kívülről pedig, a kemence köpenye felé, elsősorban mint hőszigetelőt, másodsorban pedig mint támasztót a *g* jelzésű könnyű samott darát alkalmaztuk. Az új épületbe való település után a samott dara helyett párházi perlit hőszigetelést fogunk beépíteni.

A szilítópálcák alsó végén lévő áramhözzávezető nikkal drótokat, a rajzon külön betűkkel nem jelölt csavarokkal szorítjuk meg. Ezek a kemence alsó vaslemezéhez hegesztéssel csatlakoznak, hogy a fűtőáram hozzávezetésénél ne legyen számottevő átmeneti ellenállás. Ebből látható, hogy a kemenceköpeny, — az alsó vaslemez —, valamint az egész lábazat a transzformátor egyik sarkához kapcsolódik és a transzformátornak ezt a sarkát földeljük is.

A szilítópálcák alsó végét az *e* jelzésű vaslap alatt szabadon maradó üregbe történő kisugárzás hűti. Ez a vaslemez tartja mind a könnyű súlyú idomtéglaiból alkotott hőszigetelő hengert, mind pedig a *g* jelzésű samott darát.

A kemence felső köpenyén a *h* jelzésű szögvasra helyezett 5 mm-es azbeszt gyűrű gázra is tömíti és villamosan is szigeteli a kemence fedőlemezét. Az

ábrán nem rajzolt lyukakban csillámmal szigetelten és bakelit alátétellel elhelyezett csavarok, légmentesen szorítják össze a kemence *h* felső peremét és a fedőlemezt.

E redőlemezre hegesztett 1 jelzésű szögvasból készült darabokhoz vezet a transzformátor másik sarkáról a kábel, mely árammal látja el a *k* betűvel jelzett, a fedőlemezhez hegesztett szorító csavarokat, melyekhez a szilítópálcák felső részén lévő Ni huzalok csatlakoznak. A szilítópálcák felső végének hűtését a samott idomtégla és a samott dara felett lévő üres tér, sugárzás útján biztosítja. A felemelkedő forró gázáramok ellen a szilítópálcák végeit a hézagokba tömött azbeszt védi, melyet azonban nem rajzoltunk ki. A kemence fedőlemezét 11 jelzésű doboz légmentesen zárja. Ez alatt helyezkednek el a nikkal drótok előbb említett szorítói. Ha tehát a szilítóbotok végéhez hozzá akarunk férni, a 11 jelzésű doboz csavarjait meg kell oldjuk és a dobozt el kell távolítsuk. E doboz közepén nyílás van, mely a 111 jelzésű olajharang kettős köpenyével folytatódik. Az olajharang felső része tartja a 111-vel jelölt, vasból készült nyomó rudat, mely viszont a külön nem betűzött tömör-feketén rajzolt szénrúdhoz csatlakozik. Ezeknek a rudaknak a közvetítésével lehet a kemencében helyet foglaló anódmasszát, vagy más anyagot nyomás alatt tartani.

A nyomó erőt az 11 jelzésű ékdarabon keresztül, a 111-es csapszeg körül forgatható 111 jelzésű kar horogjára akasztott *Q* súllyal állítjuk be. A kemence fedőlapjára csavarozással illesztett 1111-as tokban kúpkerékkel hajtott anya forog, mely a 111 csapágy emelésére és süllyesztésére szolgáló, — betűvel meg nem jelölt — csavarorsót a keréken átvett kötéllal fel- és lefelé tudja mozgatni. E mozgatási lehetőségre azért van szükség, hogy amikor hőkezelés alatt az anódmassza anyaga jelentősen tágul és összehúzódik, a nyomószerkezet karját mindig vízszintes helyzetben tarthassuk. A helyes kar állását jelzi a 1111-re szerelt függő ón. Az 111-es darabhoz, — mely az olajharangnak a tetőrése és ezért a massa tágulását azonnal követi — merev mutatót erősítettünk, hogy a tágulás mértékét szinkron motoros áttétellel hajtott dobon lévő kormozott papírra 1:1 arányban az idő függvényében lerajzoljuk.

A 1111-es olajharang biztosítja, hogy a kihevíés alatt fejlődő gőzök és gázok csak a *b* nyíláson tudjanak eltávozni. A gázokat tollszűrős tartályon keresztül a gázórába eresztjük, vagy tollszűrő nélkül mindent, ami a csővezetékben nem csapódik le, kiegyensúlyozott gázométerbe gyűjtünk.

A 111 jelzésű peremes nyílásból 2 db van a kemence köpenyén (a rajzon csak egy látszik). Az egyik peremre 1111-os gázáteresztő csap kerül, melyet benéző üveggel zárunk el. A kemence belseje felé — hogy a betekintési lehetőségek meglegyenek — a hőszigetelő anyagon átvezető kerámiai csövet helyeztünk el. A csap kereszt állásában a róla levehető üveget a reá rakódó kátránytól meg lehet tisztítani. Optikai piro méteres mérésnél pedig kevés nitrogénnel fűvátjuk a kemence belseje felé a kátrányos gőzöket, hogy a szabad betekintést ne zavarják. A betekintő ablakon át egy szilítópálcát és a kihevíendő anyagot, mintegy 5 cm² felületen — láthatjuk és piro métrálhatjuk.

A másik csőben pedig, amelynek irányában nincs szilítpálca, krómnikkel, vagy Pt/PtRh termoelemet helyezünk el, ami a kemencében uralkodó hőmérsékletet mutatja és a hőfokvezénylő szerkezetnek a mozgására is szolgál. A hőfok vezérlése legtöbb esetben az Elektro Chemisk előírásai szerinti ütemben történik. Tekintettel arra, hogy nagy teljesítményrel is tudunk fűteni, mondhatjuk, hogy a kemence hőkapacitásától aránylag csekély mértékben függő, úgyszólván tetszés szerinti vezénylést is lehet beállítani.

Az n jelzésű, a kemence fűtött terébe tolható kísérleti darab a nálunk szabványosan használt, az anódmasszát kihevítő vaspoharat mutatja. A ferdén keresztbe vonalkázott, pontozott terület a beléje öntött anódmasszát jelzi. Balról-jobbra vonalkázva látható a rajta nyugvó 3 mm-es vaslemez és a jobbról-balra sraffozott test, egy darab kőralakúra csiszolt samott téglá.

A próbatést égető poharat az m jelzésű könnyűsamottból készült hőszigetelő tönk takarja, melynek rajzából kivehető, hogy a szilítpálcák vastagított végei miatt palástját úgy munkáltuk meg, hogy a kemencének nem fűtött terét lehetőleg jól kitölthesse.

A kemence köpenyén alul lévő d cső nitrogén, — vagy más semleges gáznak, de esetleg a nyersanyagok reakcióit szabályozó nem semleges gázok befáplálására szolgál. A fűtött tér felső részén a szilítpálcák közötti térfogatot az n darabhoz hasonlóan kialakított, de az ábra szerinti méretben rövidebbre vágott könnyű samott hőszigetelő tönk zárja le, melyet az i jelzésű — lapos vasból készített, a kemence fedéllemezére akasztott gyűrű tart a helyén.

Az i gyűrű által tartott könnyűsamott tönknek a furatában szabadon mozog az a szénrúd, mely a hevítés alatt álló masszát az n jelzésű vaspohárban lévő, kőralakúra kivágott samott téglá közvetítésével a beállított Q súly értéke szerint tudja megnyomni.

Kemencénk mintegy két év óta baj nélkül van üzemben.

A szilítpálcás fűtés lehetővé teszi azt, hogy kokszolási próbákat is végezzünk 1350 C-fokig fűtve. Ekkor természetesen a krómnikkel helyett porcelán-csőbe húzott Pt/PtRh termoelem méri és vezényli a hőmérsékletet.

Különös előnyéül szolgál szerkezetünknek a tökéletes gázzárás, ami lehetővé teszi a gázminták vételét és azoknak pontos elemzését is. A különböző szakaszokban felszabaduló gázmennyiségből és annak összetételéből az égetendő anódmassza kötőanyagának különböző sajátosságaira lehet következtetni.

Szerkezetünk éppen eme kettős használhatósága miatt kimondottan laboratóriumi célokra szolgál.

Különösen jól működik a hidraulikus nyomóhengerekkel való beemelés, vagy leeresztés,

Üzemi vizsgálóberendezés számára — csak az olcsóbb kivitelezés miatt — lehetségesnek tartjuk azonban, ha kemence köpenyét nem hidraulikus szerkezettel összekapcsolt állványzatra építjük, hanem állványzat nélkül helyezük a köpenyt három kerékre és az alsó fenéklapot — melyet minálunk az I sz. emelővasra helyeztünk I jelű, kőralakú lap zár el, közönséges, de gázra jól tömített csavarozott lemezzel fedjük be. Üzemi vizsgálatok számára is megtartjuk

kemencénk felső részét változatlan kivitelben, de ilyenkor a VIII kúpkerék és csavarorsó tartóját félrehajthatóan helyezük el. A tetőn lévő II-vel jelzett fedelet pedig könnyen oldhatóvá kell tenni — mert most itt helyezük be a próbatestet — és ezért ráfűző kulccsal kezelhető csavarokkal rögzítjük. Ebben az üzemi égetőkemencébe tehát az anódmasszát tartó poharat a G súly leemelése, a VI csapszögnek és a VII karnak eltávolítása után félrehajtva a VIII kúpkerék ágyazatot, akkor helyezük el, ha az olajharangot és a II fedelet már levettük, a szénrudat kiemeljük és kivettük az i gyűrűbe foglalt hőszigetelő, könnyűsamott tönköt is. Ha az égetendő anódmasszával töltött poharat — óvatosan, hogy a szilítpálcák ne törjenek — helyretettük, a szilítpálcák vastagított vonalának szintjében helyretesszük az i gyűrűben lévő tönköt, helyretesszük a II fedelet az olajharanggal együtt.

Összeszereljük a nyomó készüléket és az anódmassza kihevítéséhez hozzá foghatunk. Az üzemi kemence vázlatát későbbi közleményünkben ismertetjük.

Egy szilítbotra, mindaddig amíg 1400 C foknál nem lesz melegebb — amikor általában a hevítendő tér a szokásos hőszigetelések alkalmazásával 1100° C körül van — 4,2 kW-nyi terhelést lehet adni. Kemencénk tehát induláskor 72 kW-nál nagyobb terhelést is kaphat, és emiatt az aránylag kisméretű fűtött térben igen nagy értékű fok/idő gradienst tudunk fenntartani. Ha a fűtött tér hőmérséklete már 1350° C és a pálca hőfoka szintén nem több, mint 1400° C, még 29 kW-os terhelést tudunk létesíteni, ami még mindig igen nagy értékű gradienst jelent.

Ilyen gradienseket csak különleges hőállékony-sági vizsgálatoknál alkalmazunk, sem kokszolási próbáknál, sem anódmassza kihevítéseknél ezekre nincs szükség.

Anódmassza kihevítésénél 8—9 db. szilítpálca bőven elegendő. Ennek megfelelően a terhelés is lényegesen kisebb, mint amiről az előbbieken szó volt.

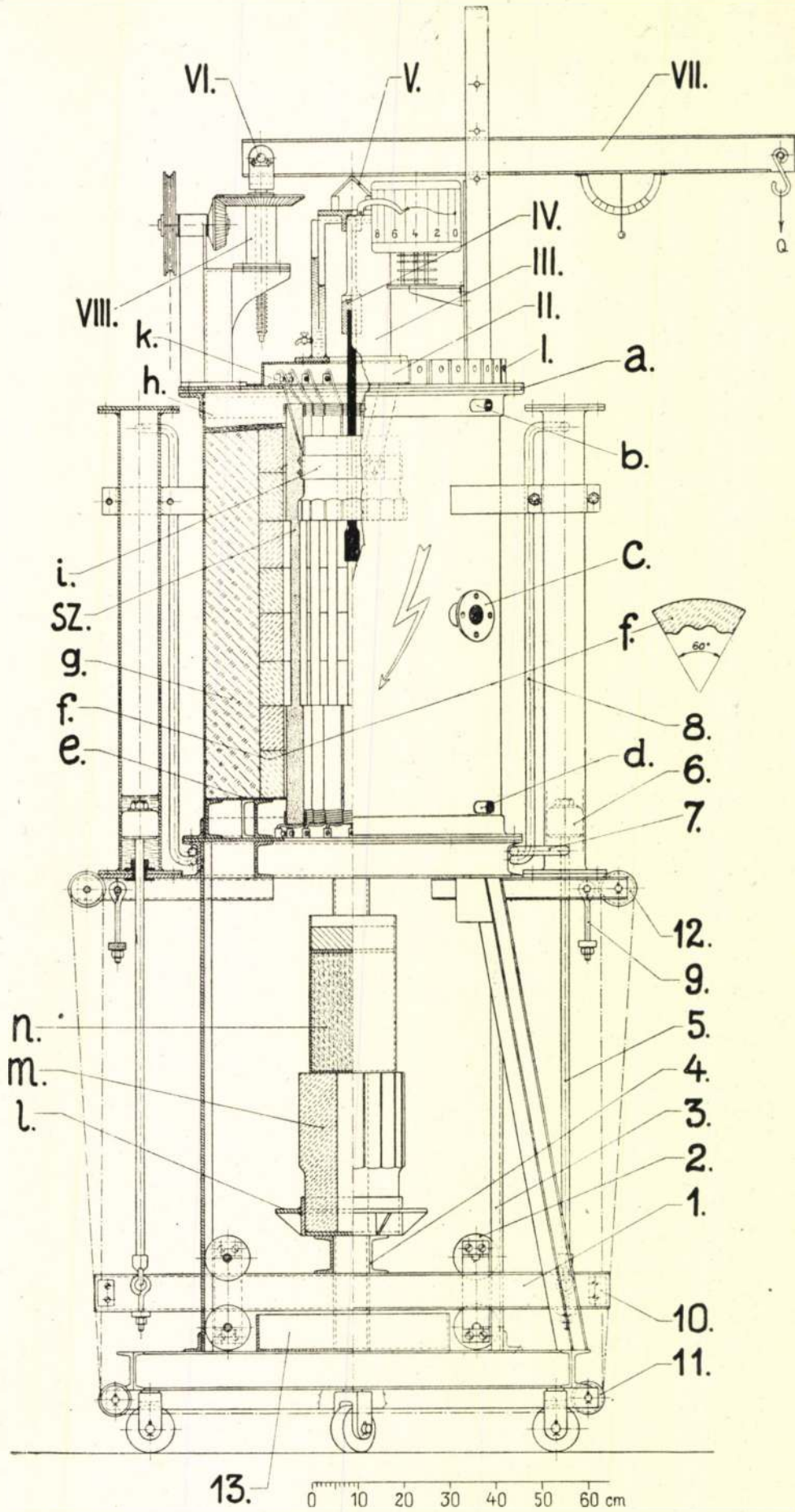
A mi kemencénk, ha anódmasszát hevítünk 1000 C fokig, hidegen 5,5 kW-ot vesz fel, a hőszabályozó által ki-be kapcsolva. Amikor 850 C-fokot elérünk, akkor emeljük a teljesítményt 13 kW-ra, melyet még mindig ki-be kapcsoló vezényel, hogy kb egy óra alatt az 1000 C-fokot elérjük és ezen a hőmérsékleten a próbadarabot tetszés szerinti ideig tartjuk.

1350 C-fokos kokszolásnál az olajharangot vagy eltávolítjuk, vagy magas hőfokon bomló olvadtszurokot használunk záró folyadékknak.

Az ábrát Máz Gergely, az Intézet dolgozója készítette.

Összefoglalás.

Ismertetésre került a Fémipari Kutató Intézet szilítpálcákkal fűtött, főként műszenipari termékek vizsgálatára (kokszolás, anódmassza és préselt áru kihevítése stb.) szolgáló kemencéje. A vizsgálandó n jelzésű anódmasszát hidraulikus emelővel visszük a fűtött, vagy fűtendő térbe, nyomás alatt tarthatjuk a kemence tetején elhelyezett olajharang közvetítésével, mely a tágulásokat is — egy mereven rá erősített kar segítségével — feljegyzi.



13. 0 10 20 30 40 50 60 cm

A szilítőrész előnyeit emeli ki e cikk a szokásos CrNi szalagos fűtéssel szemben, valamint kiemeli a kemencének azt a fontos szerkezeti elvét, mely szerint a tökéletesen zárt térből a felszabaduló gázok mennyiségét gázórával mérni lehet és fizikai vagy vegyi vizsgálatot is végezhetünk e gázokon tetszés szerinti időpontokban.

A szilítópálcák jelentős kW-al terhelhetők lévén, igen nagy értékű fok/idő gradienst tarthatunk fenn, ami hőbehatásra vonatkozó állékonysági próbák kivételénél is jelentős előny.

A kemence oxidáló légkörben is tud dolgozni.

A szilítópálcákra a műszeniparban használatos anyagok nem károsak, ezért élettartamuk a normális használati időn túl is terjed.

Üzemi vizsgálatra szánt kemencéinknél is megtartjuk a szilítófűtést, de költségsökkentés miatt elhagyjuk a hidraulikus emelő szerkezetet. Ilyenkor a köpeny alapját 3 kerékre állítjuk, és a kiégetendő, kihevítendő próbákat a felső olajharang leemelése után tesszük a fűtendő térbe. Vissza rakjuk az *i* jelű szigetelő tönköt, helyre tesszük a nyomórudakat és a gáz záró harangot, valamint a VII sz. nyomókart és megkezdjük a fűtést.

Hulladékalumíniumnak desztillációs, illetőleg szublimációs eljárásokkal történő finomítása*

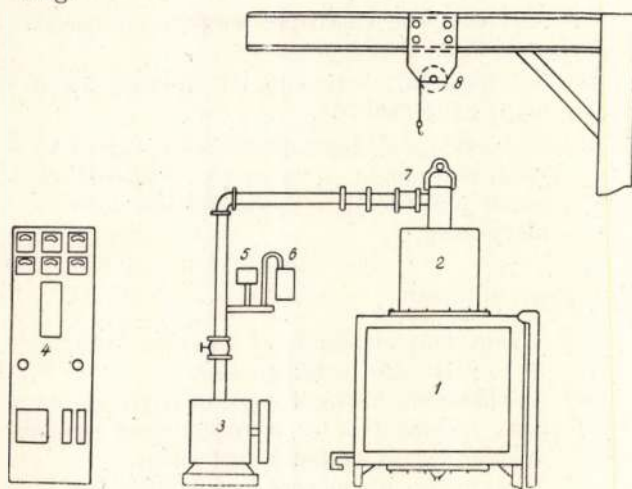
Írta: dr. DOMONYI ANDRÁS

(Folytatás)

662.73:669.71

A horganydesztillátum tisztasága a finomítandó alumínium összetételétől függ. A desztillált horgany Fe tartalma 0,1—0,01% között változik. A magnézium-, kádmiom- és ólomtartalom a feldolgozásra kerülő alumíniumhulladék és a horgany tisztaságától függ. A desztilláció után visszamaradó alumínium szennyeződéseinek mennyisége — a réz és nikkal kivételével — 0,1—0,5% között változik. A finomított alumínium tisztasága a horganyhígítás függvénye.

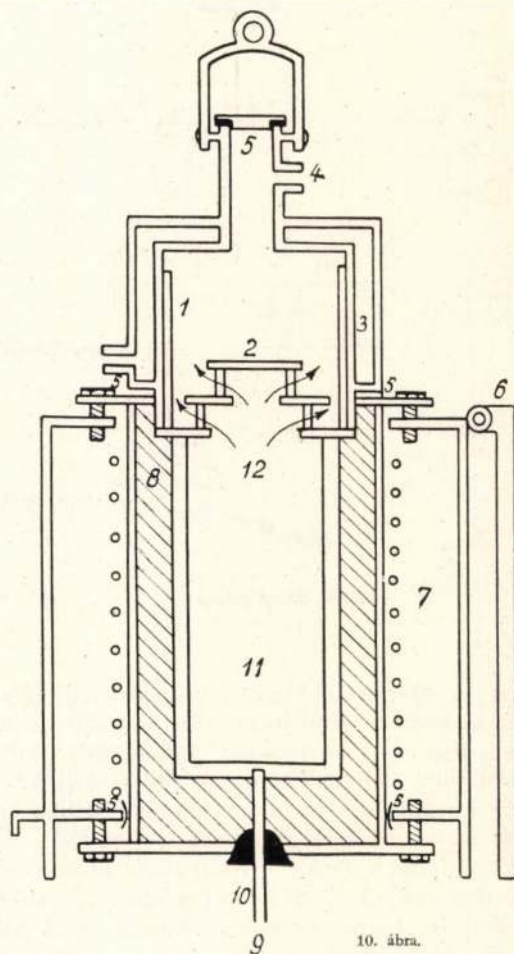
Gyakorlati tapasztalatok szerint 20 súlyrész alumíniumnak 100 súlyrész horgannyal történő hígítása esetén a vastartalom kb. 0,5%. Eredményes tisztítás esetében tehát a horganyban oldott alumínium mennyisége a horganyoldószer 10%-t nem haladhatja meg.



9. ábra.

Az alumínium réz- és nikkeltartalma az eredeti hulladékanyag Cu és Ni rondítók mennyiségétől függ. Ezeknek az ötvözeteknek a mennyiségét ez a finomítási eljárás nem csökkenti.

Al-Zn rendszer desztillációját szolgáló kísérleti (50—70 kg kapacitású) berendezés vázlatát a 9.



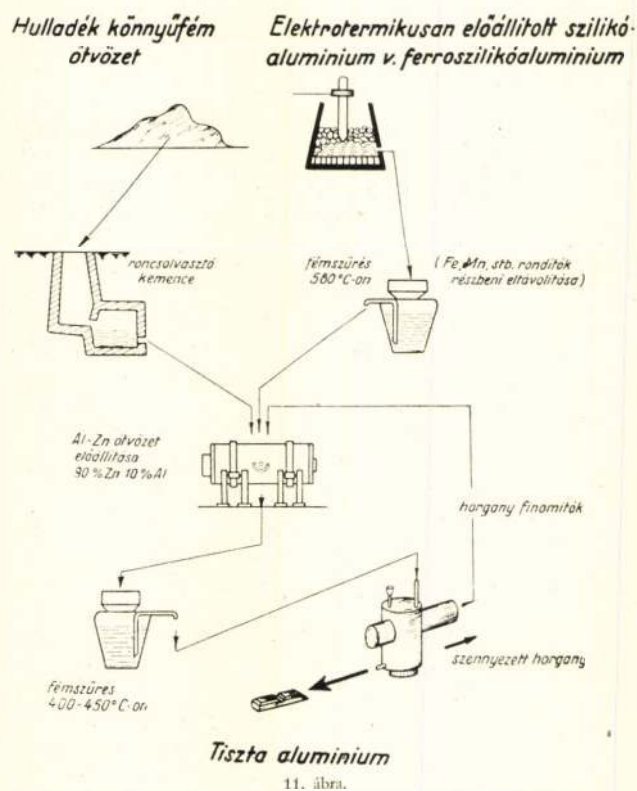
10. ábra.

számú ábra szemlélteti. A 10. számú ábra a desztilláló kemence vázlatát tünteti fel. A kemence egy grafittegely befogadására alkalmas, légmentesen elzárható kemencetestből áll. A hőközlést nagyfrekvenciájú indukciós fűtés végzi. A felső vízhűtéssel ellátott sűrítőtér és a kemence közé a légmentes elzárás biztosítása érdekében gumitömítést építettek be. A gumitömítés elégségét megfelelő vízhűtéssel akadályoz-

* Együttal egyesületi munkabizottsági zárójelentés.

zák meg. A tégelyt a desztillációs folyamat megindítása előtt folyékony, előzetes fémszűrésnek alávetett vas- és szilíciumszegény Zn-Al ötvözzel töltik meg. Ezután a hűtőt a kemencére helyezve, egyidejűleg megindítják a vakuum szivattyú-kemence fűtését és a hűtőtér vízűtését. A horgany desztillációja 480°C körüli hőfokon kezdődik, ennek megfelelően a kemencében a hőfokot a horgany desztillációjának mértéke szerint 480°C -ról lassan kb. 900°C hőmérsékletre emelik, a vakuumot pedig $0,5\text{--}1\text{ mm}$ higanyoszlop nyomáson tartják. A desztilláció befejezése után a lecsapódott horgannyal teli hűtőt a kemencéről leemelik és a fémeket onnan kiolvasztják, a folyékony alumíniumot pedig a tégelyből kiöntik.

Legújabb közlések szerint sikerült az eddig csak szakaszosan működő eljárás részére folyamatos üzemetet is kidolgozni.



Ezt az eljárást újabban a hulladékalumínium finomításán kívül a termikusan előállított szilikoalumíniumból, illetőleg ferroszilikoalumíniumból történő szinalumínium kitermelésére is felhasználják.⁸ Ez esetben a redukáló kemencéből kikerülő szilikoalumíniumot, illetve Fe-Si-Al ötvözetet lassan 580°C -ra lehűtik, amiáltal a ternár ötvözet nagy olvadáspontú és fajsúlyú szilárd Fe-Si-Al vegyületekre és eutektikus folyékony fázisú silumínre különül el. A folyékony, kb. $11\text{--}12\%$ Si és $0,7\%$ Fe-t tartalmazó silumint a Fe-Si-Al szilárd vegyületekről leszűrik és az alumínium kivonása céljából horgannyal hígítják. A horgannyal hígított fémből a kivált vas- és szilíciumvegyületeket ismételt szűrés útján ($400\text{--}450^{\circ}$

C-on) eltávolítják és a tiszta Zn-Al ötvözetet vakuum desztillációnak vetik alá (lásd 11. számú ábrát). Desztilláció után a visszamaradó alumínium Fe és Ti szennyeződése $0,1\text{--}0,2\%$, a Si-tartalom $0,1\text{--}1\%$, a Zn-mennyiség pedig, a desztilláció mértékétől függően, néhány tized és 2% között változik.

Az eljárás üzemi mértékben még nincsen kidolgozva. A nagyipari bevezetés előtt ugyanis igen sok anyag és gépészeti probléma megoldása szükséges. A kísérletek alkalmával ugyanis bebizonyosodott, hogy az iparilag használható desztilláló kemence adagolása, csapolása, a megfelelő kis vakuum állandó fenntartása rendkívül körülményes és ma még nem megoldott problémának tekintendő kérdés. Tisztázandó továbbá még az eljárás energiafogyasztása és gazdaságossága is. 1 tonna termikusan előállított $60\text{--}70\%$ alumíniumtartalmú szilikoalumínium, illetőleg ferroszilikoalumínium energia fogyasztása $10\,000\text{--}16\,000\text{ kWó}$. Ebből tehát 1 tonna szinalumínium termelést $16\,700\text{--}26\,700\text{ kWó}$ energiafogyasztás terhel. Ehhez az energiafogyasztáshoz járul még a szűrés, horganyötvöztés, desztilláció stb. energiaszükséglete, amit a rendelkezésre álló adatok alapján tonnánként $3000\text{--}6000\text{ kWó}$ -ra lehet becsülni. Durva becslés szerint a fenti üzemenettel előállított szinalumínium energiafogyasztása tonnánként $20\,000\text{--}33\,000\text{ kWó}$ villamosáramnak megfelelő energiamegnyiség.

A termikusan előállított alumínium előötvözetekből desztilláció segítségével történő alumínium-előállítás nagy gazdasági lehetősége viszont abban rejlik, hogy nyersanyagként az összes kis Al_2O_3 és nagy SiO_2 tartalmú érc (pl. agyag, rosszminőségű bauxit) is felhasználható, valamint az igen költséges és nagy beruházást igénylő timföldgyártás megkerülhető.

Az eljárás előnyei:

- Az oldószerül felhasznált horgany aránylagos olcsósága.
- Az eljárásnál használatos kis hőfokok (maximális hőfok 900°C).
- A berendezések legnagyobb része vasból készíthető, miután a horgany a használatos üzemi hőfokoknál a vasberendezést nem támadja meg.

Az eljárás hátrányai:

- A nagy horganyhígítás (1 súlyrész Al-ra 7–10 súlyrész Zn) szükségessége.
- Az oldószerül használt nagy mennyiségű horgany regenerálása és a rendszerben történő állandó körfolyamatának biztosítása.
- A folyamatos üzemenet megoldatlansága.
- Rossz kihasználási hatásfok. A szűrés alkalmával ugyanis a vasszennyezéssel FeAl_3 vegyület arányának megfelelő mennyiségű alumínium is kiválik.
- A hulladékfémből a magnézium szennyeződés eltávolításának szükségessége.
- A hulladékalumínium finomítása esetén ily módon a réz- és nikkeltartalom a raffinálásra kerülő fémből nem távolítható el.

⁷ M. J. Spendlove és H. W. A. Clair: *Metale Transactions*, 1949. (185) 533. oldal.

⁸ St. Clair: *U. S. Bur. Mines Rept.* 1535. 24. oldal 1949

Ennek az eljárásnak technikai és gazdasági létjogosultságát a hulladékfeldolgozás terén és a termikus alumínium előállításánál csak a jövő nagyüzemi kísérletek eredményei fogják igazolni.

c) *Al-Hg rendszernek desztilláló útján történő tisztítása*

A hulladékalumíniumok higannyal történő finomítása a desztillációs eljárások és a fémszűrővel történő finomítási eljárások közötti átmenetet képez. Szobahőfokon ugyanis a higany csak ezredszázalékos nagyságrendű alumíniumot, nagyobb hőfokon (600° C-on) pedig már 40 súlyrész alumíniumot is képes oldatba vinni.

Az alumínium szennyeződései közül az ón, ólom, magnézium és horgany a higanyban az alumíniumfémmel jobban oldódnak, a vas, szilícium, titán, mangán, nikkel és réz higanyoldhatósága viszont az alumíniumnál rosszabb.

A finomítási eljárás elvi munkamenete a következő:

A finom eloszlású hulladékalumínium ötvözeteket, illetőleg termikus úton előállított, porított alumíniumtartalmú előötvözeteket 600–650° C körüli hőmérsékleten higannyal kezelik. A higanyos extrakció a finomítandó anyag alumíniumtartalmát és azokat a rondítókat, amelyek a higanyban jobban oldódnak, amalgámképződés mellett oldatba viszi; higanyban nehezen oldódó szennyezők pedig a higanyextrakció után visszamaradnak.

Az extrakciót követő második lépésben az alumíniumdús higanyoldatot lehűtik, amiáltal az alumínium könnyű fajsúlya révén a higany tetején kikristályosodik, a higanyban könnyen oldható szennyeződések pedig oldatban maradnak. A higany tetején kikristályosodott alumíniumot szűrés, centrifugálás vagy préselés útján a folyékony higanyfázistól elválasztják, a csapadékot pedig a szennyeződések nyomainak eltávolítása céljából tiszta higannyal többször kimossák. Az alumíniumban visszamaradó utolsó higanynyomok eltávolítása vagy vakuum olvasztás, vagy vakuum desztilláció segítségével történik.

A higanyos tisztítási eljárásnak az alumínium egyes rondítóival szembeni hatásosságát az 1. számú táblázat szemlélteti.

Az 1. számú táblázatban közölt adatok csak a kettős rendszerekre vonatkoznak. A hulladékalumínium finomításánál, illetve extrakciójánál a valóságos viszonyok azért bonyolultabbak, mert a rondítók legnagyobb része alumínidek alakjában hármás, négyes, vagy ennél is többszörös rendszert alkotnak. A gyakorlati tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a kettős rendszerrel ellentétben, a hulladékalumínium higanyextrakciója alkalmával a higanyban könnyen oldódó rondítók (Mg, Cu, Zn stb.) csak részben mennek oldatba, a szennyezők jelentékeny mennyisége az alumíniumhoz kötve, alumínidek alakjában a higanyban oldhatatlan csapadékban marad vissza. Ezt a tényt, valamint a különböző fémek higanyos oldatának frakcionált kristályosítása által nyújtott lehetőséget a tisztítási eljárás kidolgozásánál messzemenően figyelembe vették. Az alumínium a higanyos anyagtól ugyanis lényegesen gyorsabban válik ki, mint a magnézium és ezáltal frakcionált kristályosítás ré-

1. számú táblázat.
Néhány fémnek higanyban való oldhatósága különböző hőfokokon.

Fém	Hőfok °C	Oldhatóság súly %-ban
Alumínium	20	0.002
	60	0.006
	100	0.012
	150	0.034
	200	0.069
	300	0.170
	360	0.380
	422	1.01
	435	1.14
	470	1.83
	502	2.20
	537	5.99
	560	9.33
581	20.61	
595	39.15	
Antimon	18	0.000029
Ólom	18	1.3
	50	3.5
	100	17.5
	150	46.0
	200	64.0
	250	79.2
	300	93.0
Króm	18	3.10—10—11
Vas	20	0.00007
	211	20%-on való oldhatósággal szemben változás jelentéktelen.
Kadmium	0	2.5
	50	10.0
	100	21.0
	150	36.02
	200	52.0
	300	68.0
Kobalt	20	0.062
	20	0.0024
Réz	100	1
	150	2.5
	200	5
	300	8
	400	14
Magnézium	0	0.22
	18	0.24
	50	0.60
	100	1.10
	150	2.15
	200	3.00
	250	3.55
	300	4.10
	400	5.10
500	6.60	
600	9.15	
Mangán	20	0.0031
Nikkel]	17	0.00059
Szilícium	Sem kisebb, sem nagyobb hőfokon nincs reakció	
Titán	20	1.10 ⁻⁵
Vanádium	20	5.10 ⁻⁵

vén a higannyal oldatba vitt alumíniumot a magnéziumszennyeződéstől meg lehet tisztítani.

A higanyos tisztítási eljárás hatásosságát a 2. számú táblázat szemlélteti.

Fém	Hőfok °C	Oldhatóság súly %-ban
Bismut	0	0.8
	50	5.5
	100	26.5
	150	47.5
	200	70.0
	250	91.5
Hogony	0.3	1.37
	50	3.37
	99.6	7.04
	150	13.5
	200	20.5
	250	29.5
	300	44.0
	400	63.5
Ón	0	0.36
	50	1.8
	100	20.0
	150	45.0
	200	75.0

Erősen szennyezett hulladékalumíniumnak összetétele kezelés előtt és 150-szeres súlymennyiséggel történő higanyos extrakció után.

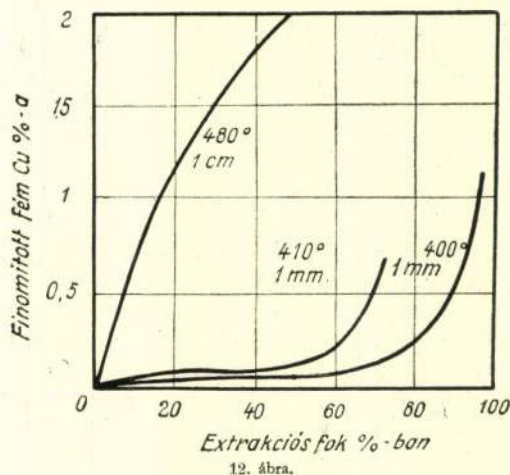
	Pb	Cu	Sn	Zn	Mg
Hulladékalumínium ronditóinak százaléka	1.90	8.07	2.61	6.68	8.28
Extrahált alumínium összetétele 150-szeres higany mennyiséggel kezelve 200° C-on kikristályosítva, utólagos higanyos kimosás nélkül	nyomok	4.58	nyomok	nyomok	1.80

2. számú táblázat.

Különös figyelmet érdemel még az extrahálendő anyag szilícium- és vastartalmának viselkedése. Ezek az utóbbi fémek ugyanis gyakorlatilag a higanyban még nagyobb hőfokoknál sem oldódnak (lásd 1. számú táblázat), hanem az amalgámban lebegnek. A finom szemcsékben lebegő vas és szilícium a higanyból csak olyként távolítható el, hogy a higanyos szuszpenziót huzamosabb ideig 600° C-on tartják, amikor is a lebegő vas- és szilíciumszemcsék összeállnak és a higany felszínére kerülve, onnan eltávolíthatók. A higanyos oldószernek vas és szilícium mentesítése különösen a termikusan előállított szilikoalumíniumból, illetőleg ferroszilikoalumíniumból való alumínium extrakciónál igen fontos.

1. *Az extrahálendő anyag szemcsenagysága.* Minél finomabbra porított anyaggal történik a higanyos extrakció, annál tökéletesebb az alumínium oldódása. Egész finom eloszlás esetén a higany még az alumínidekhez kötött alumínium tekintélyes részét is ki tudja oldani olyként, hogy csak az alumíniumszegény fémes vegyületek maradnak vissza. Ilyként a $FeAl_3$ vegyületet $FeAl_2$ -re le lehet építeni (640° C-on 1 óráig tartó extrakcióval és

20-szoros higany mennyiséggel). Ugyancsak a szemcsenagyság finomításával lehet elérni azt is, hogy a higanyban egyébként könnyen oldódó réz jelentékeny része rézalumid alakjában az oldhatatlan részben visszamaradjon. Ugyanis minél finomabb porítású a tisztítandó anyag, az extrakciós hőmérsékletet annál jobban lehet csökkenteni, az alumínidek bomlása pedig kis hőfokon lényegesen kisebb, mint nagyobb hőmérsékleten. 4% Cu-t tartalmazó alumíniumötvözet tisztításánál a szemcsenagyság és hőmérséklet viszonyában az extrakciós hatásfokot a 12. számú ábra szemlélteti.



12. ábra.

- Az extraháló higany mennyisége.* Kísérletek beigazolták, hogy az optimális oldószer mennyisége a finomítandó anyag súlyának kb. húsz- százszoros (azaz 1 kg alumínium oldásához, a finomítandó anyag szemcsenagyságától, a hőfoktól és nyomástól függően, 2–8 liter higany szükséges).
- Extrakció hőfoka és időtartama.* Ezideig legmegfelelőbbnek a 600–640° C-ú, 1 óráig tartó extrakció bizonyult. A kezelés hőfoka és időtartama az előbbieket szerint a finomítandó anyag szemcsenagyságától is függ.
- Higanyos kezelés alkalmával fellépő nyomás.* 600–650° C-on a higany extrakció kb. 22 atm. nyomás mellett megy végbe. A nagy nyomás indokoltá teszi, hogy a finomítandó anyag szemcsézetének csökkentésével a kezelési hőfokot és időt csökkenteni lehessen.

A higanyos finomítási eljárás menetét a 13. sz. ábra szemlélteti.

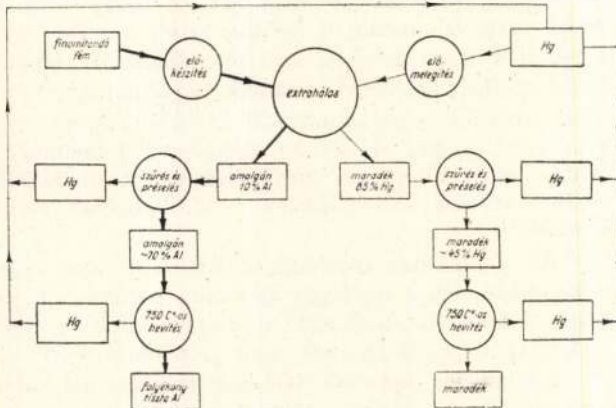
Ezek szerint a finomítandó hulladékalumínium-ötvözetet, illetve termikusan előállított alumíniumtartalmú előötvözetet előzetesen minél finomabban granulálni, illetve porítani kell. Termikusan előállított előötvözetekből történő alumínium kivonásnál, 600–650° C extrakciós hőmérsékletet feltételezve, a szemcsenagyság 1–2,5 mm.

Az ilyként előkészített anyag külső gáztüzeléssel fűtött autoklávba kerül, ahol a higanyreakció végbe megy. 600–650° C kezelési hőmérsékleten az autoklávban uralkodó nyomás kb. 22 atm. A nagy hőfok

Higanyos finomítási eljárás tisztító hatása.

és nyomás, valamint a tekintélyes mennyiségű higany súlya a berendezés anyagával szemben igen nagy követelményeket támaszt. Az extraháló edény csak $18/8$ -as rozsdálló acélból készíthető (V_2A). Az extrakció alkalmával a higany a Fe, Si, Ti, V és oldhatatlan alumínidek kivételével, az egész finomítandó anyagot oldatba viszi.

Az autoklávból kikerülő anyagot forrón, kb $600^\circ C$ -on szűrik (kb. 10% -os oldat) és az oldható szennyalumíniumot (kb. 10% -os oldat) és az oldható szennyeződések tartalmazza. A higanyban oldhatatlan szennyeződések a csapadékban visszamaradnak.



13. ábra.

Szűrés után a szüredéket lehűtik, miközben a nagy hőfokon higanyban oldott alumínium kiválik. A kivált alumíniumkristályokat a szennyezett anyalúgtól leszűrik, tiszta higanyval kimossák és a higanynyomok eltávolítása érdekében vakuum-kemencében $750-800^\circ C$ -ra felhevítik. A vakuum kemencében a higany utolsó nyomai is eltávoznak. A vakuum kemencéből a tiszta higanyt még nyomokban sem tartalmazó, alumíniumot kiöntik. Az alumínium higanytartalma $10H_0\%$ alatt van. A vakuum kemence béléanyagát grafitból képezik ki. A különböző műveleteknél kitermelt, szennyezett higanyt az extraháló után visszamaradt csapadék higanytartalmával egyesítik és a körfolyamatban való újabb felhasználás előtt tisztítási és finomítási folyamatnak vetik alá. A higanyvesztéseknek a minimumra való csökkentése az eljárás egyik legkényesebb és legnehezebben megoldható problémája. Igen kényes kérdés még a megfelelő szűrők, csővezetékek és szivattyúk anyagának a kiválasztása is.

Előzetes számítások szerint a finomítási eljárás energiaszükséglete 1 kg finomított alumíniumra számítva, 3650 Kal (az energiaszükséglet $2,7$ m³ generátorgázból és $0,9$ kWó áramfogyasztásból tevődik össze.* Üzemi adatok ezt az aránylag igen csekély energiaszükségletet még nem igazolták. A számítások laboratóriumi és félüzemi kísérletek eredményei. Nyitott kérdés még a nagyüzemi finomításnál keletkező higanyvesztések kérdése is. Nincsen még tisztázva a higanyos extrakció berendezési anyagának időállósága sem.

A higanyos eljárás tisztító hatását a 3. számú táblázat tünteti fel.

Rondító fém	Szennyezés százaléka	
	Eredeti hulladéktémben	finomított fémbe
Si	2,60	0,35
Fe	5,63	0,04
Cu	7,35	4,30*
Zn	3,25	0,15
Pb	1,18	nyomok
Mn	0,35	nyomok
Su	0,45	nyomok
Mg	0,10	nyomok
Ni	0,35	nyomok
Hg	—	10—6

* Az érték a finomítandó fém szemcsenagyságától és az extrakciós hőfoktól függ.

3. számú táblázat

Az eljárás előnyei:

- A higanyos extrakció energiafogyasztása a laboratóriumi és félüzemi kísérletek szerint csekély.
- Az eljárás termikusan előállított ötvözetekből történő fémalumínium kitermelésére hatásosan használható. (Olcsó nyersanyagból, timföldgyártást megkerülő alumínium előállítás.)
- A kitermelt fém megfelelő tisztaságú.

Az eljárás hátrányai:

- Az extrakcióhoz szükséges nagy higanymennyiség.
- A higanygőzök mérges volta.
- Igen bonyolult berendezési problémák.
- Az üzem közben fellépő nagy nyomások.
- Az eljárás csak laboratóriumi és félüzemi mértékben van kipróbálva.

2. A desztillációs eljárások kritikai kiértékelése.

A desztilláción alapuló finomítási eljárások összehasonlítása után megállapítható, hogy ma még nagyüzemileg csak a legkevésbé érdekes Al-Mg-rendszerű finomítási eljárás van kidolgozva. Ez az eljárás iparilag csak ott jöhet számításba, ahol egymás mellett igen nagy mennyiségű magnézium- és alumíniumhulladék keletkezik. Ettől függetlenül a nagyobb mennyiségű üzemi elterjedésnek gátat vet még az a körülmény is, hogy jelenleg az eljárás kivitelezéséhez szükséges indukciós fűtésű desztilláló kemence üzemmenete még bizonytalan.

A másik két desztillációs eljárás fő előnye abban rejlik, hogy nagyipari bevezetésük esetén nemcsak az alumíniumhulladék finomításának a kérdése fog megoldást nyerni, hanem a timföldgyártás nélküli, olcsó nyersanyagból kiinduló (pl. agyagból történő), kis energiafogyasztású alumíniumelőállítás is lehetővé válik. Miután a nagy tömegű oldószerek (Zn vagy Hg) gazdaságos mozgatása és a körfolyamatban való keringése még nem megoldott kérdés, az eljárásoknak

* Dr. G. Messner: Metall 1949. I. 14. oldal.

nagyipari bevezetése és elterjedése ma még nincsen megvalósítva. Az Al-Zn rendszernél kétséges még a desztillációs kemence adagolása és a desztillált fém (Zn) állandó eltávolítására vonatkozó nagyüzemi megoldás; az Al-Hg rendszernél a fő probléma a nagy súlyú, nagy nyomást kifejtő, forró higany mennyiség szállítása, szűrése és tisztítása.

Energiafogyasztás szempontjából a leggazdaságosabbnak az Al-Hg rendszeren alapuló eljárás látszik.

A párolgási és fajhőknek összehasonlítása ugyanis azt mutatja, hogy az energiaviszonyok, a nagy hígítás ellenére, az Al-Hg rendszerben a legkedvezőbbek. Az Al-Mg rendszer, — annak ellenére, hogy csak 30%-os hígítóval (magnéziummal) dolgozik — a legnagyobb enermiamennyiséget igényli, mivel a magnézium párolgási és fajhője a legnagyobb.

4. számú táblázat.

Párolgási- és fajhők összehasonlító táblázata.

Anyag	Forr- pont	Hőfok C°	Fajhő kal/gr	Hőfok C°	Párolgási hő kal/gr.
Mg	1102	17—100	0,24	918	1341
Zn	907	18	0,09	918	475
Hg	357	41	0,03	357	68,7

Gépi berendezés szempontjából aránylag a legkisebb problémák a horganyos desztillációnál vannak. A tisztítási folyamat itt ugyanis, a higanyos rendszerrel ellentétben, nyomás nélkül megy végbe; a szükséges hőfokok pedig kisebbek, mint a magnézium desztillációnál, mivel a horgany a magnéziumnál — két fém forrpontjának különbsége folytán — könnyebben űzhető ki az alumíniumból.

Legjobb kihasználással viszont a higanyos eljárás dolgozik, mivel ennél az eljárásnál az oldhatatlan alumínidekhez (pl. $FeAl_3$) kötött alumíniumfém, legalább is részben — finomítás útján szintén kitermelhető. Az eddigi kísérleti adatok szerint a legtisztább fémet ugyancsak a higanyos eljárással lehet előállítani.

A rendelkezésre álló kísérleti és üzemi tapasztalatok még nem elegendők ahhoz, hogy a desztillációs eljárások kérdésében véglegesen állást lehessen foglalni. Csak a jövő fejlődése fogja bizonyítani, hogy ezek az eljárások nagyiparilag valóban életképesek-e és hogy az eddig használatos munkamódszerek közül melyik dolgozik a leggazdaságosabban.

3. Szublimáció útján történő finomítás.

A szublimációs eljárások közös alapvető lényege az, hogy az alumínium néhány metalloiddal 900—1300° C körüli hőfokon könnyen illó, ú. n. „szub“ vegyületet alkot (szuboxid, szubfluorid, szubklorid). Az illékony „szub“ vegyületek gőzei pedig lehűtve (700—800° C-on) fémalumíniumra és közönséges alumíniummetalloid vegyületekre bomlanak.⁹ A „szub“ vegyületek

bomlása következtében lecsapódó alumínium nagy tisztaságú (99,9—99,99%-os) fém.

A szublimációs eljárásoknak a legnagyobb nehézsége abban rejlik, hogy a „szub“ vegyületek keletkezése csak 1000° C körüli hőfokon megy végbe. A vakuum kemencék, csővezetékek és hűtők anyagának megválasztása az eljárások kivitelezésénél döntően fontos, mert a berendezések építésénél csak olyan anyagok használhatók, amelyeket 1000° körüli hőmérsékleten sem a folyékony vagy gőzalakú fémalumínium, sem az alumíniumhalogenid gőzök nem támadják meg. A tűzálló anyagok közül sem az alumíniumoxid, sem a kavasavdús kerámiák nem megfelelőek. Kísérletek igazolták továbbá azt is, hogy még a tiszta magnéziumoxid, a berilliumoxid, a cirkonoxid égetéséből nyert bélések sem ellenállóak. A szublimáció közben keletkező termékek vegyi hatása, valamint a munkamenet alkalmával fellépő hőfok és nyomás által okozott szilárdsági igénybevétel szempontjából csak a különleges grafitbélessel ellátott, hőálló acélból készült kemencetestek és csővezetékek megfelelőek.¹¹

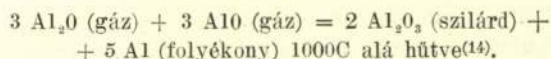
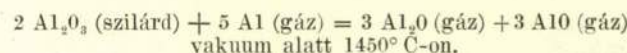
Az alumínium szubhalogenidek képződése vagy vakuumban, vagy semleges gázatmoszférában megy végbe.¹² Ismeretesek viszont olyan javaslatok is, amelyeknél a reakciók nyomás alatt játszódnak le.¹³

A szublimációs kemence hőfokon tartása, az égési termékek káros hatása, valamint a keletkezett vegyületek kémiai tulajdonságai miatt csak külső fűtéssel oldható meg.

Az előbb említett gépi és berendezési nehézségek miatt a szublimációs eljárások ma még mindenütt kísérleti állapotban vannak; különleges érdekességük viszont abban rejlik, hogy az eljárás nemcsak a hulladékalumínium finomítására, hanem bármilyen alumíniumoxid tartalmú nyersanyagból történő, közvetlenül kitermelhető, nagy tisztaságú alumínium előállítására is lehetőséget nyújtanak.

a) Szuboxidos szublimációs eljárás

Az 1930-as évek végén végzett laboratóriumi kísérletek bebizonyították, hogy Al_2O_3 -nak és fémalumíniumgőznek néhány Hg mm-es vakuumban, 1200—1400° C hőmérsékleten egymásra gyakorolt kölcsönös hatása következtében illékony alumíniumszuboxid vegyület képződik. Az illékony szuboxidból pedig 1000° C-ra történő lehűtés alkalmával folyékony alumíniumfém és szilárd Al_2O_3 keletkezik. A szublimáció közben lejátszódo igen bonyolult reakciókat az alanti két egyenletben lehet vázlatosan szemléltetni:



A szuboxidos eljárásnak laboratóriumi méretekben túlmenő kikísérletezése ezideig azért nem volt

¹¹ A. Beck. Metal Industry 1949. VIII. 129 oldal.

¹² USA-szabadalmak, többek között: 2.456.918, 2.456.983, 2.460.305 és 2.470.306.

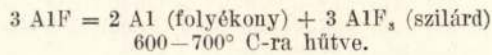
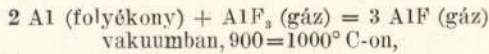
¹³ Br. szabadalom: 631.585.

⁹ Kriagova: Zsur. Priklad. Kim. 1948. 561. oldal.

keresztülvihető, mert a szublimáló kemence és hűtő részére olyan megfelelő anyagot nem lehetett találni, amelyet 1400° C körüli hőfokon a fémgőzök, illetve szuboxidgőzök ne támadtak volna meg és amely a szükséges vakuum által támasztott szilárdsági igényeknek 1400° C körüli hőfok megfelelt volna.

b) Szubfluoridos szublimációs eljárás

A szublimációs eljárás továbbfejlesztése szempontjából nagy haladást jelentett az a tény, amikor beigazolódott, hogy 900–1000° C-on folyékony alumíniummal érintkező, gázalakú alumíniumtrifluorid fémalumínium oldása következtében részben illékony alumíniumszubfluoriddá alakul át. Az illékony alumíniumszubfluorid gőzök pedig 600–700° C-ra hűtve folyékony fémalumíniummá és alumíniumtrifluoriddá bomlanak. A munkamenet közben lejátszódó reakciókat vázlatosan az alanti egyenlet szerint szemléltethetjük:



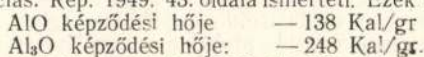
A reakciók alapján a szubfluoridon keresztül történő szublimációs munkamenet a folyékony, szennyezett hulladékalumíniumból, illetve termikusan előállított szilikoalumíniumból vagy ferroszilikoalumíniumból a tiszta fémalumínium kinyerésére lehetőséget nyújt.

Ezideig az eljárás megvalósításának három nagy akadálya volt:

1. A fluorgáz és az olvadt, illetve gőzalakú fém 1000° C körüli hőfokon majdnem kivétel nélkül minden anyagot old, illetve megtámad.
2. A hűtőbe lecsapódó szilárd fluorid a folyékony fémtől nehezen választható el és ezért a rendszerben a fluorid cirkuláció csak igen körülményesen biztosítható.
3. Bár az alumíniumszubfluorid képződési hője az alumíniumszuboxidénál lényegesen kisebb, a reakció lefolyása tekintélyes energiát igényel. (Az alumíniumszubfluorid képződési hője 41 Kal/g.¹ Legújabb értesülések szerint a nehézségeket laboratóriumi mértékben sikerült leküzdeni. A szubfluoridos eljárásnak ipari megvalósítása érdekében kis kísérleti üzem épül, amelynél a szubfluoridképződés, illetve a szublimációs folyamat néhány Hg mm-es vakuumban megy végbe.

A kísérleti üzem kiinduló anyagként alumíniumhulladékot, illetve termikusan előállított alumínium-ötvetet használ; a szublimációs reakció 900–1000 C°-nál következik be. A kísérleti üzemből nyert tapasztalatokról ezideig a közlések még hiányoznak.

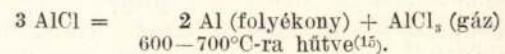
¹⁴ A szublimáció közben keletkező reakciók szabad-energiáit L. Brewer és A. W. Searcy: U. S. Atomic Energy Com. Declass. Rep. 1949. 43. oldala ismerteti. Ezek szerint az



¹ Disc. of Faraday Soc. 1948. (4) 206. oldal.

c) Szubkloridos szublimációs eljárás

Az előbb vázolt rendszerekkel szemben folyékony fémalumíniumnak és alumíniumtriklorid gőzöknek kölcsönhatása következtében keletkező alumíniumszubklorid előállítására lényegesen kedvezőbb körülmények között megy végbe. Folyékony fémalumíniumnak és gázalakú AlCl₃-nak 1000–1200° C körüli hőmérsékleten 1 atm. nyomás mellett egymásra gyakorolt kölcsönhatása révén gázalakú szubklorid keletkezik, mely 550–760 C fokra lehűtve, szilárd, illetve folyékony alumíniumra és gázalakú alumíniumtrikloridra bomlik. A hűtőtérből a szilikoalumíniumot el lehet távolítani, a gázalakú AlCl₃-t pedig újabb alumínium oldására lehet felhasználni. A szublimációs folyamat közben lejátszódó reakciókat az alanti képletekkel érzékeltethetjük:

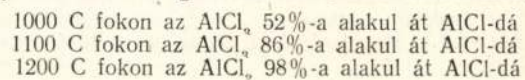


Bár a szubkloridos szublimáció a kisebb hőfokon lejátszódó reakció miatt a berendezések anyagával szemben kisebb igényeket támaszt és a gázalakú AlCl₃-nak a rendszerben való állandó körfolyamatban tartása a szilárd oxidoknál és fluoridoknál lényegesen egyszerűbb, az eljárás ipari mértékben való kivitelezése ma még nincsen kielégítő módon megoldva.

A szubkloridos szublimációs eljárás berendezéseinek kivitelezésére igen sok szabadalom ismeretes. A szublimációs kemence anyagául grafitbéléssel ellátott hőálló acélból készült egységet ajánlanak. Ismeretesek továbbá olyan javaslatok is, amelyeknél a kemencebélés szilíciumkarbidból vagy titánkarbidból készült.¹⁶ A szublimációs kemencében a szükséges hőt vagy külső tüzelés segítségével, vagy indukciós fűtéssel¹⁷ állítják elő.

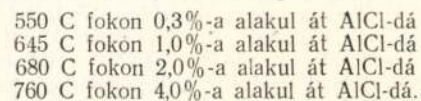
A szubkloridos eljárással kapcsolatosan meg kell még emlékeznünk a 261 162. számú svájci szabadalomban leírt eljárásról, amely szerint bauxit-, illetve

¹⁵ A szublimációs reakciók menetét P. Weiss: Zeitschrift für Erzberg- und Metallhüttenwesen 1950. 241. oldalon ismerteti. Ezek szerint 1 atm. nyomás mellett a folyékony alumínium és gázalakú AlCl₃ kölcsönhatásaként



1 kg alumínium szublimációjához 1,78 kWó szükséges.

További kísérletek bebizonyították, hogy illékony alumíniumszubklorid akkor is keletkezik, ha folyékony vagy szilárd fémalumínium alumíniumtriklorid és nátriumklorid (1 : 1 arányban) folyékony keverékével 550–760 C fokon reagál. Ebben az esetben a klorid-gőzöknek



A reakció lefolytatásához 1 kg szublimált alumíniumra számítva 680–760 C fokon 1,42 kWó, 550–645 C fokon 1,10 kWó szükséges.

¹⁶ Br. szabadalom 642.240.

¹⁷ Br. szabadalom 642.499.

egyéb alumíniumoxid-tartalmú anyag és szén keverékén keresztül 1300—1500 C fokon 20—30 mm Hg nyomás mellett áramló alumíniumtriklorid gőz az érc alumíniumoxid tartalmát fémalumíniummá redukálja. A redukált fémalumínium az $AlCl_3$ gőzökkel illékony alumíniumszubkloridot képez. Az $AlCl_3$ gőzök a rendszer hűtőjében fémalumíniummá és $AlCl_3$ -á bomlanak.

Ezzel az eljárással lehetővé válik, hogy kis alumíniumoxid-tartalmú ércekből, timföldgyártás megkerülésével, egy lépésben közvetlenül nagy tisztaságú fémalumíniumot lehessen előállítani. Ezidőszerint az eljárás ipari mértékben történő kikísérletezése füzemi keretek között külföldön folyamatban van.

d) Szublimációs eljárások összehasonlítása és méltatása.

Megvizsgálva a szublimációs eljárások rendelkezésre álló adatait, megállapíthatjuk, hogy ezek a munkamódszerek az alumíniumelőállítás és finomítás szempontjából a jövő fejlődési irányt jelentik. Miután a szublimáció kivitelezéséhez szükséges megfelelő kémiai és hőellenállású anyagok kérdése még nagyjából megoldatlan probléma, az eljárások ipari bevezetéséről és gazdaságosságáról végleges véleményt mondani ma még korai.

Az eddigi ismeretek szerint a szublimációs eljárások közül a legmegfelelőbbnek és a legkönnyebben kivitelezhetőnek a kloridos munkamódszer látszik. Kedvező körülmények között a szubklorid képződése ugyanis már 600° C körüli hőfokon megindulhat. Energiafogyasztás, valamint anyag igénybevétel szempontjából is a szubkloridos szublimáció lényegesen kedvezőbb, mint a szubfloridos vagy szuboxidos eljárás. A szublimációs munkamódszerekre vonatkozó végleges állásfoglalás viszont csak a ma még nyitott problémák nagyipari megoldása után lehetséges.

Egyesületi hírek

Október 1-én hirdették ki ünnepélyes keretek között az Országos Tervhivatal, az Országos Találmányi Hivatal, az Anyagtakarékossági Gazdasági Iroda és a Műszaki és Természettudományi Egyesületek Szövetsége kábepályázatának eredményét. A pályázat 5.000.— Ft-os, I. díját *Kóder Frigyes* kohómérnök tagtársunk „kettős sajtórendszer” című munkája nyerte. Javaslatának részletes ismertetésére visszatérünk.

Az első klubnap története, avagy mi lett a levelesládával?

Az alumínium szakosztály 1951. október 9-én tartotta első klubnapját. A szabad és kötetlen klubnapon megjelent kartársak feszte'len beszélgetése folyamán az „ALUMINIUM” című lap szerkesztésére és tartalmára tere'ldött a szó. A kialakult vita folyamán kitűnt, hogy a jelenlévő kartársak az „ALUMINIUM” című lapot egyöntetűen sajtójuknak tekintik a lap jelenlegi megjelenési formájával azonban nincsenek megelégedve. A beszélgetés folyamán két tábor alakult ki.

Az egyik tábor azon a véleményen volt, hogy az „ALUMINIUM” lapnak szorosan vett bauxit- és alumíniumiparban dolgozó kartársak továbbképzésével, üzemi problémáival, stb.-vel kell foglalkoznia.

A másik tábor azért kardoskodott, hogy az „ALUMINIUM” lap érdeklődési körének a könnyűfém technológiai eljárásokra, a felhasználási vonalakra, stb.-re is ki kell terjednie.

Mindkét tábor véleménye viszont megegyezett abban, — hogy a lap a jövőben bármelyik irányt is fogja követni, — a közölt cikkeknek rövideknek kell lenniök, gyakorlati példákat kell tartalmazniök és a könyv és folyóirat ismeretlenség kel' nagyobb súlyt helyezni, az ipar újításaival és kimagasló személyi híreivel is részletesen foglalkoznia kell.

Szöbakerült a „Leveles'áda” rovat elmaradása is, amelynek hiányát mindenki egyöntetűen sajnálta, viszont a multban senki sem támogatta.

A két tábor vitája ezáltal sem dőlt el végérvényesen. Az író és olvasó gárda feladata, hogy a lapnak a jövőben történő megfelelő hirannyal való ellátása révén a többség igényeit kielégítse.

Ezért felkérjük összes olvasóinkat, hogy saját érdeklődési területeiket érintő problémák beküldésével és kérdéseik felvetésével a lap szerkesztőségnek adjanak útmutatást.

Az összegyűlt anyag megfelelő osztályozása után a lap szerkesztőségének módjában fog állani a lapot olyan irányban szerkeszteni, amely az összes igényeket kielégítheti. A szerkesztőség az egyes területekre vonatkozólag fiatal kartársak személyében külön felelősöket fog állítani annak érdekében, hogy az üzemben dolgozó kartársaknak ezt a munkáját támogassák és megkönnyítsék.

A vitát végeredményben az a tábor fogja eldönteni, amelyik nagyobb aktivitással a lap vezetésében túlsúlyt tud magának biztosítani.

I. s.

Az alumínium viselkedése az Aggteleki Cseppkőbarlangban.

Az Aggteleki Cseppkőbarlang korróziós és agresszív levegője a barlangban lévő összes fémek rövid idő alatt megtámadja, a fémtárgyak pedig hasznavehetetlené válnak. Vasból készült korlátok és egyéb vasból készült felszerelési tárgyak, bármilyen rozsdavédelemmel is látták el, a gyors vaskarbonát képződés következtében csak rövid életűek.

Az Országos Tárcaközi Alumínium Bizottság megbízásából szakértő bizottság szállott ki a helyszínre annak megállapítására, hogy a barlang rendkívül agresszív levegőjével szemben az alumíniumból készült tárgyak miként viselkednek.

A bizottság megállapította, hogy az egyéb fémekkel szemben rendkívül agresszív és erősen páratartalmú barlanglevegő az alumíniumot nem támadja meg. 15 év óta beépített alumínium reflektorok annak ellenére, hogy egy részük a háborús behatások következtében erősen megrongálódtak és durva kezeléssel csak a helyszínen javították meg, kifogástalan állapotban vannak. Az alumíniumtárgyak felülete fémtiszta volt és a korróziónak még a nyomai nem észlelhetők.

Ugyanez vonatkozik a barlang agresszív vizében kísérték elhelyezett vízi járműre is.

Tekintettel arra, hogy az alumínium korróziós szempontból igen sok meglepetésben részesítheti, a bizottság által megállapított tények is azt igazolják, hogy az alumínium korróziós viselkedését nem annyira az előzetes elméleti megfontolások, hanem az üzemi kísérletek elvégzése döntheti el véglegesen.

D. A.

Könyvújdonságok ismertetése

Dr. Domony András „Alumíniumhulladékok feldolgozása”

A közelmultban jelent meg a Nehézipari Könyv- és Folyóiratkiadó Vállalat kiadásában dr. Domony Andrásnak „Alumíniumhulladékok feldolgozása” című könyve. A szerző a könyv megírásával hézgapótló munkát végzett, hiszen ezzel az egyik legidőszerűbb és magyar szempontból egyik legfontosabb probléma megvilágítására vállalkozott. A szerző az irodalomban található adatokat saját

tapasztalataival kiegészítve iparkodott jól áttekinthető rendszerbe foglalni és ez a rendszerezés teljes mértékben sikerült is neki.

A könyv bevezető részében ismerteti az alumínium-hulladékok keletkezésének körülményeit, ezeknek különleges tulajdonságait és csoportosítja őket. A továbbiakban a könnyűfémhulladékok minőségének meghatározására alkalmas egyszerű elemző eljárásokat írja le. Azután a könnyűfémhulladékok olvasztását, valamint az olvasztásra és öntésre használt kemencéket tárgyalja. Ezekután azokat a tisztító eljárásokat ismerteti, amelyeknek segítségével az alumíniumból hidrogént és olyan szennyező elemeket lehet elkülöníteni, amelyeknek a metalloidekhoz való vegyrokonsága nagyobb, mint az alumíniumé. Végül a fémeket feloldó olvasztásnak, a három réteges elektrolízisnek, a desztillációnak és a szublimációnak az alumíniumhulladékok feldolgozásánál való alkalmazhatóságát ismerteti. A könyvet 30 táblázat és 107 ábra teszi még értékesebbé.

Az eddigieket összefoglalva megállapítható, hogy dr. Domony András mind a gyakorlati, mind az elméleti szakemberek részére jól használható könyvet írt.

Kár, hogy a szerző az idegen szavak átírásánál nem mindig volt következetes. A latin eredetű szavakat általában fonetikusán írja, de pl. az első ábrán a „desztilláció“ felírást olvashatjuk és a könyvben a „szilumin“-t mindezt „silumin“-nak nevezi.

Reméljük, hogy a szerző a következő kiadásnál a könyvnek ezeket a fogyatékségeit kijavítja.

Dr. Horváth Zoltán s. k.
egyetemi docens.

„ÚJ MŰSZAKI KÖNYVEK A KÖZPONTI TECHNOLÓGIAI KÖNYVTÁRBAN“

Ötéves tervünk sikeres végrehajtásának egyik előfeltétele a műszaki kultúra emelése, ez pedig a szakirodalom, elsősorban az élenjáró szovjet szakirodalom ismerete nélkül nem lehetséges. A jövőben fenti címmel közölni fogjuk a KTK új beszerzéseit, hogy felhívjuk a figyelmet azok tanulmányozására. A könyvtár olvasótermei (József-körút 6. l.) szerda kivételével díjtalanul állnak rendelkezésre, hétköznap d. e. 10-től este 9-ig, vasárnap d. e. 9-től 1-ig.

A megadott címek előtti betű- és számjelzet alapján lehet a könyveket a könyvtárból kikérni.

- C 21961 BOGATOV, V. K.: Proizvodstvo poznadno — chozajvennich izdelij iz v voricsnich aljuminievich szplavov otlivkoj v Kokili. — M. 1948. Koiz. Másodrendű alumíniumötvözetekből kokillaöntéssel készült háztartási edények.
- C 21200 BROWN, Miram — KLEMIN, Alexander: Aluminium and its applications. N. Y. 1948. Pitman. XIII. 338 p.
- S 1601 EPSTEIN, A. M.: Elektroliznik aljumnievich zavodov. M. 1950. Metallurgizdat. 187 p.
Az alumínium elektrolitikus úton való előállítás.
- S 1768 MAZELJ, V. A.: Proizvodstvo glinszema. M. 1950. Metallurgizdat. 504 p.
Timföldgyártás.
- C 22405 PANSERI, Carlo: Manuale di fonderia d'alluminio. Milano, 1949. Hoepli. XV. 476 p.
- C 13995 PHYSICAL metallurgy of aluminium alloys. — Cleveland 1949. American Soc. for Metals. XI. 258 p.
- C 17555 ZEERLEDER, Alfred von.: Technology of light metals. N. Y. 1949. Elsevier. XIV. 366 p.
- S 693 AKSZENOV, N. P.: Oborudovanie litejnich cechov. I—II. M. 1949—1950. Masgiz. 2k.
I Öntődei berendezések.
I. Formázás, gépesítés és az öntvény tisztítása.
- B 4659 BEITTER, Fritz: Die Fehler im Gussblock und ihre Beziehungen zur Giesstemperatur und Giesgeschwindigkeit. Düsseldorf. 1949. Stahlisen. Verl. 586—600 p.
- C 22202 CADY, Edwin Laird: Precision investment castings. N. Y. Reinhold. VI. 356 p.

- B 5512 CZYZEWSKI, Nikolas: Confirmation of coefficient of heat transfer in a cupola and time required to heat and melt the metal. Varsavie-Cracovie. 1946. Polska Akademia Nauk Technicznych 49—62.
- S 1566 EMELJANENKO, P. T.: Teorija kossznoj i piligramovoj prokatki. M. 1949. Metallurgizdat. 491 p.
Ferde hengerművek és pilgersorok elmélete.
- C 22267 GLIKIN, N. E.: Kuznecsnoe delo. 2. izd. M. 1951. Trudrezervizdat. 126 P. Kovácsolás.
- C 21874 ORRO, P. I. OSZADA, Sa. E.: Proizvodstvo sztalnich tonkosztennich beszovnich trub. M. 1951. Metallurgizdat. 416. p. lt. Vékonyfalú, varrat nélküli csövek gyártása.
- C 19704 Pamjatka po technike bezopasznoszti dlja formovcsikov, sztrezsenscsikov, zemledelovij szusiljascsikov. M. 1950. Masgiz. 63. p. A formázó magkészítő szárítómunkás biztonsági szabálya.
- C 19663 POKLAD, I. I.: Technikoeconomiceszkiy analiz raboti litejnich cechov masinosztoiteljnih zavodov. M. 1950. Masgiz. 130 p. Gazdaságossági munka elemzése technikai gépgyárak öntő üzemeinél.
- C 19798 SZEROVATIN, A. I.: Metodika raszcseta osznovnogo i tranzportnogo oborudovaniya prokatnich cechov. M. 1950. Metallurgizdat. 85 p. Hengerüzemek alap- és szállítóberendezései számításának módjai.
- C 19701 SZISZIOEV, D. I.—BARRANNIKOV, A. A.: Litje v kokilj sztalnich vagonotocsnich kolecz. M. 1950. Ugletechizdat. 15 p. Acél vasúti kocsik kokilla öntése.
- C 19874 SZMELJAKOV, N. N.—KOSZARIKOV, N. F.: Iszpravlenie porokov otlivok. M. 1950. 213 p. Öntvényhibák kijavítása.
- C 19999 VASZILJEVSZKIJ, P. F.: Sztaljnje otlivki. Technologija formovki, zalivki i vibivki. M. 1950. Masgiz. 408 p. Acélöntvények. A formázás és öntés kiviteltechnikája.
- C 21675 CSERNASKIN, V. G.: Sztoiteljnje nizkolegировannie sztalni oteceszstvennogo proizvodstva. M. 1950. Masztrójizdat. 95 p.
Gyengét ötvözött szerkezeti acélok.
- C 21256 CHAIMERS, Bruce: Progress in metal physics. I. London. 1949. Butterworth. VIII. 491 p.
- B 5337 Fiziko-chimiceszkie osznovi proizvodstva Stali. M. 1951. Izd. Akad. Nauk. 566 p.
Az acélgyártás fizikai és kémiai alapjai.
- C 19400 Grain control in industrial metallurgy. Cleveland 1949. American Soc. for Metals. 279 p.
- C 22314 HAZANOVICS, M. P.: Vnutrizavodszkiy tranzport zavodov csernoj metallurgii. M. 1951. Metallurgizdat. 243 p. 2 t.
Belső anyagmozgatás a vaskohászatban.
- C 21664 KORNILOV, L. I.: Zseleznie szplavi. Tom II. Tverdie rasztrovi zseleza. M. 1951. Izd. Akad. Nauk. 221 p.
Vasötvözetek. Kemény ötvözetek.
- B 5335 LUKASKIN, N. I.: Sztoiteljsztvo dommenich cechov. M. 1950. Sztrójizdat. 495 p. 3 t.
Kohóművek építése.
- C 18532 MASING, G.: Ternäre Systeme. Elementäre Einführung in die Theorie der Dreistoff-legierungen. 2. Aufl. Leipzig 1949. Akad. Verl. Geest et Portig. VIII. 186 p.
- C 22359 MICHAJLENKO, A. Ja.: Toplivo metalliceszkie pecci. 2. izd. M. 1949. Metallurgizdat 403 p. 2 t.
Tüzelőanyagok és kohászati kemencék.
- S 278 PAVLOV, M. A.: Metallurgija csuguna. 2. Csaszty. 6. izd. M. 1949. Metallurgizdat. 628 p.
Vaskohászat.
- C 22194 STONT, E. L.: Agglomeration of phosphate fines for furnaces use. Wilson Dam. 1950. U. S. Gov. Prnit. off. VIII. 124 p.
- S 1670 SZTRELEC, Ch. L.: — TAJC, A. Lu. — GULJAMICKIJ, N. Sz.: Metallurgija magnija. M. 1950. Metallurgizdat. 491 p.
A magnézium kohászata.

- C 16730 VOGEL, Fr.: Neuere Wege in der Metallurgie der Lager- und Weissmetalle. 2. Aufl. Malle. 1949. W. Knapp. 146 p.
- S 1270 VOLJE, V. F.: Oborudovannje deja razdelki loma. M. 1950. Metallurgizdat. 1950. 254 p
Szerkezetek a fémhulladékok szétadarolására.
- C 21099 Waste-heat recovery from industrial furnaces. A treatise based upon a series of papers presented to the Institute of fuel. London, 1948. Chapman et Hall. 383 p.

MAGYAR TECHNIKA

1951, 9. szám tartalma:

Gerő Ernő: A Vasipari Kutató Intézet megnyitásához. Térkép az Ötéves Tervkiállítás anyagából.

A BERUHAZAS-TERVEZÉS PROBLÉMÁI:

Telegdi Sándor: Az ipari üzemek elhelyezésének kérdései.

Gerle György: A kiindulási adatok meghatározása a tervezési munka alapja.

A beruházásokra vonatkozó magyar nyelvű szakirodalom.

A TECHNOLOGIAI TERVEZÉS KÉRDÉSEI:

Vándor Imre: Nehézipari gépgyárak technológiai tervezése.

Lévai András: Az erőműtervezés műszaki feladatai az öt-éves tervben.

Gallai Gyula: Tervezzük a legfejlettebb technológiai eljárásokat a szovjet szakirodalom széleskörű felhasználásával.

Szemelvények a szovjet gyártervezési szakirodalomból.

A GYÁRTERVEZÉS ÉS FELSZERELÉS PROBLÉMÁI:

Száva István—Malecz Erika: Ipari építészetünk történetéhez.

Egyed Zoltán: A modulrendszer jelentősége az ipari épületek tervezésénél.

Harsányi Szabolcs: Nagy beruházások mélyépítési kérdései.

Dr. Pallós Lajos: Ipari üzemek hőenergiaellátása.

Faragó György Sándor: Gyártelepek villamosberendezéseinek tervezése.

Faragó György Sándor: Gyártelepek világításának tervezése.

TECHNIKAI SZEMLE:

A Magyar Technika munkájáról.

Hankó Mátyás: Épül a Dunai Vasmű.

Gábor István: Beruházó, termelő és kivitelező vállalatok együttműködése.

KRITIKA ÉS KÖNYVISMERTETÉS:

Új műszaki könyvek.

Frank László: V. M. Sesztópál „A szerszámgépgyártás ötvényei” c. könyvének ismertetése.

MŰSZAKI OKTATÁS:

Ferenczi György: A Mérnök-továbbképző Intézet munkájáról.

MTESZ egyesületi lapok augusztusi tartalmából. Borító.

AZ AKADÉMIA ÜNNEPI HETÉBEN

A MŰSZAKI ÉS TERMÉSZETTUDOMÁNYI EGYESÜLETEK SZÖVETSÉGE

MŰSZAKI KÖNYVKIÁLLÍTÁST

RENDEZ

DECEMBER 9-TŐL DECEMBER 22-IG

V., SZALAY-UTCA 4.

A SZOVJET KÖNYVTÁR HELYISÉGEIBEN

NYITVA: 11—21 ÓRÁIG

ALUMINIUM

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

Szerkesztőség: V., Szalay-utca 4. Telefon: 129—699.

Budapesti Szikra Nyomda, V., Honvéd-u. 10. — Felelős vezető: Radnóti Károly.

ALUMINIUM

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

III. évfolyam

12. szám

A timföldgyártás melléktermékeinek feldolgozása*

DUNAY SÁNDOR okl. vegyészmérnök

Александр Дчнай:

Переработка промежуточных продуктов фабрикаци глинозема.

A bauxit ásványt felépítő anyagok közül természetesen az Al_2O_3 a legjelentékenyebb, ezt teszi ki az érc 50–60%-át, azután mennyiségileg a Fe_2O_3 következik, majd a SiO_2 és TiO_2 . A hidrátvíz mennyisége elég tág határok között változik annak megfelelően, hogy a bauxit Al_2O_3 tartalma hidrargillit vagy gibbsit (aluminium trihidrát), diaszpor és böhmít (aluminium monohidrát), végül sporogelit vagy alumogél (víztartalmú amorf aluminiumhidrát) alakjában, vagy ezek kombinációjában jelentkezik.

Ezeket a főanyagokon kívül a bauxit még egy sereg olyan egyéb vegyületet is tartalmaz, melyek szennyezés jellegűek. Ilyen anyagokból az elemzési módszerek tökéletesedésével egyre több válik ismeretessé.

A bauxit feldolgozásának technológiája szempontjából fontos még a bányanedvesség, illetve tároít bauxitnál a tapadó nedvesség — ennek értéke általában 22–5% között mozog — azonban ezt a nedvességtartalmat jelenleg figyelmen kívül hagyjuk, mivel az analíziseket úgyis kiszárított bauxitokra vonatkoztatjuk, azonkívül a Bayer eljárás során csak előzetes pörkölt bauxitok kerülnek feldolgozásra.

Gánti bauxitunk elemzése a következő adatokat szolgáltatottak. (1):

Al_2O_3	55—	57%
SiO_2	3	4%
TiO_2	2—	3%
Fe_2O_3	17—	20%
CaO	0,2—	0,3%
MgO	0,05—	0,15%
MnO ₂	0,3—	0,8%
Cr ₂ O ₃	0,03—	0,08%
V ₂ O ₅	0,04—	0,1%
P ₂ O ₅	0,3—	0,5%
ZrO ₂	0,05—	0,09%
BeO	0,005—	0,012%
ZnO	0,004—	0,007%
NiO		0,001%
As ₂ O ₃		0,002%
SO ₃	0,01—	0,02%
S	0,00—	0,01%
CO ₂	0,1—	0,2%
C	0,2—	0,5%
H ₂ O (izz. veszt)	14—	19%

Bauxitjaink F tartalma általában 0,1% körül mozog.

A bauxit ásványt alkotó vegyületek a Bayer-eljárás szempontjából három csoportba oszthatók.

Első csoportot képezik azok az anyagok, melyeknek nátrium sója lúgban oldható.

Második csoportba sorolhatók a lúgban oldhatatlan anyagok.

A harmadik csoport anyagai feltáráskor oldódnak ugyan, de keletkezésük pillanatában, vagy azt követően, végül esetleg a feltárást követő zagy-hígításkor oldhatatlan vegyületekké alakulnak.

Elméletileg a három csoport anyagai közül a lúgoldhatóak az alumínát lúgba kerülnek, a lúgoldhatatlanok pedig a vörösiszapba. Az elkülönülés gyakorlatilag természetesen nem tökéletes, mivel maga a feltárás a körülményeknek megfelelő egyensúlyi állapotokat eredményez, vagyis más szóval az alumínát lúgba kerülő anyagok szennyezésként a vörösiszapban is megtalálhatók és viszont. Eles határt már csak azért sem lehet vonni, mert a feltárási körülményeken kívül (lúgtöménység, mol. viszony, hőfok, nyomás, feltárási idő, stb.) a bauxit alkatrészeinek megjelenési alakja (pl. az Al_2O_3 -nál: hidrargillit, böhmít, diaszpor), valamint a feltárást megelőző pörkölés (pl. a bauxit pörkölési hőfoka, oxidáló vagy redukáló pörkölés, kéntartalmú fűtőanyag használata, stb.) szintén befolyással bír arra, hogy milyen anyagok és milyen mértékben oldódnak a lúgban, illetve kerülnek a vörösiszapba.

Mennyiség szempontjából legjelentékenyebb melléktermék a vörösiszap. Elkülönítése Dorr-ülepítőekben, esetleg Kelly-szűrőkön történik megfelelő kimosás után. Szilárd anyag tartalma annyi, vagy több, mint a termelt timföld. A Kelly-szűrőkön elválasztott vörösiszap nedvességtartalma kb. 50%. A vörösiszapból az alumínát lúgot tökéletesen kimosni nem lehet, mert az elektrolit elfávilítása esetén szűrhetetlen, illetve nem ülepíthető koloiddá válik. Ezért a vörösiszap, ha csekély mennyiségben is, de mindig tartalmazza az alumínát lúg alkatrészeit.

A vörösiszap összetétele bauxitonként és gyáronként változik. Átlagos összetételként az alábbiakat vehetjük:

SiO_2	6—	9—
TiO_2	3—	7%
FeO	40—	55%
Al_2O_3	16—	22%
CaO		1%
MgO		0,5%
Összes Na_2O	7—	10
Izz. veszt.	6—	8%
Egyéb	1—	2%

* Elhangzott az 1951. évi Vegyészkongresszuson.

A vörösiszapot lényegében a lúgban nem oldódó, illetőleg fel nem tárt bauxit alkatrészek és a feltárás-kor keletkezett, lúgban oldhatatlan vegyületek alkotják. Ha a Bayer-eljárás legérzékenyebb pontját, a lúgvesztéséget vizsgáljuk, akkor a feltárás-kor keletkezett, lúgban oldhatatlan nátriumvegyületeket kell részletesen megtárgyalnunk.

Irodalmi adatok szerint feltárás, illetve az azt követő hígítás, valamint ülepítés alkalmával két olyan vegyület keletkezik, mely nátron-vesztéséget okoz. Egyik a nátrólit: nátriumaluminiumhidroszilikát, másik a nátriummetatitanát.

A nátrólit keletkezése a bauxit SiO_2 tartalmával van összefüggésben és mind nátriumoxid, mind pedig alumíniumoxid veszteséget okoz. Bjelajev szerint (2) minden százalék SiO_2 , feldolgozott bauxit-tonnánként, 6,5 kg NaOH-t és 8,5 kg Al_2O_3 -at juttat a vörösiszapba. Edwards és munkatársai (3) ennél magasabb számokat: NaOH-nál 7,7–9,2 kg, Al_2O_3 -nál 10–12 kg közölnek.

Ezeknek a számoknak érzékeltetésére vegyünk évi 100.000 to timföldgyártást alapul, melyhez kerekén 250.000 to bauxitot kell feldolgozni. Ha a felhasznált bauxit SiO_2 -tartalma átlagosan 3%, akkor Bjelajev adatai szerint évenként kb. 6300 to Al_2O_3 és kb. 3000 to NaOH kerül ezen az úton a vörösiszapba. Edwards adatainak középértékével számolva 8200 to Al_2O_3 és 6300 to NaOH veszteséget állapíthatunk meg.

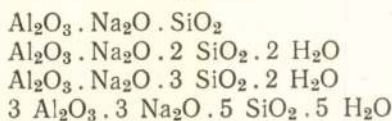
A nátrólit összetételére vonatkozólag a megállapítások eltérőek, aminek valószínű oka, hogy különböző bauxitokból különféle technológiai eljárások mellett nem azonos összetételű nátrólit keletkezik.

Azonos feltárási technológia mellett ugyanabból a bauxitból előállított alumínát lúg SiO_2 tartalma gyakorlatilag állandó.

Az oldott kovasav viselkedését alumínát lúgban M. G. Leiteisen szovjet kutató vizsgálta (4). Megállapításai szerint minden nátriumaluminát koncentrációhoz egy oldott SiO_2 koncentráció tartozik. Ha az oldott SiO_2 mennyiségét emelte, nátrólit vált ki mindaddig, míg az alumínát–kovasav viszony egyensúlyba nem került. Az egyensúlyi állandó értékét 70°C hőmérsékleten, ha a koncentrációkat g/lit-ben mérte, 2000–2100-nak találta. Ha a szabad Na_2O tartalom az alumínát oldatban magas volt, az egyensúlyi állandó értéke ettől eltérést mutatott, mert az SiO_2 oldhatósága nagyon megnövekedett.

Kísérletei során azt is tapasztalta, hogy a hőmérsékletnek az oldatban maradt SiO_2 mennyiségére befolyása nem volt, csupán a nátrólit képződési sebességére.

A nátrólit összetételére általában a következő képletek vannak forgalomban:



Bármelyik képletet is fogadjuk el, a bauxit kovasavtartalmának a Bayer-eljárást gazdaságilag veszélyeztető hatását világosan megállapíthatjuk.

A bauxit másik nátron-fogyasztó alkatrésze a TiO_2 , mely anatóz formájában van jelen (5). A TiO_2

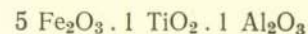
lúgos feltárás-kor nátriummetatitanáttá (Na_2TiO_3) alakul át s ebből a feltárást követő hígítás-kor — kísérleteink szerint — $2 \text{Na}_2\text{O} \cdot 5 \text{TiO}_2 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$ összetételű vegyület keletkezik.

Bjelajev szerint (2) a TiO_2 a vörösiszapba $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2 \text{TiO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ alakjában jut. Szerinte minden % TiO_2 tartalom bauxit tonnánként 5,04 kg NaOH veszteséget okoz.

2,5% átlagos TiO_2 tartalmú bauxitnál 100 000 t timföld gyártása esetén az ily módon kieső NaOH mennyisége 3150 t, mely szintén a vörösiszapba kerül.

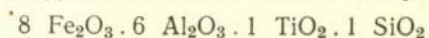
Ugyancsak Bjelajev tesz említést arról, hogy a bauxitban levő pirit szintén lúgfogyasztó, mert Na_2SO_4 keletkezik.

Vörösiszap vizsgálatainak során sikerült a vörösiszapból egy új vegyületet is elkülönítenünk. Egyik timföldgyárunk vörösiszapjának 0,2 mm lyukbőségű szitán való szűrésével az iszapból a szárazanyag-tartalom kb. 5%-ának megfelelő mennyiségű homokos anyagot tudtunk elkülöníteni annak ellenére, hogy a bauxitot feltárás előtt lisztfinomságúra őrlték. Az elkülönített részt vízzel jól kimostuk és 105°C hőmérsékleten megszáritottuk. Szemmel megállapítottuk, hogy az anyag főtömege vörösszínű dara, melyhez timföldhidrát pikkelyek vannak keveredve. A két anyag elválasztásának érdekében $450\text{--}500^\circ\text{C}$ hőmérsékleten viágítógáz légkörben végrehajtott redukcióval a vasas részt mágnesezhetővé tettük, mely tulajdonságát a $400\text{--}450^\circ\text{C}$ hőmérsékleten történt reoxidáció után is megtartotta. A mágnessel elkülönített rész elemzése a következő összetételt adta:



Az idők folyamán ebből a gyárból több mintát is vizsgáltunk, és a homokos résznek, melyet Dorr-homoknak nevezünk, azonos összetételét állapítottuk meg.

Másik timföldgyárunk vörösiszapjából hasonló módon elkülönített Dorr-homok szerkezeti képletét az elemzés alapján a következő alakban írhatjuk:



Megjegyezzük, hogy a két gyárnál a felhasználásra kerülő bauxit máshonnan ered, azonkívül a feltárási körülmények is mások.

A Dorr-homok keletkezésének vizsgálatát tovább folytatjuk. Eddigi kísérleteink alapján máris arra a következtetésre jutottunk, hogy a Dorr-homok szintén a feltárás-kor keletkező új vegyületek közé sorolható. Feltűnő, hogy a Dorr-homokban, csekély mennyiségű szennyezéstől eltekintve, Na_2O -t nem találunk, mely körülmény kétséges teszi azt a megállapítást, hogy a bauxit TiO_2 tartalma Na_2TiO_3 , illetve NaHTiO_3 vagy mások szerint a feltárt zagy hígításakor $2 \text{Na}_2\text{O} \cdot 5 \text{TiO}_2 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$ alakjában jut a vörösiszapba, azonkívül ezek szerint a bauxit TiO_2 tartalmának nátron-fogyasztása is csak részben áll fenn.

A most elmondottak alapján a vörösiszap összetételét nem az elemzési adatok, hanem az iszapot felépítő anyagok szerint az alábbiakban jellemezhetjük:

A vörösiszap tartalmazza a bauxitnak lúgban fel nem tárt anyagait, ideértve a feltáratlanul maradt Al_2O_3 -at is, azonkívül a feltárás alkalmával keletkezett nátrólitot, nátriumhidrometatitanáitot és a Dorr-

homokot alkotó vegyületeket, végül, jó gyártási menetet feltételezve, csekély mennyiségű alumínát lúgot szennyezéseivel együtt.

Ha a vörösiszapban lévő anyagokat értékük szempontjából vizsgáljuk, megállapíthatjuk, hogy annak TiO_2 , Al_2O_3 , Na_2O tartalma igen jelentékeny összegeket képvisel, emellett a vörösiszappól kinyerhető jó minőségű nyersvas sem elhanyagolható, különösképpen vasércben szűkölködő államokban. Végül a vörösiszap króm, vanádium és ritkafém tartalma gazdaságos kinyerési eljárások esetében szintén értéket képvisel.

Az értékek számszerű adatainak behelyettesítésével azt a meglepő adatot kapjuk, hogy a vörösiszapban lévő anyagok értéke megközelíti, esetleg túlhaladja a hozzátartozó timföld mennyiség értékét. Ez a megállapítás a Bayer-eljárásnál gazdaságosan feldolgozható bauxitokra érvényes, rossz moduluszú bauxitoknál az arány a vörösiszapok javára eltolódik.

A vörösiszappal hányóra került anyagértékek megmentésére számos próbálkozás történt.

Az Országos Magyar Bányászati és Kohászati Egyesület 1949. december 9—11-én tartott Kongresszusán dr. Lányi Béla részletesen beszámolt a vörösiszap hasznosítására javasolt eljárásokról (6) s ugyancsak széleskörű ismertetést olvashatunk F. Vogel „Titan” című könyvében is (7).

Ha a vörösiszapot alkotó vegyületek értékét vizsgáljuk, első helyre kerül a TiO_2 , utána következik az Al_2O_3 , majd a Na_2O , végül az Fe_2O_3 .

Az értékek szemléltetése érdekében a TiO_2 értékét vegyük 100-nak, akkor az Al_2O_3 35, a Na_2O 23, a Fe_2O_3 -ból előállítható fémvas pedig egészen alacsony nagyságrendet mutat.

Érthető ebből, hogy a kutatások iránya főként a titánvegyületek kinyerése volt. Így jelentkeztek pl. olyan eljárások, melyek a vörösiszapot közvetlenül káliumhidrogénszulfáttal tájrák fel és a kapott oldatból a titán metatitánsav alakjában hidrolízissel választják le. Nem kétséges, hogy ilyen megoldások a vörösiszap aránylag alacsony TiO_2 tartalma miatt gazdaságosak nem lehetnek.

A vörösiszap feldolgozásának helyes irányát F. Vogel idézett könyvében igen világosan megadja.

Feljegyzései szerint a vörösiszap feldolgozásának első fázisát magában a timföldgyárban kell végrehajtani. A timföldgyárak szempontjából azonban egy vörösiszap feldolgozási eljárás csak akkor bír érdekességgel, ha az iszapban volt Na_2O -t NaOH és az Al_2O_3 -at nátriumaluminát alakjában nyeri ki, mivel ezek az anyagok ilyen formában minden további nélkül bevezethetők a gyártási körforgalomba.

A vasgyártás és titánfehér előállítás szempontjából nézve szintén fontos a vörösiszap nátriumoxid, de főként alumíniumoxid tartalmának csökkentése, mert az alumíniumoxidban szegényített vörösiszap kohósítása kevés salakképző anyag hozzáadása mellett lehetséges, ilymódon a képződött salak titán-dioxidban dúsul, így a gazdaságos titánoxid gyártás alapfeltétele megvalósul.

A vörösiszap feldolgozásával kapcsolatos számos irodalmi adat még nem sorolható a gazdaságosan megoldott technikai eljárások közé.

A javasolt eljárások nagy részénél túlzás volna a vörösiszap feldolgozásáról beszélnünk, mivel csak a vörösiszap egyes alkatrészeit termelik ki és általában olyan körülmények között, melyek a többi alkatrész gazdaságos kinyerését megghiúsítják.

Tökéletes vörösiszap feldolgozási eljárásnak azt kell tekintenünk, melynél a Na_2O és Al_2O_3 tartalom teljesen, vagy nagy részben nátriumhidroxid, illetve nátriumaluminát alakjában, tehát a timföldgyárban közvetlenül hasznosítható vegyületeként kerül oldatba anélkül, hogy a vörösiszaphoz a feldolgozás során olyan idegen anyagot adnánk, mely annak összetételét a többi anyag kinyerése szempontjából károsan megváltoztatná.

A két alkatrész zömének eltávolításával a vörösiszap vasoxid és titánoxid tartalma százalékosan erősen emelkedik olyannyira, hogy ezt a másodlagos vörösiszapot titán tartalmú vasércnek tekinthetjük, melyből a vasat kohósítással vagy nedves úton eltávolítva magas TiO_2 tartalmú salakhoz, illetve maradékhoz jutunk, ennek TiO_2 -re történő feldolgozása gazdaságosan megoldható.

Anélkül, hogy teljességre törekednénk, vizsgáljuk meg a vörösiszap feldolgozására javasolt eljárások néhány típusát.

A vörösiszapban lévő Na_2O nagy részének (50—60%-ának) kitermelésére használatosak a H. C. Peffer szabadalmán (8) alapuló eljárások, melyek a vörösiszap Na_2O -ját CaO -val cserélik ki. A kívánt ioncserélődést nyomás alatt vagy közönséges légköri nyomáson mésztejjel való főzéssel érik el, eredményképpen NaOH oldatot kapnak.

Egyik timföldgyárunkban már évek óta használják ezt a módszert NaOH visszanyerésére.

Az eljárás hátránya, hogy a vörösiszap Al_2O_3 tartalma elvész, valamint az, hogy a kezelt, úgynevezett „meszezett” vörösiszap CaO tartalma kb. 20%-ra emelkedvén vas kohósításra bizonyos módszer szerint felhasználható ugyan, de TiO_2 tartalma a salakból gazdaságosan már nem termelhető ki a nagy higítás miatt.

Az eljárás előnye, hogy olcsó anyag (égetett mész) felhasználásával értékes nátriumhidroxidot termel. Előnye továbbá, hogy a hosszabb idő óta hányón lévő, „előregedett” vörösiszap is jó határfokkal dolgozható fel, míg másfajta vegyi feldolgozások az előregedett vörösiszapoknál nehézségekkel járnak. Nem hagyható figyelmen kívül a meszezési eljárásnak az az előnye sem, hogy aránylag könnyen beilleszthető a Bayer-eljárás gyártási folyamatába.

Hazai viszonylatban a vörösiszap meszezésének kiterjedt bevezetése várható mindaddig, míg újabb, korszerű eljárásaink gyakorlati megvalósítására sor nem kerül. Kohászainknak mindenesetre még hosszú ideig csak meszezett vörösiszagra lehet számítaniok.

A Na_2O és Al_2O_3 együttes visszanyerését célozzák azok az eljárások, melyeknél a vörösiszapot vízmentes szódával összekeverve zsugorítják vagy megömlesztik. A termék kilúgozásával az Al_2O_3 tartalomnak kb. 75%-át kapják meg NaAlO_2 alakjában (9). Ennél a feldolgozási eljárásnál az alumíniumoxiddal egyidejűleg sok kovávas is oldatba kerül, melyet utólag kell eltávolítani. A kapott másodlagos vörösiszap erősen hasonlít a pirogén eljárásnál kapott vörös-

iszaphoz, tehát kénhidrogént meg tud kötni, vagyis gáztisztító masszaként használható. Egyébként magas vasoxid tartalma miatt jó kohászati nyersanyag, vasra való kohósításakor keletkező salakjából a TiO_2 kinyerhető.

Az alumínát lúgok kovasavtalanításának kérdésével a kutatók egész sora foglalkozott.

Müller—Jakovkin—Penjakov (10) eljárásukban az alumínát lúgot autoklávban szabadítják meg SiO_2 tartalmától.

G. W. Labutin, S. G. Kol'tipin (11) ugyancsak autoklávban végzik az alumínát lúg kovasavtalanítását, még pedig $150-155^\circ$ -on és $3,5-3,7$ atü nyomáson.

Bjeljajev szerint (12) az alumínát lúg kovasavtalanítása elérhető az alumínát lúg tartós hevítésével, amikor Na_2SiO_3 és $NaAlO_2$ -ből $Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$ (nátrolit) lesz. A kristályok megnövekednek, lecsapódnak, kiszűrhetők. A folyamatot gyorsítja szilárd nátrolit (vörösizsap) hozzáadása.

Az alumínát lúg kovasav tartalmának eltávolítása Bjeljajev (12) szerint mésztejjel való főzéssel is megoldható kis koncentrációjú oldatokban. $CaO \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2 \cdot 2 H_2O$ keletkezik.

M. M. Loboda (13) az alumínát oldathoz meszet ad, autoklávban $150^\circ C$ -on kovasavtalanít.

A. P. Snoiko (14) alacsony nyomáson $95-101^\circ C$ -on mészsókkal, mint CaO , $CaCO_3$ és $Ca-Al$ -salakokkal kezeli az alumínát lúgot a kovasav kicsapódásának érdekében.

Znoikov (15) szabadalma szerint a Na_2CO_3 és CaO keverékével összeolvasztott bauxit (vörösizsap) oivadékát $60-75^\circ$ -on lúgozzák ki és a szüredéket CaO -val tisztítják meg a kovasavtól.

A szóda—mész keverékével történő zsugorítás vagy olvasztás gondolata már régi és abból indul ki, hogy az Al_2O_3 tartalom, mint $NaAlO_2$ oldható állapotba kerül, viszont a SiO_2 a jelenlévő CaO -val oldhatatlan $CaSiO_3$ alakjában a vörösizsapban visszamarad (16).

Ezen az alapon dolgozik az Alcoa eljárása, melyet R. W. Brown talált fel (17). A vörösizsap feldolgozása e szerint a módszer szerint üzemszerűen folyik. Cél az Al_2O_3 és Na_2O kitermelése. A keletkező másodlagos vörösizsap értéktelen, vasoxid és titánoxid tartalma igen alacsony.

A vörösizsap mint titánforrás tekintetbejöhethet annak ellenére, hogy TiO_2 tartalma csupán néhány százalék, mivel a TiO_2 könnyen feltárható alakban van jelen.

A TiO_2 kinyerésére javasolt eljárások 5 csoportba oszthatók.

1. A vörösizsapot feloldják és a sókat különféle alakban kitermelve a csökkentett sótartalmú vég-lúgból hidrolizissal metatitánsavat állítanak elő (18). A vörösizsap oldását úgy is vezethetik, hogy a vas- és titánvegyületek visszamaradnak (19).

2. A vörösizsapot redukálják és a keletkezett szivacsos vasat híg savakkal vagy ferrikloriddal kioldják, ezáltal titánban dús anyag marad vissza, melyet titánra feldolgoznak (20).

3. A vörösizsapot vasra kohósítják és a titánban dúsult salakot titán-dioxidra feldolgozzák (21).

4. A kellően előkészített vörösizsapot (pl. szulfidizálás) redukáló körülmények között klórozzák, miáltal $TiCl_4$ alakjában kiemelik a titánt (22).

5. Kéndioxidos kezeléssel a vas főtömegét kioldják, ezáltal a maradék TiO_2 tartalma dúsul (23).

Ezek a javaslatok a 4. kivételével tulajdonképpen a TiO_2 tartalom dúsítását célozzák, a dúsítmány feldolgozása TiO_2 -re általában kénsavas feltárással történhet.

A Fémipari Kutató Intézet programjában termékszetszerűen szintén szerepelt a vörösizsap feldolgozása, melynek sikeres megoldása egyrészt a timföld önköltségi árát csökkentené, másrészt népgazdaságunkat olyan anyagokhoz juttatná, melyeket eddig behozatallal kellett biztosítani.

Tisztán állt előttünk, hogy a vörösizsap feldolgozását az alkotó vegyületek fokozatos kiemelésével célszerű megoldani anélkül, hogy az izsapot hígító egyéb vegyületeket vennénk segítségül.

Kutatásaink eredményeit röviden az alábbiakban ismertethetjük.

A vörösizsapban lévő nátrolitot termikus kezeléssel megbontva timföldgyári híg lúggal a Na_2O és Al_2O_3 tartalom $50-60\%$ -át kioldjuk. Bizonyos feltételek betartása esetén csak elhanyagolható mennyiségű SiO_2 kerül oldatba, vagyis az extraháló lúg minden további nélkül visszavezethető a Bayer-eljárás körfolyamatába.

Ha kimosatlan, tehát szabad lúg tartalmú vörösizsapot dolgozunk fel, a termikus bontás hőfoka jelentősen alacsonyabb. Ez esetben a SiO_2 egy része az extraháló lúgban oldott állapotban marad, tehát eltávolításáról gondoskodni kell. Erre módot nyújtanak az előzőekben ismertetett kovasavtalanítási eljárások (10, 11, 12, 13, 14, 15).

Módszerünkkel — különösen friss izsapok feldolgozásánál — olyan másodlagos vörösizsapokhoz jutottunk, melyeknek Fe_2O_3 -ban kifejezett vastartalma $65-70\%$, TiO_2 tartalma pedig 10% körüli értékre emelkedett.

Ha másodlagos vörösizsapunkat, mely már titán tartalmú vasércnek tekinthető, vasra kohósítjuk, jó minőségű fémvas mellett $20-22\%$ TiO_2 tartalmú salakot kapunk. Salakképző anyagok használatakor salakunkban $14-16\%$ TiO_2 tartalmat állapítottunk meg.

Titándús salakunk további feldolgozása kénsavas feltárással történik s a kapott oldatból a metatitánsav, illetve végeredményben a TiO_2 jó kitermeléssel előállítható.

Eljárásunk középüzemi méretekre való átvitele folyamatban van. Amíg laboratóriumi eredményeink üzemi igazolása meg nem történik és a szerzett tapasztalatok figyelembevételével a dúsított vörösizsap gyártása nagyüzemileg meg nem indul, addig kohászaink csakis a meszezett vörösizsaphoz számíthatnak.

Vörösizsaphól gáztisztító massa

Ismeretes, hogy a Le Chatelier—Löwig-féle pirogén bauxitfeltárási eljárás során keletkező vörösizsap gáztisztító masszaként jól felhasználható. Ennek oka az, hogy a pirogén eljárásnál nátriumferrit keletke-

zik, mely az olvadék vizes kilúgozásánál NaOH és $\text{Fe}(\text{OH})_3$ -ra bomlik. A vashidroxid kénhidrogén megkötő képessége már régen ismeretes.

A Bayer-eljárásnál a vasnak csak lényegtelen mennyisége alakul át ferritté, a vasoxid zöme lényegileg változatlan marad, ezért a Bayer-eljárás vörösiszapja csak igen alacsony gázmegkötő képességet mutat a kénhidrogénnal szemben.

A Fémipari Kutató Intézet a vörösiszapnak ilyen irányú hasznosításával is foglalkozott.

Irodalmi adatok szerint szódával kevert vörösiszap zsugorítási hőkezelést követő vizes extrakció után már bizonyos kénhidrogén megkötő képességet mutatott. Ez érthető is, mert, bár nem teljes mértékben, pirogén feltárás következett be.

Azt találtuk, hogy aktiváló anyagok jelenlétében végrehajtott szódás zsugorítással olyan terméket kapunk, melyből az Al_2O_3 tartalomnak kb. 70–80%-át vizes kilúgozással kinyerhetjük és a visszamaradó anyag igen jó gáztisztító képességgel rendelkezik. Laboratóriumi mintáknál az anyag súlyának 70%-át is kitevő kénmegkötő eredményeket is elértünk.

A kilúgozó oldatból szénsavas leválasztással sok célra megfelelő tisztaságú $\text{Al}(\text{OH})_3$ -at kapunk, melynek kiszűrése után a szüredék bepárlása révén kristályszódát nyerünk, még pedig a vörösiszaphoz kioldott Na_2O tartalomnak megfelelően többet, mint amennyit a zsugorítási művelet előtt a vörösiszaphoz kevertünk.

Laboratóriumi eljárásunk üzemi megvalósítás alatt van.

Vörösiszaphoz oxidáló katalizátor

A gáztisztító massa előállítására irányuló kísérleteink közben azt találtuk, hogy a redukáló légkörben kezdődő vörös izzáson hőkezelt vörösiszap erőteljes oxidáló katalizátor tulajdonságait mutatja. A katalizátor felhasználási területe még tanulmányozás alatt van.

Ritkafém-vegyületek vörösiszaphoz

Irodalmi adatok (18, 19, 24) ráirányították a figyelmünket a vörösiszapok ritka-fém tartalmára.

Kísérleteink során sikerült a vörösiszaphoz ritka-fém vegyületeket, főként cérium vegyületeket elkülöníteni, melyek gázizzó harisnyák impregnálásához megfelelő alapanyagként bizonyultak.

Ezzel beszámoltam a legjelentékenyebb timföldgyári melléktermék hasznosítási problémáiról, azok megoldásának jelenlegi helyzetéről és most rátérek azoknak a melléktermékeknek feldolgozására, melyek a Bayer-eljárásnál az alumínát lúgból válnak ki.

A kikeverés után besűrítésre került lúgból, különösen hűtéssel, sókeverék válik ki, melyet vanádium iszapnak, foszfát iszapnak, szulfát iszapnak, lúgsónak neveznek.

A vanádiumiszap átlagosan 40–50% 140° C-on eltávozó vizet és 50–60% száraz anyagot tartalmaz.

A kiszáritott vanádiumiszap elemzése általában a következő adatokat szolgáltatja:

Al_2O_3	1,5 — 6,5 %
SiO_2	0,01 — 0,08%
Fe_2O_3	0,02 — 0,90%
V_2O_5	0,3 — 7,3 %
P_2O_5	0,75 — 8,75%
As_2O_3	0,03 — 0,8 %
Cl	0,1 — 0,4 %
SO_4	8,0 — 20,0 %
CO_3	10,0 — 15,0 %
Na_2O	50,0 — 55,0 %
C	0,3 — 0,5 %
F	4,0 — 6,5 %
Izz. vesz. 600° C-on	2,5 — 3,0 %

A vanádiumiszap összetételéből láthatjuk, hogy főként olyan anyagokat tartalmaz, melyek eredetileg már a bauxitból kioldódva a körfolyamat következtében feldúsultak és telítettség miatt a feltároló lúgból kiváltak. Az anyagok másik része legnagyobb részét a friss lúg szennyezéseiből (Cl), valamint a bauxit-pörkölésekor adszorbeált SO_3 -ból, végül a levegő szén-savjából tevődik össze, mely anyagokat a lúg megköt.

A vanádiumiszap tehát igen fontos melléktermék a timföldgyártás szempontjából, mert kiválásának köszönhető, hogy a timföldgyári feltároló lúg szennyezései állandóan bizonyos határon maradnak.

A vanádiumiszap kiválása akkor kezdődik meg egy újonnan induló üzemnél, ha a körfolyamatban tartott lúg szennyezései annyira felszaporodnak, hogy azokra nevez a lúg telítetté válik. A szennyezések minél nagyobb mértékben történő eltávolítása érdekében a lúgot a körfolyamat bizonyos szakaszában hűtik, ily módon tudják megakadályozni a termet timföldhidrát nagyobbmérvű szennyeződését.

A vanádiumiszap összetétele még ugyanabban a timföldgyárban is változik, ezideig még tisztázatlan okok miatt.

A vanádiumiszap értékes anyagokban gazdag. Mint vanádium torras azért nagy értéku, mert a vanádium vegyületeket vizoldható alakban tartalmazza, elmarad tehát a kimondott vanádium ércnél szükséges, olykor bonyolult és költséges oldási eljárás. Nem hanyagolható el a vanádiumiszap 50% körüli Na_2O tartalma sem, melynek nagy része értékes szóda alakjában van kötve.

A vanádium vegyületek hordozója egy nátrium-foszfát—vanadát tartalmú, oktaéder habitusú kristályok alakjában megjelenő vegyület, mely hideg vízben és lúgban rosszul oldódik.

A vanádiumiszap feldolgozásának főcélja a vanádium vegyület kinyerése, emellett azonban még az egyéb értékes anyagok megmentése is.

A vanádiumiszapok feldolgozásával hazai kutatóink eredményesen foglalkoztak (25, 26).

Az eljárások két elv köré csoportosulnak.

Az egyik elv szerint a vanádiumiszap vizes oldatából a vanádium vegyületeket rosszul oldható alakban emelik ki és ezt a dúsítványt dolgozzák fel.

A másik elv szerint a vanádiumiszapban levő egyéb vegyületek eltávolításával állítják elő a dúsítványt, melyből a vanádium vegyületet kinyerik.

A Fémipari Kutató Intézet eljárásánál, mint a vörösiszapnál is, a fokozatos lebontás történik. A vizes oldatból elsősorban azokat az anyagokat távolítjuk el, melyek a végtermékül kapott vanádium vegyület tiszt

taságát veszélyeztetnék, elsősorban az Al_2O_3 -at és a P_2O_5 -öt. Ezeknek az eltávolítása szénsavas telítéssel történik. A leváló csapadék teljes mennyiségben tartalmazza az Al_2O_3 -at részben P_2O_5 -höz kötve, részben pedig komplex fluorid alakjában. A csapadék fluor tartalma kb. 15%. Ha a vanádiumiszap nagyobb mennyiségű P_2O_5 -öt tartalmaz, alumínát lúg hozzáadásával tesszük lehetővé annak alumíniumfoszfát alakjában történő leválását.

A szénsavazáskor keletkezett csapadékról leszűrt oldatot bepároljuk és a szóda-szulfát elegyét kikristályosítjuk. Az ily módon kapott sókeverék üveggyáknál összes Na_2O tartalmának megfelelő szódát pótol.

A szóda-szulfát kristályokról leszűrt anyalúgból ammoniumklorid hozzáadásával leválasztjuk az ammoniummetavanadátot. A véglúg visszakerül a körfolyamatba, tehát vanádium veszteség sehol sincsen.

Eljárásunk végig lúgos, vagyis közönséges vas berendezésben lefolytatható.

A kapott ammoniummetavanadát hevítéssel V_2O_5 -té alakítható át, mely mind ferrovánádium gyártásához, mind pedig vegyi célokra megfelelő alapanyag (26).

A vanádium hordozó nátrium-fluo-foszfo-vanadát meleg vízben és lúgban jól oldódik, hidegben rosszul. Ezért a timföldgyártási körfolyamatban minden olyan fázisban, ahol a lúg hűl, kiválhat.

A Dorr-ülepítőknél az alumínát lúg még forró, ott ilyen kiválás nem következik be.

A kikeverő tartályokban hosszabb ideig időző alumínát lúg azonban jelentékenyen lehűl, ezért a kikeverőkben mint lerakódás már megjelennek a vanádium vegyület kristályai. A kikeverők faláról leválasztott lerakódás kb. 70% timföldhidrát mellett 30% vízdoldható kristályokat tartalmaz, melyek nagyrészt vanádium vegyületek, nátriumszulfát és szóda keverékéből állanak.

A kikeverő lerakódások feldolgozása legcélszerűbben úgy történik, hogy forró vízzel a vízdoldható részeket kiemeljük, az oldatot a vanádiumiszaphoz hasonlóan feldolgozzuk, a szilárd részt pedig, mely csaknem teljes egészében timföldhidrát, visszavisszük a timföldgyártási körfolyamatba.

A lúgvezetékben, azonkívül a timföldhidrát ülepítésére szolgáló hidroszeparátor falán nagyranőtt, oktaéder habitusú kristályokat találhatunk, melyeket hidroszeparátor kristályoknak nevezünk. Anyaguk nátri-

rium-fluo-foszfo-vanadát. Feldolgozásuk azonos a vanádiumiszapével.

A Dorr-ülepítőknél falán hosszabb idő alatt kemény lerakódás jelenik meg, melyet Dorr-palának neveznek. Főtömege kristályos nátriumalumíniumhidroszilikát, vörösiszappal szennyezve.

Vörösiszaphoz keverve feldolgozható.

A Dorr-pala mennyisége nem jelentős.

IRODALMI UTALASOK

1. Dr. Gedeon: Timföldgyártás (Dr. Geleji: Alumínium-könyv.)
2. Bjeljajev: Könnyűfémekkohászata.
3. Edwards, Mason, Ralph: Chem. and Met. Eng. Vol. 36, 674—1929.
4. M. G. Leiteisen: Legkijé Metally 5, No. 10, 34—40, 1936.
5. Kutas A.: Timföldgyártás (Alumínium).
6. Dr. Lányi B.: A Bayer eljárás vörösiszapjának hasznosítása, B. K. L. 1950, 2—3. szám. 40—50. old.
7. F. Vogel: Titan, seine metallurgische und chemische Darstellung, 1950.
8. H. C. Peffer: Am. szab. 938270—1909.
9. Waeser: Metallbörse. 14. (1924). 538.
10. Müller—Jakovin—Peniakoff: ném. szab. 80063 és 93925.
11. G. W. Labutin, S. G. Koltypin: Legkije Metally 5. évf. 11. sz. 7—13. old. 1936.
12. Bjeljajev: Könnyűfémekkohászata 103. old.
13. M. M. Loboda: Legkije Metal'y 5. évf. 1. sz. 5—10. old. 1936.
14. A. P. Snoiko: orosz szab. 48275—1936.
15. Znoikov: orosz szab. 46561—1936.
16. Le Chatelier—Löwig szabadalma. Lainer és Kittler: Tsvetnye Metal. 19. No. 6. 1946.
17. Gould: Ing. Eng. Chem. 37. 796—802, 1945.
18. Hunyadi: ném. szab. 665236—1937.
19. Vereinigte Aluminium Werke: ném. szab. 702397—1941.
20. Vereinigte Aluminium Werke: ném. szab. 525908—1927.
21. Montecatini: olasz szab. 381980—1940.
22. Makray: magyar szab. 115530—1933.
23. Metallgesellschaft A. G.: német szab. 478740—1928.
24. P. A. Resnik és S. W. Mironowa: Cvetnűje Met. 15. No. 12. 60—64. 1940.
25. Veres Imre: A hazai vanádiumiszapok feldolgozásának néhány kérdése. Magy. Kém. Folyóirat, 1951. aug.
26. Vajk Péter: A vanádium kohászata és felhasználása Kohászati Lapok 1951. 1. szám. 1—6. old.

Hozzászólások

DR. NAGY ANDRÁS NÉ:

A vörösiszap vizsgálatánál érdekesek az előadónak a Dorr-homokra vonatkozó vizsgálatai és megállapításai. Hiányzik azonban a Dorr-homok analízise redukció előtt és hiányzik ugyanazon anyagnak a mágnesezés utáni részletes elemzése is.

Az előadó új, nátronmentes vegyület keletkezését tételezi fel. Elgondolásom a Dorr-homok keletkezéséről — Ljubimov Sztalin-díjas geológus megállapításaira alapítva — más. Szerinte a bauxitnál böhmit, ill. hidrargillit kristályoknál a rácshoz

dott vasat találtak. Számos kísérletükkel megállapították ezt, mert ez a vas, bauxitnak híg sósavas oldásánál nem oldódik ki a rácshoz tartozó szétrombolása nélkül. Ez a rácshoz tartozó vasmennyiség az egyes bauxit típusokra jellemző. A Dorr-homok keletkezésénél — feltételezhető hasonló jelenség, azzal a különbséggel, hogy a vasvegyület kristályrácsában timföld helyezkedik el, amely nem oldódik ki a feltárás alkalmával, ill. mindig azonos összetétellel képződik — és ezért kapnak állandó összetételű homo-

ket azonos bauxitok, valamint azonos gyártási technológia mellett.

Érdekes volna a nem redukált Dorr-homok ferrovas tartalmának meghatározása is. Laboratóriumunk végzett iszkai minőségű bauxitokban ferrovas-meghatározásokat, s azt 0,23% FeO-nak találta. Esetleg különböző összetételű Dorr-homok keletkezésére a bauxitban található ferrovas van jelentős befolyással.

1946-ban laboratóriumunkban Környei dr. tanulmányozta a különböző bauxitok vörösiszapjának ülepedési sebességét. Kísérleteinél azt tapasztalta, hogy redukáló atmoszférában végzett feltárás után a vörösiszap csaknem ugyanolyan jól ülepedett, mint a keményítő-s adalékanyagok alkalmazásánál. Dunai kartárs kutatásai után, érdekesnek tartanám a redukációs feltárás vörösiszapjának részletes vizsgálatát a Dorr-homok keletkezésével kapcsolatban.

A Bayer vörösiszapnak gáztisztító masszára való alkalmasságát tételére laboratóriumunk régebben már végzett vizsgálatokat. A mi tapasztalatunk szerint a a szódás vszugorítás előtt az elegyhez adott 3–5%-os NaCl erősen emelte az adszorpcióképességet.

A vörösiszap feldolgozással kapcsolatban meg kell említenem a krómtartalom kinyerését, amelyről az előadó nem tesz említést. A bauxitokban átlagban 0,07% krómoxid van, amely a feltárás során a vörösiszapban dúsul fel 0,2%-ra. Népgazdaságunk számára jelentős nyereség volna, ha Kutató Intézeteink megoldanák ennek kitermelését az ipar számára.

Mint érdekességet említem még meg a bauxitban nyomokban jelenlévő ritka és radioaktív elemekre vonatkozó vizsgálatok elvégzését. A bauxit timföldgyári feldolgozása alkalmával ezeknek az elemeknek (hafnium, gallium) fel kell dúsulniok. Hol lehet megtalálni? Szovjet kutatók szerint eljárásaiknál a gallium, mint Ga(OH)₃ lúgokban oldódik s a csővezetékek falán Al-hidroxid mellett rakódik le.

A vanádiumszap értékes anyagainak megemlése, mint Dunai kartárs elmondta, megoldott problémának tekinthető. A Fémkutató Intézet eredményes kísérletei és eljárása mellett más intézetek és gyárak laboratóriumai is végeztek ilyen irányú kutatásokat sikerrel. Ma azt mondhatjuk, hogy öt olyan eljárás van vanádiumszap feldolgozására, amelyek mindegyike alkalmas ipari megoldásra, és egy módszert kivéve — csupán az üzemi kipróbálás lehetősége kékik.

Egészen röviden szeretném említeni a Maszobal laboratórium eljárásának elvét. Elvünk volt, hogy lehetőleg vanádiumban legdúsabb anyaggal dolgozzunk tovább, tehát a vanádiumban szegény iszapokat feldúsítjuk. Ez sikerült is. Olyan kristályokat kaptunk, amelyeknek V₂O₅ tartalma 10% körül van, s a vanádiumnak legfeljebb 1%-a marad az anyalúgban. A dúsításnál felhasznált anyalúg még két-három esetben használható további dúsításra és csak azután szükséges a felszaporodott egyéb alkatrészek kitermelése. (Na-karbonát, Na-szulfát stb.)

Eljárásunk előnye, ugyanúgy mint a Fémkutató Intézetének az, hogy végig lúgos természetű, tehát vas apparaturában dolgozhatunk. A meszes eljárásokkal szemben nincs nehezen szűrhető mészballasztunk, a savas eljárásokkal szemben pedig elkerülhető az erős habzás (CO₂), amely üzemen mindig kellemetlen.

Vajk Péter:

A Magyar Tudományos Akadémia múlt évi ünnepi hetében tartott ankét alkalmával Osztrovszki György rámutatott annak fontosságára, hogy a magyar nyersanyagokban rejlő értékeket az ipar minden részében kihozzuk. A Magyar Tudományos Akadémia felismerve ennek a fontosságát, több albizottságot alakított, amely a bauxit feldolgozását van hivatva megoldani. Igen nagy súlyt helyezett a timföldgyártás melléktermékeinek, különösen a titán és vanádium feldolgozására. A Bizottság, amely ezzel a kérdéssel rendszeresen foglalkozott, igyekezett a különböző kutatási eredményeket népgazdasági szempontból értékelni. Dunai Sándor részletesen ismertette a Fémipari Kutató Intézet által végzett kísérleteket. Dr. Nagy Andrásné, a MASZOBAL kísérleti laboratóriumában végzett kísérletekkel, vizsgálatokkal Dunai előadását szervesen kiegészítette. Nem hagyhatjuk szó nélkül többi lekes kutatóink munkáját sem, akik több oldalról világították meg ezt a kérdést. Rendkívül érdekes eljárást dolgozott ki Veres Imre és külön ki kell említeni a Barta—Kutas—Tétéleni eljárást.

Ennek az eljárásnak az érdeme, hogy igen rövid idő alatt dolgozták ki és azonnal be is vezették. Ennek az eredménye népgazdaságunk szempontjából az, hogy Magyarországon már hónapok óta termelünk vanádiumoxidot. Ez a magyar vaskohászat igen fontos segédanyaga. Csatlakoznom kell dr. Kutyéné hozzászólásához, amikor azt javasolta, hogy kutatóink fordítsanak nagy figyelmet a vörösiszap krómtartalmára. Biztos vagyok abban, hogy különböző kutatóink különböző eredményei egy-egy fontos lépést jelentenek a timföldgyári melléktermékek feldolgozásában és a különböző utak, amelyen elindultak, nem fognak kárbe veszni, és a nagyiparilag kialakuló eljárás az összes kutatók legjobb eredményeinek kollektív gyűjteménye lesz.

Dr. Bálint István:

Örvendetes, hogy a Fémipari Kutató Intézet abban az irányban folytatja a vörösiszap-feldolgozás kérdésének tanulmányozását, melyek hazai viszonyaink között gazdaságilag a legfontosabbak — a lúg és alumíniumhidroxid kinyerésére — és nem hagyja magát befolyásolni a vörös iszapban lévő anyagok értékének közölt nagyon is önkényes összehasonlító értéktáblázatától.

A lúg és alumíniumhidroxid visszanyerésére a Fémipari Kutató Intézet által ajánlott eljárás az egyik timföldgyárunkban jelenleg használatos eljárással szemben azt az előnyt nyújtja, hogy nemcsak a nátriumhidroxid, hanem az alumíniumhidrát 50–60%-a is visszanyerhető.

Érdekes megállapítása a Kutató Intézetnek a Dorr-homoknak nevezett anyag kimutatása a vörös iszapban. Ennek az anyagnak a keletkezése örvendetes, mert a titándioxid lúgfogyasztó veszélyességéről, mely a külföldi irodalom szerint számottevő, kimutatja, hogy az nem is olyan nagymértékű. Talán érdemes lenne tanulmányozni, hogy a Dorr-homoknak nevezett anyag keletkezésének mik a feltételei, hogy

ezáltal a lúgfogyasztásnak a titánoxidra eső hányada teljesen kiküszöbölhető legyen.

Megemlíteni valónak tartom, hogy a Dorr-homok keletkezéséhez hasonló jelenségei észleltem az ajkai vanádiumsóval végzett kísérleteim során.

A 100 C fokon szárított és lisztfinomságúra őrölt vanádiumsó, vízben való oldásakor, az oldhatatlan rész egyik hányada összetömrül és kis kavicszerű homokot képez. Ezen anyag vanádiumot nem tartalmaz, és kísérleteim valószínűvé teszik, hogy nátriumot sem.

A vanádiumsó feldolgozásánál előadó a követett eljárásokat két csoportra osztja:

1. Azokra, melyek a vanádiumot különítik el;
2. azokra, melyek elsősorban a kísérő alkatrészeket távolítják el.

Nem tesz azonban különbséget az elsősorban a vanádiumot kitermelő eljárásoknál azok között, melyek a vanádiumot, illetve vanadátot semleges, illetve savanyú oldatból vagy lúgos oldatból választják ki. Míg savanyú vagy semleges vagy akár 8 pH oldatokból való vanádiumnak leválasztására a külföldi szabadalmi litteratúrában is számos eljárást ismerhetünk meg, addig lúgos oldatokból való vanadát kitermelésének kérdésével sikeresen hazai kutatóink foglalkoztak és pedig időrendben elsőnek szerény személyem.

Két olyan vegyületben láttam lehetőségét annak, hogy praktikusán a vanádiumot mint vanadátot 10 pH-n feletti lúgos oldatokból leválasszam. Egyik a kalciumvanadát, másik az ólomvanadát.

A kalciumvanadátok között van oldható és oldhatatlan.

A metavanadát jól oldódik, az orthovanadát rosszabbul.

Megállapítottam, hogy legrosszabbul egy bázikus vanadát oldódik, melynek tapasztalati képlete $5\text{CaO} \cdot \text{V}_2\text{O}_5$.

A lúgos vanadátoldatokból a praktikus leválasztás felső határa 14,3 p.H.

A tudományos irodalomban nem ismeretesek továbbá a következő megállapításaim:

A kalciumvanadát leválasztása lúgos oldatokból még forralással is huzamosabb időt vesz igénybe attól függően, hogy milyen lúgos az oldat.

A bázikus kalciumvanadátot tartalmazó csapadék vanádiumtartalma, mint kalciumvanadát oldatba vihető szén-sav bevezetése által.

E csapadék vanádiumtartalma, mint nátriumvanadát oldatba vihető szóda oldatával szén-sav bevezetése által.

A csapadék vanádiumtartalma kénsavval oldatba vihető. Ebből az oldatból kalciumkarbonát adagolása által minden szennyezés leválasztható, a kalciumvanadát oldatban marad.

A szén-sav bevezetésével nyert kalciumvanadát-oldat szennyezéseket praktikusán nem tartalmaz, de a kihozatal nem jó.

A szóda oldatával és szén-sav bevezetésével nyert nátriumvanadát termelésénél a kihozatal teljes, de az oldat kevés nátriumfoszfátot is tartalmaz.

A kénsavas vanádiumoldat semlegesítésénél nyert kalciumvanadátoldat tiszta, de az esetleg

jelenlévő egyik-másik szennyezés, különösen az alumínium, a vanádium egy részét kicsapván, a kihozatal rontja.

A tiszta kalciumvanadát valószínűleg megfelel mint kohászati alapanyag, vagy belőle egyéb vanádium-vegyületek könnyűszerrel előállíthatók.

A felsorolt megfigyeléseim alapján a vanádiumsó feldolgozására a következő eljárást tartanám célszerűnek, ha melléktermékkül lúgot akarnánk nyerni.

A vanádiumsót annyi vízben oldjuk, hogy az oldat a kausztifikálás után a kívánt lúgkoncentrációt érje el. Ehhez egy korábbi kausztifikációból keletkező lúg egyenlő térfogatát keverjük.

Lehűtés után mézstejjel kb. 1 óra hosszat hidegen keverjük, majd szűrjük. A hidegen való keveréssel a kalciumvanadát nem válik le, de az alumínium majdnem teljesen, a foszfát legnagyobb része mint kalciumsó leválik. Ezután jön a forró, huzamosabb ideig tartó kausztifikáció, mikor a kalciumvanadát válik ki és kétszer annyi azonos koncentrációjú lúg keletkezik, mint amennyit a vanádiumsó lúgához hozzátettünk. Ennek a felét egy újabb adag vanádiumsóoldathoz tesszük és így tovább. A kiváló kalciumvanadát még kalciumkarbonátot és kalciumfoszfátot is tartalmaz. Teljesen tiszta kalciumvanadátot ezen termékből kénsavval való oldás és kalciumkarbonáttal való semlegesítés után nyerhetünk, mint kalciummetavanadát-oldatot.

Vanadátokkal foglalkozó további kutatásaim során azt a tudományosan még nem ismeretes megfigyelést tettem, hogy az ólomvanadát bizonyos pH határok között praktikusán oldhatatlan, míg a vanádiumsó többi alkatrészeinek ólomsói oldhatók.

Ez a megállapítás a vanádiumnak sokkal nagyobb fokú elkülönítésére ad módot, mint a kalciumvanadátos eljárás.

Az ólomvanadát további feldolgozása különböző lehet, a szerint, hogy milyen vanádiumvegyületet óhajtunk előállítani és milyen utat választunk a leválasztáshoz használt ólomvegyület regenerálására.

A vanádiumnak az oldatból való elkülönítésére és az ólomvegyület regenerálására ajánlom pl. a következő utat:

A vanádiumsó oldatához ólomszulfátot adagolunk és kb. 1 órai melegítés és keverés után a keletkező ólomvanadátot az oldat többi részéről leszűrjük.

Az ólomvanadátot kb. 15%-os hideg salétromsavban oldjuk. Az oldatban lévő ólomnitrátot kénsavval oldhatatlan ólomszulfáttá alakítjuk át, melyet szűréssel elkülönítünk.

A salétromsav, illetve annak nagy részének ledesztillálása után a vanádiumpentoxid kristályosan kiválik. Teljes befőzés vagy szűrés után a vanádiumpentoxid elkülöníthető.

Az ólomvanadátos elválasztással töményebb oldatokból is leválasztható a vanádium, mint a kalciumvanadátos leválasztással. Ha a visszamaradt oldatot lúgra akarjuk feldolgozni, úgy kb. 10%-os lúg nyerhető a kalciumvanadátos eljárásnál kapott kb. 4%-os lúg helyett.

Az ólomvanadátos eljárás különösen alkalmazható abban az esetben, ha a vanádiumsó többi alkatrészeit a trisó gyártásához akarjuk felhasználni.

Aluminiumkohók energiagazdálkodása*

TIMÁR VILMOS kohómérnök

Вилем Тимар:

Э.нергохозяйство алюминиевых печей

Ma, amikor az ötéves terv nagyarányú alumínium-iparfejlesztési programját hajtjuk végre, nem szabad elfelejtenünk, hogy alumíniumiparunk szénttermelésünk egyre nagyobb hányadát használja fel. Észszerű energiagazdálkodással, a rendelkezésünkre álló lehetőségek kihasználásával arra kell törekednünk, hogy az alumíniumipar ne vonjon el több szén a népgazdaság többi fejlődő ágaitól, mint amennyi feltétlenül szükséges.

A probléma megvilágítása céljából induljunk ki az alumíniumkohó termelő egységének, az elektrolizáló kádnak hőmérlegéből, mely megmutatja, mire fordítódik részleteiben a befektetett energia. Külön fogom tárgyalni azokat az energiaveszteségeket, amelyek a termelőegységek sorozatából álló elektrolizáló üzem áramellátása során lépnek fel.

Egy folyamatos anóddal működő 50 000 A-es alumíniumelektrolizáló kád hőmérlegét Bjelajev (Кönynyífémek kohászata) a következőképpen adja:

A hőmérleg hőtermelési oldalát vizsgálva azt látjuk, hogy a villamosenergiából fedezett hőbevételel kívül még két tétel szerepel:

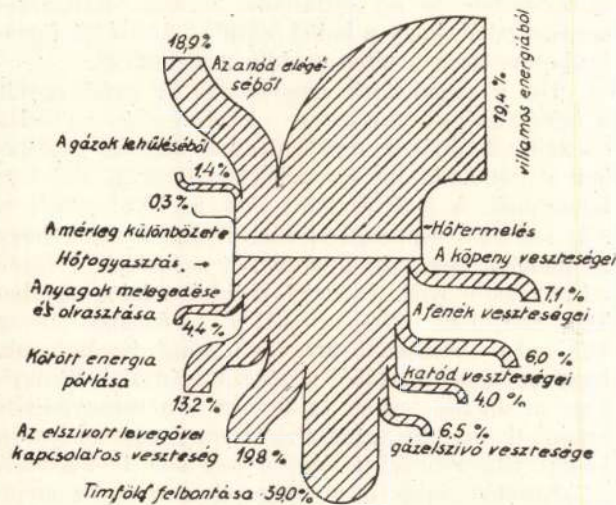
1. az anódok elégetéséből kapott hőmennyiség,
2. a kádat elhagyó anódgázok lehüléséből kapott hőmennyiség.

A hőfogyasztás oldalán hasznosnak vehető tételek:

1. a timföld bontása, a kötött energia pótlása,
2. az anyagok felmelegítésére és olvasztására felhasznált hőmennyiségek.

A hőfogyasztás többi része a következő veszteségek pótlására szolgál:

1. az elszívott levegővel kapcsolatos veszteségek,
2. a köpeny veszteségei,



1. ábra.

3. a fenék veszteségei,
4. a katód veszteségei,
5. a gázelszívó veszteségei.

Az üzem egészét véve figyelembe a fenti veszteségekhez járulnak még az áramhozzávetetés, vagyis az áramvezető sínrendszer vezetékének és kötéseinek ellenállása folytán fellépő hőveszteségek.

A hőtermelés oldalán elvileg lehetőség kínálkozik a villamosenergiából fedezett hőbevételel részesezésének csökkentésére az anód elégetéséből kapott hőmennyiség növelése útján. Ez a probléma kutatási feladat, ezért nem fogok vele foglalkozni.

A hőfogyasztás oldalát vizsgálva nyilvánvaló, hogy a fajlagos energiaszükséglet csökkentése a hőveszteségek csökkentése révén érhető el. Végrehajtására két lehetőség kínálkozik:

1. a berendezés kapacitásának növelése, mellyel az egységnyi termelésre eső energiaszükséglet akkor is csökken, ha a konstrukciótól és az alkalmazott munkahőmérséklettől függő hőveszteségeket abszolút értékben változatlanak hagyjuk;
2. a hőveszteségek abszolút értékének csökkentése.

A gyakorlatban rendszerint egy meglévő üzem energiafogyasztásának csökkentése a feladatunk. Elsősorban az elektrolízis optimális feltételeit kell beállítanunk. Ha ezt megtettük, feladatunk nagyobbik részét már megoldottuk. Az első lépésben tehát figyelmen kívül hagyjuk azokat a lehetőségeket, amelyek a szerkezeten végezhető módosítások útján a hőveszteségek csökkentésére kínálkoznak.

Az elektrolízis optimális feltételeinek beállításánál néhány elméleti megfontolásra kell figyelemmel lenni. A termelés mennyisége a betáplált elektromos egyenáram erősségétől függ. Elméletileg 1 Aórának 0,335 gr alumíniumtermelés felel meg, a gyakorlatban azonban ennek a mennyiségnek kb. csak 80–85%-át kapjuk. A különbség oka döntően az, hogy a katódon levált fém oldódik az elektrolitban és az anódgázokkal, valamint a nyitott elektrolit felületén a levegővel érintkezve újból oxidálódik. Az áramkihasználás vagy amperhatásfok értéke tehát a katódon levált fém és az oldatba ment és újból oxidált fémmennyiség, vagyis a fémvesztesség arányától függ.

A fémtermelés mennyiségét G. A. Abramov a következő képlettel fejezte ki:

$$c = q \cdot \delta \left(1 - K \frac{1}{\delta \cdot l} \right)$$

ahol: q — a kiváló fém equivalensét

δ — az áramsűrűséget

K — az elektrolit és a fém természetétől, a kád szerkezetétől és a hőmérséklettől függő állandót,

l — az elektródatávolságot jelenti.

Az amperhatásfok elsősorban az elektrolit hőfokától függ. Ha az elektrolit hőmérséklete emelkedik,

* Elhangzott az 1951. évi Vegyészkongresszuson.

nő a fém oldhatósága az elektrolitban, csökken az elektrolit viszkozitása, ami megkönnyíti a folyadék cirkulációját és új feloldott fémmennyiségeknek az anódhoz jutását. Ilyenformán tehát a fémvesztés nő.

Ha állandó elektródátávolság mellett az áram-sűrűséget a berendezés áramerősségének emelése útján emeljük, emelkedik az időegységben leválasztott alumínium mennyisége. Noha a fémvesztés maga az áramsűrűségtől független, az áramsűrűség növelésével emelkedni fog a fürdő hőmérséklete, és ezzel a fém oldódása folytán keletkezett fémvesztés is.

Ha a fémvesztés csökkentése érdekében a hőmérsékletet csökkenteni akarjuk, csökkentenünk kell az elektrolit ellenállását, amit az elektródák közötti távolság csökkentésével érhetünk el. Amint azonban az elektródákat közelítjük, elősegítjük az elektrolitban oldott fémnek az anódgázokkal való találkozását, tehát a fémvesztés növelését.

Ha azonos áramsűrűség mellett növeljük az elektródátávolságot, az amperhatásfok értéke emelkedni fog, mivel az oldott fém diffúziója és konvekciója a katódtól az anódig megnehezül, aminek következtében a fémvesztés csökken.

Az amperhatásfokot befolyásoló tényezők közül számolnunk kell még az elektrolit összetételével. A gyakorlat szerint a legmagasabb amperhatásfokot az a fürdőösszetétel biztosítja, melynél az NaF és AlF_3 molaránya megfelel a kriolitban fennálló molaránynak. ($NaF : AlF_3 = 3$). A NaF felesleg esetén nátrium is válik le, amely egyrészt energiát fogyaszt, másrészt a fürdő hőmérsékletét növeli reoxidációja és a kriolittal való exotermikus reakciója folytán ($Na_3AlF_6 + 3 Na = Al + 6 NaF$). Az AlF_3 feleslege az amperhatásfokot növeli.

Egybevetve tehát az említett elméleti szempontokat, az amperhatásfok, ezzel együtt az időegységben leválasztott fémmennyiség növelését a következő tényezők segítik elő:

1. A fürdő hőmérsékletének csökkentése.
2. Az anódáramsűrűség növelése.
3. Az elektródátávolság növelése.
4. Megfelelő elektrolit-összetétel.

A felsorolt tényezők közül azonban az áram-sűrűség (áramerősség) növelése és az elektródátávolság emelése az elektrolit hőfokának emelkedését idézi elő, és így ellentmond az első tényezőknek. Mivel azonban feltétlenül szükséges, hogy az alkalmazható legalacsonyabb elektrolit-hőmérsékletet dolgozzunk, a technológia beállításának módszere csak az lehet, hogy kísérletekkel megállapítjuk az optimális elektrolit-hőmérsékletet (kb. 940°) adott áramerősség mellett és ennek a munkahőmérsékletnek változatlan fenntartásával igyekszünk növelni az áramsűrűséget (áramerősséget) az optimális áram-sűrűség kikísérletezése céljából. Ez azt jelenti, hogy az áramsűrűség növelésével egyidejűleg az elektródátávolságot csökkentenünk kell. Ezt a műveletet a fürdő hőmérsékletének rendszeres mérésével tudjuk ellenőrizni és eredményességét a kapott amperhatásfok értéke fejezi ki.

Röviden összefoglalva, beállítjuk azt az áram-sűrűséget (áramerősséget) és elektródátávolságot, amely az alkalmazható legalacsonyabb elektrolit-hőmérséklet mellett a legmagasabb amperhatásfokot, vagyis a legnagyobb fémtelhelést biztosítja.

Minél alacsonyabb az elektrolit olvadáspontja, annál alacsonyabb munkahőmérséklettel dolgozhatunk. A fürdő olvadáspontját csökkentő adalékok közül a CaF_2 adagolása használatos (5–7% CaF_2).

Miután az elektrolízis optimális feltételeit így beállítottuk, sor kerülhet a második lépésre, a veszteségek csökkentésére, amelynek esetleg már irányt is szab eddigi munkánk és amely a konstrukció kisebb-nagyobb átalakítását is igényelheti.

Az ellenállásokat két csoportra oszthatjuk, belső úgynevezett melegítő ellenállásokra és külső ellenállásokra.

A belső ellenállások: elektródák ellenállása, fürdő és fém ellenállása által termelt hőmennyiség tulajdonképpen azt a célt szolgálja, hogy pótolja az elektrolizáló berendezés hővesztését, melyet vezetés és sugárzás útján környezetének ad le. Megfelelő mennyiségű elektrolit olvadt állapotban tartása ugyanis csak abban az esetben érhető el, ha az előbb említett hővesztés a belső ellenállásokon fejlődött hőmennyiség kompenzálja. Minél nagyobb mennyiségű elektrolit olvadt állapotban tartása viszont feltétlenül szükséges, mert egyrészt a fémvesztés értéke függ az elektrolit mennyiségétől, másrészt minél nagyobb timföldadag feloldásának lehetőségét kell biztosítanunk, hogy az energiafogyasztást károsan befolyásoló anódeffektusok száma minél kisebb legyen.

A fürdő olvadt állapotban tartásához szükséges hőmennyiség nagysága tehát a kád konstrukciójától, vagyis a kádszerkezet hővesztései ellen való szigetelésének megoldásától függ. Amennyiben a megkívánt alacsony munkahőmérséklet mellett megfelelő mennyiségű olvadt elektrolit nem volna elérhető, úgy felül kell vizsgálni a kádszerkezet szigetelés-javítási lehetőségét. Amikor a kád szigetelését növelni akarjuk, figyelembe kell vennünk, hogy ez a katód fokozottabb felmelegedését idézi elő, tehát a katód igénybevétele nő és élettartama csökken. Kalkuláció kérdése tehát, hogy a katód felújítási költségét figyelembevéve ezen a téren meddig mehetünk el.

Ha a szigetelések megjavítása és ezzel együtt a hővesztések csökkenése lehetővé tette, a belső ellenállások értékeit csökkentenünk kell. Itt elsősorban a timföld-kriolit olvadék ellenállásával kell foglalkoznunk. A NaF és AlF_3 arányán kívül, amelyről már szó volt, nem szabad elfeledkeznünk arról, hogy az anódból keletkező úgynevezett szénsalak a fürdő ellenállását növeli. (Szovjet kísérleti adatok alapján 5% szénsalak 27%-kal, 10% szénsalak pedig 40%-kal.) Feltétlenül arra kell tehát törekednünk, hogy az anódmasszából keletkező szénsalak mennyisége minimális legyen (a termelt fém mennyiségére számított kriolitos szénsalak mennyisége, melyet a kádról eltávolítunk, ne legyen nagyobb 1–2%-nál). A képződött salak mennyisége elsősorban az anódmasszaminőség függvénye, másodsorban azonban az alkalmazott technológiától függ. Tapasztalati tény ugyanis, hogy a salakmennyiség akkor minimális, ha

az anódban a massa lassú kiégésének optimális feltételeit biztosítjuk, vagyis gondoskodunk arról, hogy a kiégett masszarész fölött megfelelő vastagságú híg masszaréteg legyen. Az elmondottakon kívül ügyelnünk kell arra is, hogy a keletkezett salakmennyiséget gondosan eltávolítsuk.

A belső ellenállások között kell megemlékeznünk az anódeffektus okozta ellenállásnövekedésről is. Az anódeffektus alatt jelentkező 30–40 V-os kádfeszültség, szemben az üzemi 4,5–5 V-os feszültséggel, tetemes átmeneti energiafogyasztással és ezzel együtt hőtermeléssel jár. Noha fellépése megbízható jellemzője az elektrolízis normális üzemének és pontos tájékoztatást ad arról, hogy a fürdő timföld-tartalma a megengedett koncentráció határok között mozog-e, és ezért mint üzemellenőrzési tényező kívánatos, a tetemes időszakos energiafogyasztás kiküszöbölése céljából feltétlenül meg kellene szüntetnünk. Érthető tehát az a régi törekvés, hogy az elektrolízist anódeffektus nélküli üzemre állítsák be, vagy legalábbis csökkentésük lehetőség szerint az effektusok számát és időtartamát. Az előbb mondottak, melyekkel az anódeffektust jellemeztem, már tartalmazzák ennek lehetőségeit: az anódeffektusok számának csökkentésével csak akkor foglalkozhatunk, amikor az üzemi kezelőszemélyzet szaktudása, begyakorlottsága már elérte azt a fokot, amely mellett a kádak üzemi egyensúlyát az anódeffektusnak, mint üzemellenőrzési tényezőnek elhanyagolása mellett is biztosítani tudja. Mint külső tényező természetesen jó minőségű és állandó összetételű alap- és segédanyagok biztosítása is szükséges.

A kezelőszemélyzet begyakorlottságától függ az anódeffektusok időtartama is. Ezen a téren a mi kohóinknak még sok tennivalójuk van, amíg a jelenlegi 3–4 perces anódeffektus időtartamról a külföldön már elért 1,5 perces időtartamra le tudnak menni.

Az emberi munka pontatlanságának kiküszöbölése céljából történtek kísérletek az elektrolizáló cella működésének teljes automatizálására, amely esetben a timföldadagolás is önműködően és egyenletesen történik és az anódeffektus így szükségtelenné válik. (Ferrand-féle szabadalom.) A szerkesztett berendezés azonban a szabadalmi leírás alapján rendkívül bonyolult és felügyelete önmagában is a kezelő igen magas technikai képzettségét kívánná. Kérdés, hogy a komplikált berendezés felügyelete és jókarban tartása nem okoz-e nagyobb gondot és költséget, mint maga az eredeti elektrolizáló berendezés többkevesebbé begyakorolt személyzet mellett. Véleményem szerint nagyüzemi viszonyok között nehezen járható út.

Mint megmondható lehetőség marad tehát az anódeffektusok számának és idejének csökkentése. Maximális mennyiségű olvadt elektrolit mellett és maximális timföldadag alkalmazásával el tudjuk érni, hogy az anódeffektusok fenntartása mellett is ezeknek száma a lehető legkevesebb lesz. Megfelelő számú kezelőszeméllyzettel az anódeffektusok gyors lekezelése is megoldható, ha a kohászok szaktudása magasabb, alkalmazhatjuk az anódeffektusok számának csökkentését oly módon, hogy csak minden második vagy harmadik fellépését engedjük meg oly módon, hogy a timföldadagolások egy részét az anód-

effektusok idejének bevárása előtt végezzük el. Így el tudjuk érni, hogy naponként, vagy esetleg 2–3 naponként csak egy anódeffektus lép fel. Ez a kezelési eljárás azonban csak gondos felügyelet mellett történhet, mert fennáll a timföld-túladagolás veszélye.

Tudomásom szerint az olasz alumíniumkohókban történtek kísérletek teljesen anódeffektus nélküli üzemmenettel is.

Végül foglalkoznunk kell részleteiben a kádszerkezet hővesztéseinek csökkentésével. A környezetnek átadott hőmennyiség folytán keletkezett hővesztések legfontosabb tételei az anód és katód sugárzó felületei által a fürdőkéreg vagy a szabad fürdőfelület sugárzása által átadott hőmennyiség, és az elszívott kohógázokkal elvitt melegmennyiség.

A katódszekrény hővesztéseinek csökkentése főképpen a falazatrétegek vastagságának emelésével érhető el. Megadott katódszekrény-méret mellett azonban ez gyakran csak a szénbélés falvastagságának csökkentésével vagy a szekrény elektrolitbefogadóképességének csökkentésével hajtható végre. Amennyiben erre nincs mód, a szigetelőrétegek minőségét kell javítani. Figyelembe kell vennünk, hogy a szigetelések megjavítása a szénbélés hőmérsékletének emelkedését vonja maga után, ami befolyásolja a katód élettartamát.

Nagy figyelmet kell szentelnünk a távozó kohógázokkal és a velük együtt elszívott levegővel kapcsolatos veszteségekre. Az általánosan használt konstrukció a horizontális tüskebevezetésű elektrolizáló kád. Ennél a kéreg erre a célra készített nyílásán keresztül távozó gáztermék elégve a szabadba jut. Ha eltávolításáról nem gondoskodnánk, fertőznék a munkatér levegőjét. Ezért az egész anódtér a katódra épített, zárt szekrényvel van burkolva. Ebből a szekrényből szívjuk el a keletkezett égéstermékeket azzal a levegőmennyiséggel együtt, amely a felnyitott ajtókon és egyéb tömítetlenségeken keresztül áramlik be. Az elszívás célja tehát a kohó tiszta levegőjének biztosítása. Az anódszerkezetet elzáró szekrény tömítetlenségének tökéletességétől és a kezelőszemélyzet gondosságától függ, hogy a feltétlenül eltávolítandó égéstermékeket mennyi levegővel szívhatjuk el. A kádak kezelésével kapcsolatban elkerülhetetlen a kemenceajtók hosszabb-rövidebb ideig való nyitvatartása, amikor tetemes mennyiségű levegő áramlik be, ha az elszívóvezeték csatlakozását el nem zárjuk. Úgyisint, ha az ajtók tömítetlenek, vagy kezelés után nincsenek gondosan helyükre húzva, igen nagy a gázokkal elszívott levegőmennyiség. Ezek apró kezelési részletek, amelyeket azonban nem szabad elhanyagolnunk, mert a kádszerkezet amúgyis oly sok hamis levegő beáramlását teszi lehetővé, hogy nyugodtan beszélhetünk az anódtérnek az elszívott gázokkal történő léghűtéséről.

Vertikális tüskebevezetésű kádak esetében a tüskéktől mentesült szabad, függőleges oldalfalak lehetővé teszik a permanens köpenyre szerelt úgynevezett gázharang alkalmazását, mellyel egyrészt a fürdőkéreg igen jól szigetelhető, másrészt a gázelszívással kapcsolatos veszteség is messzemenően kisebb, mint a horizontális tüskebevezetésű kemencéknél. A gázharang alól az elégetlen anódgázokat szívjuk el, a tömítést biztosító timföldrétegen kereszt-

tül beszívott igen kis mennyiségű levegővel. Itt tehát a gázok elszívásának érdekében igen nagy mennyiségű levegőt felmelegíteni és ezzel hővesztéseket okozni nem kell. Ez az egyik nagy előnye ezeknek az új kádszerkezeteknek.

Megfontolás tárgyává kellene tenni, hogy az Ajkán alkalmazott 30 000 A-es elektrolizáló kádjainkat, melyeknek anódszerkezete amúgy sem korszerű, nem volna-e célszerű vertikális túskebevezetésű megoldással átépíteni.

Külön kell foglalkoznunk a kohóüzem kádegységeinek áramhozzávetésével kapcsolatos energia-vesztésekkel, amelyek az áramvezetékek és vezetékcsatlakozások melegezése folytán keletkeznek. Egy működő, adott üzemnél a vezetékek hosszát a kádak elhelyezése szabja meg. Ezen változtatni nem lehet. A vezeték-keresztmetszet esetleg szükséges növelése kalkuláció kérdése. Az össz feszültségnek kb. 10%-át kitevő vezeték-feszültségvesztéseket tehát csökkenteni nem nagyon tudjuk, nem szabad elhanyagolnunk azonban a kontaktusokban fellépő feszültségvesztéseket, amelvek az össz feszültségnek kb. 15%-át képezik, de elhanyagolt üzemenet mellett jóval magasabbak is lehetnek. Energiacsökkentést érhetünk el a csatlakozások számának csökkentésével — ha ez lehetséges — és azok minőségének megjavításával. A csatlakozások minőségét állandó és rendszeres mérésrel kell ellenőriznünk és amennyiben a mért ellenállásértékek a megengedettnél magasabbak, az érintkező felületek megtisztításáról és megfelelő összeszorításáról kell gondoskodnunk.

Többé-kevésbé elhanyagolt területe az energia-csökkentésnek a kisebb-nagyobb mértékben mindig fennálló földzárlati veszteségek állandó rendszeres felülvizsgálata és kiküszöbölése. Ez elektromos szigetelés-javítási probléma.

Az elmondott szempontok irányt mutatnak arra, hogyan tudjuk az egyenáramú energiafogyasztást szabályozni, illetve minimális értéken tartani.

Nem szabad azonban megfélekednünk arról, hogy az energiagazdálkodás észszerű megszervezéséhez szükséges tennivalók ismerete és a helyes intézkedések kiadása önmagában nem elegendő. Eredményt csak akkor érünk el, ha gondoskodunk intézkedéseink pontos, időben való végrehajtásáról is. Gondoskodnunk kell ennek feltételeiről. Mint már említettem, elsősorban jólképzett kezelőszemélyzetre van szükség. A kohóüzemnek tehát elsőrendű érdeke, hogy szakmunkásait és műszaki kádereit állandóan, fáradságot nem kímélve elméleti és gyakorlati szakoktatásban részesítse. Ezt a célt szolgálhatják a szakmunkások részére rendszeresített technikai minimum-tanfolyamok, művezető-tanfolyamok, mérnöktovábbképző előadások és a műszaki kádereknek a tudományos egyesületekben való részvétele. Állandó ellenőrzéssel gondoskodnunk kell arról, hogy ez az elméleti oktatás és a munkahelyen folyó gyakorlati képzés eredményes legyen.

Az eredményes végrehajtás másik fontos feltétele, hogy az üzem szervezete helyes legyen, a csoportok munkaterületének és létszámának helyes megválasztására kell törekednünk, mindig szem előtt tartva azt, hogy az elektrolízis nem munkaigényes, hanem anyag- és energiaigényes gyártás. Ha tehát a

termelékenység növelését tűztük ki célul, ehhez meg kell teremtenünk a lehetőségeket a fáradságos fizikai kezelési munkák fokozott gépesítésére. A nehéz fizikai munkától megszabadított kezelőszeméllyel szemben azután fokozottabb szellemi munkaigényekkel léphetünk fel. Ha nem ezt az utat követjük, néhány megtakarított munkaórával szemben tetemes energiavesztés lehet intézkedésünk eredménye.

Kohóinkban a gépesítés terén még igen sok a tennivaló. Meg kell oldanunk és általánosan be kell vezetnünk a kádkezelésnek pneumatikus szerszámokkal való gépesítését, amellyel lényegesen meg fogjuk könnyíteni és gyorsítani a timföld-adagolás, az úgynevezett kádbetörés munkáját, és egyúttal meg fogjuk rövidíteni az anódeffektusok idejét is.

A végrehajtás eredményességét nem kis mértékben segíti elő az üzemvezetés tudományos módszerekre épített rendszere, amely az ellenőrzést idejében és a legapróbb részletekig terjedő módon való sítja meg. A jelenlegi üzemvezetési módszereink döntően a mestermegfigyelésekre építenek és gyakran megelégszenek ezek utólagos kiértékelésével, magyarázatával és felhasználásával. Kétségtelen, hogy a jó vezetés ezeket az igen hasznos megfigyeléseket nem nélkülözheti. Ezek mellett azonban fokozottabb mértékben át kell térnünk az elmélet széleskörű tanulmányozásával, az elméleti eredmények gyakorlatban való megvalósítására. El kell érünk, hogy ez legyen az iránvívás alapja és a gyakorlati megfigyelések ennek alátámasztói és kiegészítői legyenek, és a megvalósítást könnyítsék meg.

A tervezdálkodás igényeit nem elégíti ki, ha gyakorlati munkánk a naponként felmerülő nehézségek és zavarok elhárítására szorítkozik, mert ezzel a módszerrel legjobb esetben is csak a megérvő állapotot tudjuk fenntartani, de azt sem zökkenők nélkül. Továbbfejlesztésre nem nagyon gondolhatunk. A tervezdálkodás fokozottabb igényei megkövetelik, hogy az iránvívásnak és ellenőrzésnek a legjobb eredményt adó módszerét dolgozzuk ki és valósítsuk meg.

Ezek az általános megállapítások az üzemvezetés munkájának fontos részét képező tervszerű energiagazdálkodás területére vonatkoztatva azt jelentik, hogy rendszeresen el kell végeznünk az összes szükséges méréseket, ezekről a kiértékelésre legalkalmasabb formában diagramokat kell felfektetnünk, állandóan napra kész állapotban. Ez a rendszer lehetővé teszi a hibák idejében való felismerését és a megelőző ellenintézkedések foganatosítását. A mérési eredményeknek diagramon való feldolgozása a legalkalmasabb, legszemléltetőbb módszer arra, hogy az egymást követő mérési adatok összességéből következtessünk a jelentkező rendellenességek okaira és a legrövidebb idő alatt áttekintést nyerjünk az üzem mindenkori állásáról.

Az energiagazdálkodás eredményességének mérőszáma természetszerűen az egységnyi termelésre eső, fajlagos energiafogyasztás. Az egész üzem energiagazdálkodását a fajlagos áramátalakító üzem és elektrolizáló üzem és áramátalakító üzem együttes munkáját a fajlagos elektrolízisre fordított váltóáramfogyasztás, külön az elektrolizáló üzem munkáját pedig a fajlagos egyenáramfogyasztás jellemzi.

Ezeknek az értékeknek megállapításához mérnünk kell a megfelelő energiafogyasztási értékeket és természetesen a termelési értékeket. Az energiafogyasztási értékek mérésére megfelelő számláló és regisztráló műszerek beépítése célszerű, amelyeket váltóáramú oldalon meg is találunk. Meg kell azonban említenem, hogy az egyenáramú fogyasztás mérése üzemeinkben eddig nem közvetlenül, tehát számlálóberendezéssel történt, hanem egyenáramú áramerősség és feszültségmérési adatokból számolták. Ez a módszer nem ad elegendő pontosságot, ezért az egyenáramfogyasztás mérésére számláló műszer beépítése feltétlenül szükséges. (Tatabányai üzemünk ezt a folyamatba is tette.)

Az egyenáramfogyasztás mérése azonban önmagában nem elegendő, mérésekkel kell ellenőriznünk azokat a tényezőket is, amelyek befolyásolják azt. Naponként számolnunk kell tehát az amperhatásfok értékét az áramerősség és a termelés napi mérési adataiból és a teljesített kádórák számából. Az áramerősséget befolyásoló tényezők közül mérnünk kell a fürdőhőmérsékleteket, az elektród-távolságot és a keletkezett salakmennyiséget. A fürdőhőmérséklet mérése kohóinkban nem folyik, de haladéktalanul be kell vezetni.

Nem szabad figyelmen kívül hagynunk azt, hogy az úgynevezett napi termelési értékek, vagyis a kicsapolt fémmennyiségek nem követik pontosan a kádák tényleges termelési értékeit, azoktól kisebb-nagyobb mértékben eltérhetnek. Ezeknek a naponkénti esetleges hullámozása tehát nem ad mindig biztos képet az üzem állásáról. Az ingadozások kiküszöbölése céljából célszerű a fajlagos kádankénti termelés és a napi termelési érték felhasználásával számított amperhatásfok megállapításánál a számításokat nem az egy napra, hanem az éves számolási időszakot képező tárgyhónap első napjától a tárgy napig terjedő időszakra végezni. Ezzel egyúttal a havi tervfeladat tárgynapig történt teljesítéséről is képet kapunk.

A feszültségesések csökkentése és ellenőrzése céljából célszerű táblázat vagy diagramm formájában feldolgoznunk a napi anódeffektusok számának alakulását. Figyelemmel kell kísérnünk az anódeffektusok időtartamát, ami legcélszerűbben kádankénti feszültség-regisztrálással történhetne. Üzemeinkben mérőműszerek hiányában legfeljebb egyes üzemszek összefeszültségeit regisztrálhatjuk külön-külön. Szovjet üzemekben azonban alkalmaznak kádakra szerelt Volt-óra számlálókat, amelyekkel a feszültség kádankénti alakulása ellenőrizhető. A kontaktusok ellenőrzése céljából rendszeresen mérnünk kell a kontaktusok feszültségesését, hogy meggyőződjünk arról, nem térnek-e el a normális értékektől.

Az ellenőrzés rendszerének kiépítésénél általában törekedjünk arra, hogy az ellenőrző adatok lehetőleg a legkisebb egységig, kádakig bontottak legyenek, vagy legalábbis bármikor felbonthatók legyenek, mert így a jelentkező rendellenességek elhatárolása és felszámolása lényegesen könnyebb lesz.

Ajkan és Tatabányán a közelmúlt években kísérletek folytak az optimális teljesítőképesség és energiafogyasztás értékeinek megállapítására. A kísérleteket a szovjet tapasztalatok alapján az ajkai üzem

szovjet szakembere kezdeményezte, és a tatabányai kohó az itt szerzett tapasztalatok alapján végezte el. Ezeknek a kísérleteknek lényege az volt, hogy az elektroizáló kádák kapacitását az áramerősség megnövelésével a névleges (tervezett) érték fölé igyekeztek emelni, a legmegfelelőbb áramerősség megállapítása céljából. Ezzel egyidejűleg történt az úgynevezett hidegjaratási üzem beállítása, vagyis az elérhető legalacsonyabb üzemhőmérséklet esetén alkalmazandó technológia megállapítása és bevezetése. Sajnos az elektrolit hőmérsékletének mérése egyik üzemben sem volt bevezetve, ezért az optimális elektrolithőmérséklet beállítása közvetett úton, kísérő jelenségei megfigyelése útján történt. Így sem a kísérlet előtti, sem a kísérlet utáni üzemhőmérsékletéről nincs pontos értékünk. A fürdőhőmérsékletmérések hiánya a kísérletek eredményét is befolyásolja. Az ajkai üzemben ezenkívül rendszeres elektródatávolság-mérés sem folyt és ma sem folyik, úgyhogy ennek a kísérlet folyamán való alakulásáról sincs adatunk.

Az ajkai alumíniumkohó áramerősségét (áramsűrűségét) kb. 9,5–10%-kal emelte. A hőegyensúly beállítása céljából az elektródatávolságot csökkentette, ennek megfelelően a kádfeszültség 0,2–0,3 V-tal csökkent. Az amperhatásfok a meglehetősen alacsony 78%-os kísérlet előtti értékről 83,5–84%-ra emelkedett. A kádák átlagos fajlagos termelése a megtett intézkedések következtében kb. 17%-kal emelkedett.

A fajlagos egyenáram-fogyasztás a meglehetősen magas 20,4-es kísérlet előtti értékről kb. 19 kW órára csökkent.

Az amperhatásfok növelése céljából az üzem a kádák fémtartalékát kb. 60%-kal megnövelte, úgyszintén megnövelte az elektrolit teljes kihasználásával az olvadt elektrolit mennyiségét is. Az anódeffektusok csökkentése céljából az egyszeri timföldadag mennyiségét kétszeresére növelte és bevezette az anódeffektus megelőzések rendszerét, minden kádon naponta egy-egy anódeffektust megelőzéssel hárt el.

A Tatabányai Alumíniumkohó az alkalmazott áram erősségét (áramsűrűségét) 3,5–4%-kal növelte. Az anódfém- (elektróda-) távolságot ennek megfelelően az addigi 60–65 mm-ről 40–45 mm-re csökkentette. Ez természetesen maga után vonta a kádfeszültség kb. 0,2–0,3 V-os csökkentését. Az amperhatásfok a kísérlet előtti 82–83%-ról 84–85%-ra emelkedett. Ennek megfelelően a kádák átlagos fajlagos termelése 6,5–7%-kal emelkedett. A fajlagos egyenáram-fogyasztás a kísérlet előtti kb. 18,5 kW-órás értékről 18 kW-óra csökkent, amely 24 kA-es egységek esetén jó értéknek mondható.

A kádák fémtartalékának és az olvadt elektrolit mennyiségének megnövelése itt is megtörtént az ajkai kohónál alkalmazott mértéknek megfelelően.

A timföldadag mennyisége, mely napi három anódeffektust tesz szükségessé, változatlan maradt. Az anódeffektus megelőzésének rendszere azonban itt már a kísérlet előtt be volt vezetve, mégpedig az Ajkan alkalmazottnál nagyobb mértékben, mivel csak minden harmadik adagolásnál engedtek anódeffektust, a közbeeső kettőt megelőzéssel elhárított.

ták. Ez a módszer sem változott a kísérlet alatt és után.

Az áramerősségnövelés módszerét először az ajkai kohó vezette be szovjet főmérnökének Sz. I. Gurkinnak kezdeményezésére, a tatabányai kohó az ajkai kezdeményezés és tapasztalatok alapján vezette be két évvel később. Míg a sokkal kedvezőtlenebb üzemi állapotból elinduló ajkai kohónál az optimális értékek elérése és a technológia beállítása több évet vett igénybe, a tatabányai kohónál ez kb. fél év alatt történt meg és tapasztalatsere útján saját eredményeivel segítségére tudott lenni az ajkai kohónak is.

Mindkét kohó a kísérletek tartama alatt vezette be az úgynevezett hidegjárás módszerét, vagyis tért át az alkalmazható legalacsonyabb elektrolithőmérsékletre.

Ha most a két üzem kísérleteinek eredményét kiértékeljük és összehasonlítjuk, azt mondhatjuk, hogy a tatabányai kohó elérte az áramerősség és fajlagos egyenáramfogyasztás egymásnak megfelelő optimális értékeit, amit a jónak mondható amperhatások és fajlagos egyenáramfogyasztás bizonyít, az ajkai kohó azonban az áramerősség (áramsűrűség) növelésével az optimális érték fölé ment. Ezt igazolja a fajlagos egyenáram-fogyasztásnak viszonylag még mindig magas értéke, mert hiszen az ajkai kádaknak nagyobb kapacitásuk lévén a tatabányainál, ezeknél jobb egyenáramfogyasztással kellene dolgozniuk. Feltehetően az alkalmazott elektrolithőmérséklet még mindig magasabb az elérhető optimálisnál, amit az is igazol, hogy tapasztalat szerint a kádak átlagos amperhatásfoka a téli hónapokban, amikor az alacsonyabb hőmérsékletű környezet folytan a hővesztések nagyobbak, növekszik. Megfontolás tárgyává kellene tehát tenni, nem volna-e célszerű az áram erősségét csökkenteni, amely esetben az amperhatások emelkedne és nagyrészt ellensúlyozná az áramerősség csökkentésével járó teljesítménycsökkenést, a fajlagos egyenáramfogyasztás azonban feltétlenül megjavulna.

A fajlagos energiafogyasztás csökkentése érdekében célszerű volna felülvizsgálni a kádak szigetelését annak megjavítása céljából. Amint a kezelőszemélyzet begyakorlottsága megengedi, az anódeffektusmegelőzőket célszerű volna kiterjeszteni.

Nem elégedhetünk meg az üzem egyenáramú oldalának megvizsgálásával. Az üzem váltóáramú energiát vásárol és használ fel. Az egyenáramfogyasztáshoz hozzájárulnak tehát az árammal alakítás: transzformálás és egyenirányítás veszteségei. Figyelembe véve az egyenirányítás 92–93%-os határfokát, az árammal alakítási veszteségek a termelt alumínium tonnájára vonatkoztatva kb. 1500–2000 kW órát tesznek ki.

Az üzem azonban nemcsak egyenáramú, hanem váltóáramú energiát is fogyaszt motorikus berendezéseinek táplálására (gázelszívás, daruk, kompresszorok, stb.). Ezek energiaszükséglete termelt alumíniumtonnánként az üzemkapacitástól és az üzem korszerűségétől függ. A mi viszonyaink között 1 tó alumíniumra eső motorikus energiafogyasztás kb. 300 kW/ó.

Modern alumíniumkohókhoz éppen célszerűbb energiagazdálkodás érdekében egalizáló és tömbösítő üzem is tartozik, amely újabb átolvasztás nélkül látja el a feldolgozó üzemet hengerlési és préstuskóval, illetve jobb minőségű egalizált alumíniumtömböt állít elő. Az egalizálás 1 tonnára eső energiaszükséglete kb. 60–100 kW/ó.

Kohóink mellett működő öntőink, amelyek részben meleg betéttel dolgoznak, és viszonylag kis kemenceegységekkel vannak felszerelve, tonnánként kb. 500 kW/ó fogyasztással dolgoznak. Ha a közeljövőben áttérünk a nagy egalizáló kemenceegységekben meleg kohófém-ből pihentetéssel való tömbgyártásra, ez az energiaszükséglet lényegesen le fog csökkenni.

Ha kohóink energiagazdálkodását a felvetett szempontok alapján revízió alá vesszük, meg kell állapítanunk, hogy még nem tettünk meg mindent a minimális fajlagos energiafogyasztás eléréseért. Meg kell indítanunk a szívós küzdelmet a fajlagos energiafogyasztás tized és század kW órákkal való csökkentéséért, mert ez az egész termelésre számítva tetemes energiamegtakarítást eredményez. Ne felejtjük el, hogy minden megtakarított kWó 1 kg szemet tesz szabaddá rohamosan fejlődő iparunk egyéb területei számára.

Hozzászólások:

Vajk Péter:

Két kérdést tesz fel, az egyik: a vertikális tüskebevezetésű kádaknál nem lehetne-e az anódgázokat elégetés nélkül elszívni és egy gazométerbe táplálva összegyűjteni, hogy így kalóriájukat hasznosítani tudják.

A másik kérdés: az anódeffektusok számának csökkentése céljából nem lehetne-e az irodalomból alkalmazni az ismert újabb módszereket, amelyek szerint megfelelő berendezéssel az anódeffektus fellépte előtt néhány perccel megelőző jelzést kapunk és így biztosan lehetővé válik az anódeffektus előtti timföldadagolás.

Szakál Pál:

Az elhangzott előadás egy energiagazdálkodási szempontból igen lényeges kérdést tárgyal, hiszen, ha figyelembe vesszük, hogy egy 10 000 tonnás évi kapacitású alumíniumkohó esetében kg alumíniumkénti 1 kWó fajlagos energiamegtakarítás évi 1 millió kWó-t tesz ki, azt láthatjuk, hogy itt a fogyasztás aránytalan csökkentésével is több energiát tudunk megtakarítani, mint egyéb területen igen körülményes és esetleg költséges beruházásokat igénylő módszerekkel. Az előadásban elhangzott 18 és 19 kWó-s kg-kénti értékekkel szemben ma az irodalomban 16,5 kWó-val, mint üzemátlagban elérhető értékkel talál-

kozhatunk, sőt elegendő optimumként ma már 14–15. kW szerepel számos szerző munkájában. A magyar energiagazdálkodás szempontjából ez a kérdés tehát igen nagy jelentőségű a jövő szempontjából is. Ezen a téren éppen azért, mert az üzemviteli mód és a konstrukció árnyalatainak látszó módosításairól van szó, igen lassú, hosszú kísérletekkel tele út vezetne csak eredményre. Ebből viszont az következik, hogy egyrészt szüntelenül törekednünk kell az újra, lehetőséget kell adni, hogy az üzemekben konstrukciós és üzemi kísérletek folyhassanak, ami figyelembevételével, hogy a kádak esetében sok kis egységgel van dolgunk, könnyen megoldható.

Az áramhatásfok kérdésével kapcsolatban szeretném megemlíteni kiegészítésül, hogy a timföldkéreg, amely az elektrolit befagyott tetején helyezkedik el, szintén áramvezető, ami az áramvesztések egy részének oka. Erre vonatkozólag szeretném a figyelmet Vajnáknak folyó évben megjelent cikkére felhívni. Ugyancsak figyelmet érdemel a timföldtakaró hőszigetelési viszonyainak alaposabb vizsgálata, amelynek terén nálunk eddig úgyszólván semmi sem történt.

A kád konstrukciónak tudatos, méréseken és számításokon alapuló tervszerű fejlesztése terén is igen kezdeti stádiumban vagyunk, a dolog természeténél fogva úgy hiszem, elsősorban az üzemi szakemberek feladata lesz ezt a kérdést állandóan napirenden tartani és fejleszteni. Reméljük, hogy ezen a téren a kezdeményezésben nem lesz hiány.

Vajk Péter hozzászólásához: üzemében foglalkoztak azzal a gondolattal, hogy a vertikális tüskebevezetésű kádak elszívott gázmennyiségét valamilyen módon hasznosítsák. Nevezetesen a flotált kriolit szárítására gondoltak. Mivel azonban a kádak a gáztermelés szempontjából olyan generátornak tekinthetők, amelyek állandóan változó szénmonoxidtartalmú gázt termelnek, némi oxigénnel keverve, könnyen előállhat a robbanó elegy keletkezésének lehetősége, ezért ennek a gáznak a felhasználása veszélyeket rejt magában és megfontolandó. A felhasználás gondolatát ezért el is vetették.

Dr. Dobos György:

A gáz felhasználására vonatkozólag osztja Szakál kartárs véleményét, hozzáteszi, hogy az üzemben naponta elégetett szénmennyiség csak részben, kb. 50%, ég el szénmonoxidra, a másik része széndioxidra lesz, ami használhatatlan, ezért a nem nagy mennyiségű és robbanásveszélyes gáz felhasználásával nem érdemes foglalkozni. Véleménye szerint a kádak optimális üzemének beállítása összefügg az anódkezelés és az anódeffektus megelőzések alkalmazott módszerével. Amint az anódkezelés módszere változik, megváltozik az egyensúly és meg kell változtatni az üzem beállítását és az anódeffektusok rendszerét is. Az effektusok számának csökkentése feltétlenül helyes, de nem szabad radikálisan végrehajtani. Körültekintésre és óvatosságra int.

Hiányolja, hogy az előadás nem foglalkozik az energiagazdálkodás egyik aktuális kérdésével, az energiacsúcspogasztás csökkentésével. Ez legelőkéleb-
sebben a konstans teljesítményre való szabályozás-

sal volna elérhető. A kohók nem szívesen foglalkoznak ezzel a kérdéssel, pedig véleménye szerint feltétlenül keresztülvihető volna, hogy csúcsidőben ne legyen anódeffektus. A kádak optimális beállítása összefüggésben van az elektrolit vezetőképességgel. A vezetőképesség az elektrolízis ideje alatt állandóan változik. A változást jellemző görbének optimuma van, amelynek ideje igen rövid. Kutatási probléma a technológia vezetésének olyan módszerét kidolgozni, amely lehetővé teszi az optimális állapotban való hosszabb ideig tartózkodást.

Kolosa Ernő:

Az előadásnak ahhoz a részéhez van hozzáfűznie-
valója, mely szerint a katódcsigetelések növelése a katód felmelegedésével, tehát nagyobb igénybeve-
lével és gyorsabb elhasználódásával jár. Megemlíti, hogy a kádak fémtartalékának megfelelő növelésével a katódok megvédhetők. Tudomása szerint az urai kohókban igen erős fenékszigetelésű, közvetlenül a talajra épített kádakat alkalmaznak magas fémtartalékkal, jó eredménnyel. A fémtartalék egyenletes hőmérsékletelosztást tesz lehetővé és mintegy a katódokat hűti.

Gerencsér József:

Szintén az effektusok számának csökkentéséhez szól hozzá. Megemlíti, hogy Vajna o. asz alumíniumkohász irodalomban ismertetett módszere szerint kísérleteket kellene indítani pótgrafit anódok alkalmazására, melyekkel elérhető, hogy megfelelő beállítással tetszés szerinti timföldtartalom mellett jelzést kapjunk. Így az anódeffektusok számának csökkentése a timföld túladagolás veszélye nélkül megoldható. Külön kiválasztott kádcsoportokon egymással párhuzamosan végzendő kísérletsorozat lefolytatását javasolja.

Becker Ervin:

Egyetért az előadóval azzal a megállapításával, hogy kohóinkban még igen nagy mértékben mester-
megfigyelésekre épített üzemvezetés folyik. A kutatásnak kellene segítségül jönnie, hogy a technológia tisztázatlan problémáit feltárja és az elméletben a vezetés segítségére legyen.

A gázösszegyűjtés kérdésben egyetért Szakál kartárssal, a gáz melegítésre való felhasználását már csak azért sem javasolja, mert abban az esetben nehéz volna megoldani olyan értékes műveletet, mint a gázok fluortartalmának mosás útján való visszanyerése.

Az effektus kiküszöböléssel kapcsolatban az a véleménye, hogy az effektusok kiküszöbölése nem célszerű, mert egy-egy anódeffektusnál a kísérő je-
lenségekből az effektus feszültségének nagyságából, a kád állapotára vonatkozólag értékes következtetéseket lehet levonni, azon kívül, hogy a timföld-
túladagolás veszélye elkerülhető.

Dr. Ladányi Béla:

Hiányolja, hogy az előadás nem foglalkozott ki-
merítően az időegységben való termelés növelésével,

mert hiszen jó hatások mellett az időegységben való termelés növelhető, rossz hatások mellett pedig ez csökken. A hozzászólásokban a Kutató Intézet felé elhangzott kívánásokkal kapcsolatban kijelenti, hogy a Kutató Intézet örömmel siet az üzemek se-

gítségére. Reméli, hogy a tervbevett berendezés, mely lehetővé tenné, hogy egyes kádak a többitől függetlenül változtathatók, magasabb áramerősséggel terhelhetők legyenek, el fog készülni, és így üzemi kísérletek lefolytatására lehetőség nyílik.

Tapasztalatok a hazai műkorundgyártás terén*

HARRACH VALTER

Валтер Гаррах:

Опыты в области фабрикации отечественного искусственного корунда.

A csiszolást az emberiség már régóta ismeri, szélesebb körben azonban csak a XX. században alkalmazta. Eleinte megfeleltek az igényeknek a természetes csiszolóanyagok, melyeknek helyét elfoglalták a mesterséges készítmények: az elektro-korund, szilíciumkarbid és bórkarbid.

Magyarországon 1949-ben kezdődtek az első kísérletek egy 4400 kW-os egyfázisú kemencével. 1950-ben a kísérleti üzem tapasztalatait felhasználva helyeztük üzembe a mosonmagyaróvári gyár háromfázisú kemencéjét. A kemencék szerkezetének és az üzemhez tartozó gépészeti berendezések ismertetése helyett inkább azokkal a vegyész szempontjából is érdekes problémákkal foglalkozom, melyek az üzemi kísérletek és a gyártás során felvetődtek.

Minden új gyártási eljárás bevezetése a gyártás adottságainak és a felhasználók igényeinek egybehangolásából áll. A magyar műkorund-gyártás rövid multja példa arra, hogy milyen nehezen lehet az üzemi adottságokat az átvevők kívánalmainak megfelelő termék előállítására beállítani. Ezen cél érdekében végzett kísérleteink adták azokat a problémákat, melyekről beszámolóm szól.

A felmerült kérdéseket három csoportba foglalhatjuk:

1. Nyersanyag problémák.
2. A gyártás menete.
3. Vizsgálati módszerek.

Három fajta korundot gyárt az ipar. A nemes korund timföld olvasztásával, a normál korund bauxitnak redukáló anyaggal történő olvasztásával, a fekete korund pedig bauxit redukálás nélküli olvasztásával készül.

Nemes korund gyártásnál a megolvasztott timföld lassan lehülve kikristályosodik. Fontos, hogy a timföld minél kevesebb szennyező alkatrészt tartalmazzon és az olvasztás során se szennyeződjék. Ezért az olvasztást grafit elektródával végezzük.

Tájékoztatásul összeállítottuk néhány üzem által felhasznált timföld összetételét és a gyártott korund elemzéseit.

Az összeállítás mutatja, hogy az olvasztás folyamán a nyersanyag alig változik és a kis változás

sem javítja, hanem rontja a korund összetételét. Magyaróvári üzemünkben megfelelő befogó pofa hiányában kénytelenek voltunk az olvasztáshoz szén-elektrodát felhasználni, mivel 600 mm átmérőjű grafit elektrodát nem kaptunk.

Ezáltal a korund szürkés színezetű lett a belekerült hamu- és szénrészecskéktől. A szemcsék utólagos izzítás által visszanyerik fehér színüket, a felhasználók közlése szerint azonban sokkal ridegebbek a grafit elektróddal égetett szemcséknél. A fehér korund gyártását hátrányosan befolyásolják a keletkező alumínátok, különösen a CaO , $6 \text{ Al}_2\text{O}_3$ és a Na_2O . $12 \text{ Al}_2\text{O}_3$, melyek a fizikai korund tartalmát csökkentik és rontják a termék csiszoló képességét. Keletkezésük a felhasznált timföld Na_2O és CaO tartalmától függ.

A normál korund gyártás: redukáló olvasztás. Lényege az, hogy a beadagolt szén hatására fémmé redukálódnak a bauxit fontosabb szennyeződései és elválnak a nem redukált alumíniumoxidtól. Hazai korundgyártásunk a legkülönbébb összetételű bauxitokból választhatja ki a legmegfelelebbet. A bauxit összetételére vonatkozóan végzett kísérleteink után meghatároztuk igényeinket a felhasználandó anyaggal szemben. Közben megjelent magyar nyelven M. V. Kamencev könyve a mesterséges csiszoló anyagokról, melyben a bauxittal szemben támasztott követelmények ugyancsak a mi tapasztalatainkat igazolják.

1. A bauxit Al_2O_3 tartalma maximális, SiO_2 tartalma, minél alacsonyabb legyen. Kamencev szerint 7–10 modulusú bauxitok felelnek meg leginkább korundgyártásra. Tapasztalataink alapján kívánatosnak tartjuk a 10 feletti modulusú bauxitokat.
2. A CaO tartalom minimális legyen. Kamencev szerint minden százalék timföld tartalomra legfeljebb 0,008% CaO tartalom eshet.
3. A nedvességtartalom ne legyen több 14–16 százaléknál.

Kamencev ezenkívül előírja, hogy a 15 mm-nél kisebb szemcse mennyisége 20% alatt legyen. Erre vonatkozóan az eddigi tapasztalatok alapján lényegesebb követelményeink nincsenek.

A bauxit legkárosabb szennyeződése a SiO_2 , mivel csökkenti a vasótvözet ülepedését és redukálja sok energiát fogyaszt.

A CaO és MgO rontják a korund szilárdságát és a képződött karbidok az ilyen szemcséből készült

* Elhangzott az 1951. évi Vegyészkongresszuson.

	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	Si O ₂	Ti O ₂	CaO	Na ₂ O	K ₂ O	So ₃	P ₂ O ₅	
T i m f ö l d	Carborundum Electrite Benatky	99·38	0·017	0·006	0·01	0·04	0·29	0·001	0·08	olasz timföld
	Feldmühle Luisdorf	98·69	0·02	0·024	0·01	0·154	0·48	0·003	0·22	
	M S O Rheinfelden	99·25	0·025	0·03	0·01	0·04	0·37			
	Ferrowerk Rhina Laufenberg	97·6	0·025	0·06	0·04		0·4			
	Műkorundgyár Dorog	99·15	0·047	0·026	0·012	0·00	0·23		0·005	
	Műkorundgyár Magyaróvár	98·65	0·073	0·046	0·011	0·1	0·3		0·383	almásfüzitői timföld
		99·11	0·004	0·032	0·011	0·69	0·23		0·005	magyaróvári
M ű k o r u n d	Carborundum Electrite Benatky	98·96	0·098	0·16	0·018	0·03	0·47			
	Ferrowerk Rhina Laufenberg	99·34	0·018	0·04						
	Műkorundgyár Dorog	99·56	0·053	0·028	0·012	0·04	0·28			
	Műkorundgyár Magyaróvár	98·52	0·438	0·182	0·11	0·1				almásfüzitői timföld
			98·91	0·335	0·12	0·028	0·05			magyaróvári timföld

korongokban repedéseket idéznek elő az égetés folyamán, ami által a korongok használhatatlanná válnak.

* A túl nagy nedvességtartalom, különösen a hidrátvíz az energia felhasználását növeli és a kemence üzemét nyugtalanná teszi. A tapadó nedvesség legnagyobb részét a sugárzó hő és a távozó gázok űzik el. Kamencev szerint a nyersanyagban lévő bauxit por szintén hátráltatja a kemence üzemét, mert akadályozza a gázok eltávozását. Magyaróvári üzemünkben a betét lazítására fűrészporthoz adagoltunk a bauxit-

hoz. Alábbiakban táblázatban foglaltuk a különböző üzemekben felhasznált bauxit-féleségeket.

A különböző bauxitok felhasználása során különösen a Si O₂ tartalmú bauxitokból készült tömbök-nél a képződött ötvözet alig ülepedett le és legnagyobb részt apró zárványok formájában oszlott el a tömbben. A felhasználásra kerülő bauxitot eleinte előzetes pörkölésnek vetettük alá, de későbbi, nyers bauxittal végzett kísérlet sorozat bebizonyította, hogy nem okvetlenül szükséges a pörkölés, sőt egyes szempontok a nyers bauxit felhasználása mellett szólnak.

	Tap. nedv.	Izz. veszt.	$\frac{Al_2O_3}{SiO_2}$	Al ₂ O ₃	SiO ₂	F ₂ O ₃	TiO ₂	CaO	
Carborundum Electrite Benatky		11.73	30.2	57.05	1.89	25.51	2.98	0.90	magyar bauxit
Feldmühle Luisdorf	8.0	13.0	6.0	60.0	10.0	12.0	2.9	0.15	francia bauxit
	14.0	15.0	9.1	58.5	6.4	19.0	2.9	0.2	magyar bauxit
MSO Rheinfelden		12.6	18.9	71.8	3.8	8.0	3.6	0.25	francia bauxit
			10.9	60.12	5.52	17.01	2.35	0.35	magyar bauxit
Lonza Werke Waldshut	13.55	15.1	6.7	58.21	8.71	14.70	2.87	0.11	magyar világos
	14.75	14.67	9.8	57.14	5.82	20.78	2.87	0.22	magyar vörös
Ferrowerk Rhina Laufenberg		12.0	11.1	57.5	5.2	22.0	2.7	0.07	francia bauxit
		14.2	9.1	60.77	6.65	13.55	3.3	3.02	magyar bauxit
Elektroschmelzwerk Zschornowitz	14.40	15.10	9.3	53.44	5.76	21.80	3.20	0.7	magyar bauxit
		14.5	7.4	61.48	8.36	11.82	2.70	0.29	Gánt pörkölt
Műkorundgyár Dorog		12.66	17.2	57.4	3.33	22.77	2.88	0.42	Devecser pörkölt
		29.40	11.5	57.69	5.00	5.05	2.70	0.16	Devecser nyers
Műkorundgyár Magyaróvár		13.15	16.8	57.58	3.42	22.61	2.69	0.41	Gánt pörkölt
		13.80	6.0	62.34	10.37	9.83	2.69	0.40	Gánt pörkölt

Redukáló anyagnak hazai kőszénből készített kokszot használunk.

A redukáló anyagra vonatkozóan a külföldi gyárak véleményei egészen eltérőek, abban azonban az összes üzemek véleménye megegyezik, hogy a hamutartalom minél alacsonyabb legyen. A koksz hamutartalma ugyanis újabb szennyezések bevitelét jelenti a kemencébe, melyeknek eltávolítása növeli az energia felhasználást. Több gyár is használt azonban 20%-osnál nagyobb hamutartalmú kokszot. Mi eleinte 20–40 mm-es, később 10–20 mm-es szemnagyságú kokszot használtunk, 16–20% hamutartalommal.

A színes korund gyártásnál a két alap nyersanyagon kívül segédanyagok adagolása is szükségessé válik esetenként. Ha a bauxit SiO_2 tartalma túlságosan magas (15% felett), akkor vasforgács hozzáadásával érhető el egy mágnesezhető és aránylag jól ülepedő ötvözet képződése. Üzemünkben felhasznált bauxit nem tette indokoltá vasforgács alkalmazását, mégis végeztünk ilyen kísérletet is azért, hogy az ötvözet ülepedését elősegítsük. Sajnos a vasat teljesen leüleptíteni nem lehet, habár jól vezetett olvasztással, letakart elektródákkal vasforgács nélkül is elég jó ülepedést értünk el.

A keverék összeállításánál fűrészport is alkalmaztunk. Különösen pörkölt bauxitnál jelentett előnyt fűrészpor keverése, mert csökkentette a kéregképződést az elektródákon és a betét szerkezetét lazábbá tette. Nyers bauxithoz fűrészpor keverése nem okvetlenül szükséges.

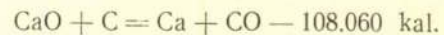
Fehér és színes korund gyártásához egyaránt használtunk grafit és szénelektrodát. Amíg azonban a fehér korund minőségét a grafit elektróda lényegesen befolyásolja, színes korund gyártásnál az elért minőségjavulás nincsen arányban a ráfordításokkal, még akkor sem, ha a grafitlektroda több, mint másfélszeres élettartamával számolunk a szénelektrodával szemben. Szénelektrodát Lengyelországból, Németországból és Franciaországból kaptunk. Összetételükben nem sok eltérés mutatkozott. Hamutartalmuk 3–5% között mozog. A kemencéből távozó gázokkal szemben azonban a francia elektródák kevésbé bizonyultak ellenállóknak, mint a német és lengyel gyártmányúnak.

A korundgyártásnál a felhasznált anyagokon kívül lényeges szerepet játszik a felhasznált elektromos energia is. Az elektromos veszteségek szempontjából célszerűbb minél magasabb feszültség alkalmazása, mert míg 78 Volt mellett a kemence hasznos teljesítménye a névleges teljesítésnek csak 78,7 százalékát éri el, addig 130 Volt-nál ez a szám 93, 15%-ra emelkedik. Golubkov, Kondakov és Filonyenko kutatásai szerint azonban a korund kristályok nagysága a feszültség emelésével rohamosan csökken. Ezért normál elektrokorundnál a kemence megengedhető határfeszültsége 120–130 Volt. Erre vonatkozólag nem végeztünk kísérleteket, az eddigi gyártás során azonban a dorogi és magyaróvári kemencéinknél egyaránt 100 Volt feszültség mellett értük el a legnyugodtabb olvasztást.

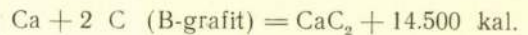
Az alap- és segédanyagok helyes megválasztása csak részben biztosítja a megfelelő minőségű szemcse keletkezését. Az olvasztás munkamódszere is

lényegesen befolyásolja a termék minőségét. A redukáló anyag mennyiségét a bauxit és koksz elemzési adatai alapján számítjuk ki. A nyersanyag összekeverése 500 kg-os adagokban történik. Az olvasztás megindításánál a kemence fenékelektrodájáról koksz segítségével ívet húzunk, azután folyamatosan megkezdődik a keverék beadagolása. A redukiót két módon végezhetjük, egyenletes energia felhasználással, csökkenő adagolás mellett, vagy egyenletes adagolás mellett a teljesítmény fokozásával. Utóbbi munkamódszer könnyebben kivitelezhető, ezért ezt alkalmaztuk. A redukió ily módon való levezetésével lehet egész idő alatt a fürdő minél nagyobb részét olvadt állapotban tartani. Ezt a célt szolgálja az is, hogy az égetés első 8–10 órája után a nyílt elektródákkal való üzembről áttérve letakart elektródákkal folytatjuk az olvasztást. Kemence-üzem indításánál célszerű a nyílt garat, hogy a meleg ki tudjon sugározni és ne vegye igénybe túlságosan a fenékszenet. A fenékszen védelmére indulás előtt a kemence aljára, az elektródák alá néhány kg vasas korunddarabot dobunk, azonkívül az olvasztás elején a szükségesnél erősebben tápláljuk a kemencét, hogy az elektródák eltávolodjanak a fenéktől.

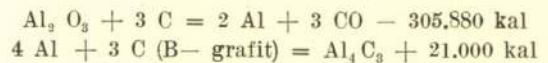
A redukió során először a Fe_2O_3 , majd a SiO_2 , TiO_2 és végül az Al_2O_3 redukálódik. A CaO az olvadéokban az Al_2O_3 -dal vegyülve CaO. 6 Al_2O_3 -t, továbbá a SiO_2 -dal és Al_2O_3 -dal anortitot ($\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{SiO}_2$) képez, ezzel is csökkentve a korund zónáját. A CaO redukiója a következőképpen megy végbe.



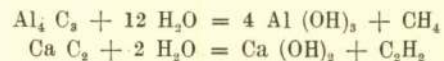
A redukióknál ne malkalciumot, hanem kalciumkarbidot kapunk, mert ennek exotermikus a képződése:



A korundban a betét csekély, CaO tartalma és az anortit és kalciumhexaaluminát képződése miatt a CaC_2 csupán jelentős mérvű túlhevítésnél, illetve túlredukálásnál jelentkezik, amikor egyidejűleg nagy mennyiségű Al_2O_3 is redukálódik, részben fém alumíniummá, részben a következő egyenlet szerint alumíniumkarbiddá:



Az Al_4C_3 és CaC_2 feltehetőleg oldódik a korundfürdőben és a szemcse továbbfeldolgozásánál selejtet okoz a vízzel való bomlása miatt.

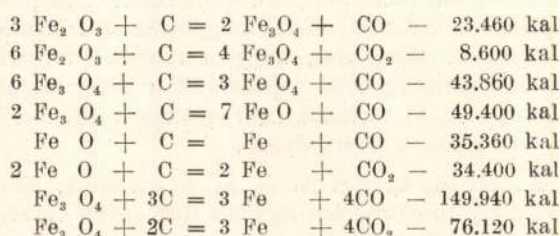


A CaO egy kis része a szilíciummal Ca_2Si_2 és CaSi_2 -vé alakul ezen két vegyület képződésére azonban a FeSi keletkezése mellett kevés lehetőség van. Magas hőmérsékleten a CaC_2 részben elpárolog, részben megbomlik. Így nyitott elektródákkal való üzemből a CaO részbeni eltávolítása elérhető, ami viszont jelentős villamosenergia fogyasztástöbbletet eredményez.

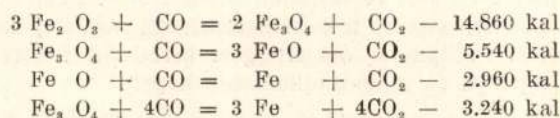
Kísérleteink során az átvevő gyárak kívánságára olvasztottunk néhány túlredukált tömböt, ami-

kor 50%-os kokszielesleget használtunk. A redukció eredményeként olyan tömböket kaptunk, melyek néhány heti állás után levegőn porrá mállottak szét. Ezeken a tapasztalatokon okulva inkább visszatérünk a normális üzemre és feladtuk azt a reményt, hogy a korund Fe_2O_3 tartalmát pusztán kohászati úton 0,5% alá csökkentjük. Az Al_2O_3 redukciója teljesen soha sem kerülhető el, amit abból is láthatunk, hogy a képződött ferro-ötvözet mindig tartalmaz fémalumíniumot. Az olvasztásnál — Kamencev kutatásai szerint — 91% os a timföld kihozatal, ami azzal magyarázható, hogy az elektromos ívek zónájában a timföld redukcióját elősegítő feltételek jönnek létre.

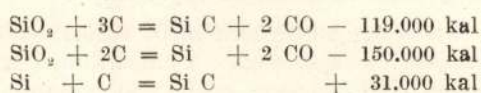
Az Al_2O_3 és CaO redukcióját, mint nem kívánatos reakciókat említettük. A bauxit szennyeződései közül elsősorban az Fe_2O_3 -nak, SiO_2 -nek és kismértékben a TiO_2 -nak kell kiredukálódnia. A Fe_2O_3 redukciója szén jelenlétében a következő egyenletek szerint történik, a hőfoktól függően:



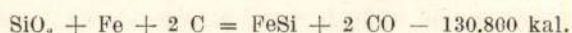
Emellett a képződő szénmonoxid maga is redukálóanyagként viselkedik:



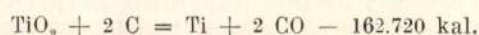
A vasoxid redukcióját sorrendben a kovasav redukciója követi. Szén jelenlétében SiO_2 -ből nem fém szilícium, hanem szilíciumkarbid keletkezik a következő termokémiai egyenletek alapján:



Ennek ellenére azonban sem a korundban, sem a fémötvözetben $Si C$ -ot nem találunk. Ez azzal magyarázható, hogy az elektrokorund olvasztásánál a kovasav redukciójakor feltétlenül van jelen vas, és a szilícium és a vas $FeSi$ -t alkot. Az esetlegesen képződött SiC -t — Kamencev közlése szerint — az olvadt vas gyorsan felbontja. Végeredményben a kovasav redukciója a következőképpen történik:



A szovjet tudósok megállapítása szerint a titán az olvadékban és az elektrokorundban TiO_2 vagy még nagyobb valószínűséggel Ti_2O_3 alakban van jelen. A szénrel való redukciónál elképzelhető TiC képződése, de a leírt elmélet szerint a következő redukció a legvalószínűbb:



A fenti redukciós folyamatok összességének eredménye a 94—98% Al_2O_3 tartalmú korund és egy változó összetételű $Fe - Si - Ti - Al$ ötvözet. Ahhoz, hogy a korundszemcsék a csiszolóipar igényeinek megfeleljenek, már a tömbök összetételét is adott határok közé kell szorítani. Átvevő gyáraink a korundszemcsével szemben a következő igényeket támasztják:

Összetétel	Fehér korundnál	Színes korundnál
Al_2O_3	99 % \pm 1/2 %	96 % \pm 1 %
Fe_2O_3	max 0,1 %	max 1 %
CaO	max 0,2 %	max 0,2 %
SiO_2	max 0,2 %	max 2 %
MgO	max 0,5 %	$Ti O_2$ 3 % \pm 1 %

Fehér korundnál az összetétel elérése nem ütközik nehézségbe, ha magyaróvári timföldet grafit elektróddal olvasztunk meg. Szénelektróddal sajnos meglehetősen sok szennyező anyagot viszünk a korundba, így a Fe_2O_3 tartalomra vonatkozó kikötést nem mindig tudjuk teljesíteni.

Normál korundnál az Al_2O_3 , SiO_2 és CaO -ra vonatkozó követelményeket pusztán kohászati úton is ki lehet elégíteni. Nem úgy azonban a Fe_2O_3 és TiO_2 -ra vonatkozó előírásokat. Ugyanis, ha a redukciót úgy vezetjük, hogy a Fe_2O_3 tartalom 1% alá csökkenjen, akkor elkerülhetetlen a $Ti O_2$ egy részének redukciója is, tehát a kívánt 3% körüli $Ti O_2$ tartalom nincs meg. Fordítva, ha a TiO_2 tartalomra vagyunk tekintettel, akkor a Fe_2O_3 tartalom emelkedik a megengedett határ fölé. Külföldi üzemek úgy segítenek magukon, hogy a redukció során a TiO_2 -t lehetőleg változatlanul hagyják. A tömbben maradt FeO -t pedig utólagos izzítással mágnesezhető Fe_2O_3 -dá oxidálják és másodszori mágnesezéssel eltávolítják.

Üzemünkben a szemcse utólagos kezelése bevezetve még nincs, így a mágnesezéssel csak a fém vasat tudjuk a szemcséből elkülöníteni. Az utólagos izzítás további előnye, hogy a Al_2O_3 ismét oxidálódik Al_2O_3 -dá és ezzel kiküszöbölhető a keramikus korongoknál a hajszáltrepedések miatt keletkező selejt.

Egyes gyárak savas oldásnak is alávetik a korundot, ezáltal vastartalma és $Ti O_2$ tartalma is csökken. A savas kezelés azonban sokkal költségesebb az utóalkalinálásnál. Egyes üzemekben a két utókezelést kombinálva alkalmazzák. Savazásra vonatkozólag laboratóriumi kísérleteket végeztünk és a következő eredményeket kaptuk.

A kísérlethez techn. cc sósavat használtunk. Nagyüzemi savazásnál természetesen cc HCl használata nem kifizetődő. A savazást két részletben végrehajtva először hígabb, egyszer már használt savval, majd töményebb friss savval, az eredmény megfélelő.

	Eredeti korund	Egyszer használt savval kezelve	Egyszer kezelt korund friss vval kezelve
Al_2O_3	86.4	91.9	93.98
SiO_2	2.76	2.74	2.16
Fe_2O_3	6.83	1.70	0.85
TiO_2	3.65	3.30	2.85

Az utólagos kezelés másik előnye az, hogy a redukción nem kell túlzásba vinni, ezáltal szívósabb marad a szemcse. A műkorund szemcséket ugyanis üveges anyag cementálja össze és minél nagyobb a timföld tartalom, annál ridegebb az anyag.

Alábbi táblázat szemlélteti néhány külföldi üzem által gyártott korund összetételét a magyar szemcséhez viszonyítva. Ismételtlen le kell azonban szögezni, hogy ezen üzemek mindegyike utókezelést alkalmaz.

	Al_2O_3	SiO_2	Fe_2O_3	TiO_2	CaO	
Carborundum Electrite Benatky	95.288	1.37	0.65	1.45	1.14	
Feldmühle Luisdorf	96.2	0.8	0.6	2.4		
Ferrowerk Rhina Laufenberg	96.28	1.04	0.07	2.65		
Elektroschmelzwerk Zschornowitz	96.04	0.48	0.77	1.35	0.85	
Műkorund	97.50	0.31	0.73	1.20	0.22	tömb
Magyaróvár	96.15	0.68	0.94	1.85	0.22	szemcse

A magyaróvári korund szemcséátlagos több szennyeződést tartalmaz, mint a tömb átlag. Ennek oka az, hogy a mágnes kiválasztás nem tökéletes és vasötvözet szemcsék maradnak a korund szemcsék között.

A kémiai összetételen felül előírják a feldolgozó gyárak, hogy a szemcsék, 1300° C-ra felmelegítve ne süljenek össze. Az összesülést főleg fém-vas tartalmú szemcsék okozzák, melyek a kalcinálás utáni mágnesezéssel és szitálással kerülnek elkülönítésre. A szemcsével szemben támasztott egyéb követelményeket és előírásokat a vizsgálati módszereknél fogom felsorolni. Előbb azonban a korundgyártás melléktermékeként keletkező vasötvözetről lesz szó.

Az olvasztás során képződő ötvözet részben a fürdő aljára ülepszik és lencsét alkot, részben kisebb nagyobb szilícium, alumínium, titán továbbá kén, szén és foszfor tartalommal. Ezen elemek az olvasztásra kerülő nyers anyagokban mind benne vannak. Az ötvözet mennyisége függ a bauxit minőségétől. Minél több szennyező alkotó részt, főképpen SiO_2 -t tartalmaz a betét, annál több ötvözet keletkezik az olvasz-

tás során. Míg 3% SiO_2 tartalmú 20 modulusú bauxitból 1 tonna elektrókorund mellett 90—100 kg ötvözet keletkezik, addig 10% SiO_2 tartalom és 5 modul mellett ez a mennyiség 500—550 kg-ra emelkedik. Az ötvözzel szemben a korundgyártás a következő követelményeket támasztja:

1. Meg kell gyorsítani a szennyeződések lehető legtökéletesebb eltávolítását és meg kell könnyíteni a redukció lefolyását.
2. Mind az olvasztás alatt, mind a darabos anyag további feidolgozása során a korundtól könnyen elválasztható legyen.

A magyar korundgyártásnál képződött vasötvözet a bauxit minőségének és az olvasztásnak megfelelően 5—18% szilíciumot, 1,5—9% alumíniumot és 1,5—14% titánt tartalmazott, azonkívül kis mértékben kén és szén. Az ötvözet összetétele azért mozog ilyen széles határok között, mert mint mondtam, voltak erósen túlhevített, ill. túlredukált tonnjaink, melyeknél a TiO_2 és Al_2O_3 nagymértékben szinten redukálódott. Most már, hogy a redukció levezetésére vonatkozólag több tapasztalattal rendelkezünk, az ötvözet Al — tartalma nem emelkedik 4% tölé és Ti — tartalma is alacsonyabb.

Az ötvözet magas Al és Si — tartalma, azonkívül, hogy túlredukcióra figyelmeztet, egyéb veszélyt is jelent: A két tem erősen rontja az ötvözet üledékes és mágneses tulajdonságait. 15—20% Si — tartalmú ötvözet gyakorlatilag nem mágnesezhető, úgyisintén 4—5%-os Al-tartalmú ötvözet sem. Ezáltal a vas kiionválasztása a korundszemcsétől nehézségekbe ütközik. Próbáitunk összefüggést keresni a vasötvözet fajsúlya és mágnesezhetősége között.

Sajnos, nem találtunk élesen megállapítható határt, mert az ötvözetekben az összetevők egymás közötti aránya is változó. 6 alatti fajsúlyú ötvözet nem mutatott mágneses tulajdonságokat, 6—6,5 közti fajsúlyú ötvözetek között találtunk mágnesezhető és nem mágnesezhető mintákat egyaránt.

A keletkezett vasötvözet-tömböt vasolvasztónak és vasöntődének felajánlottuk kipróbálásra, változó összetétele miatt azonban egyik sem vállalta annak feldolgozását. Németországban saválló öntvények készítésére használják, mivel 10% feletti Si tartalmú ötvözet már erősen ellenáll a kénsav és sósav oldó hatásának.

Az elmondottakból látszik, milyen sok körülmény befolyásolja egy látszólag egészen egyszerű redukciós olvasztás menetét, még normális üzemmenet mellett is. Ezenfelül kitűnik, hogy milyen jól begyakorolt szak- és segéd munkásokra van a gyártásnak szüksége. Egyik külföldi üzem közlése szerint 20 év alatt mindössze kétszer fordult elő, hogy a korund olvasztó kemencét kiégette és abból kifolyt. A mi üzemünkben két évi gyártás során jóval több kemence lyukadásunk volt. A kemence kiégetések két módon történtek: Fehér korund gyártásánál az olvasztó körülvéő timföldréteg megcsúsztatása folytán az olvasztó eléri a béleletlen vasköpenyt és a termitbomba égéséhez hasonló tűzjelenség kíséretében át-olvasztja azt. Ha a kemence kiszolgálószemélyzete

nem veszi el lélekjelenlétét és egyrészt elég timföldet szór a veszélyeztetett helyre, másrészt a köpenyt erős vízsugárral fecskendezi, az esetek nagyobb részében sikerül a kilyukadást megakadályozni. Ha az olvadék kitörése a fürdő nivójánál jóval lejjebb történik, a kiolvadás szinte alig kerülhető el. Színes korund gyártásánál a köpeny kevésbé van veszélyeztetve még nyugtalan üzemmenetnél bekövetkező heves kitöréseknél sem. Itt a veszélyt a leváló vasötvözet jelenti, mely híg folyós állapotában beszívárog a döngölt fenékszén hajszál repedéseibe, azokat kitágítja, eléri a kocsi alját vagy oldalát és heves tűzjelenség kíséretében elháríthatatlanul kiolvastja. Magyaróvári üzemünkben egyik ilyen kiolvadás alkalmával az olvadt anyag a kemencetér betonpadlóján szétfolyva heves robbanásokat okozott. Ugyanakkor a kemencéből 5–6 m magasságig szökőkúthoz hasonló szikra és tűzsugár lövelt ki. Bár a kemencekocsi sérülését könnyen ki tudtuk javítani, a szétfolyt anyag sugárzó hője és a robbanás folytán keletkezett légnyomás az elektromos berendezésekben igen nagy kárt okozott. Az ilyen természetű üzemzavarok a kemencefenék leggondosabb karbantartásával küszöbölhetők ki. A kemencefenékben észlelhető legkisebb vasbeszívárgást, tellért ki kell vésni és végig kísérni, majd a kivésett nyílást döngölőmasszával gondosan bedöngölni. Ezen két jellegzetes üzemzavaron kívül főképp az elektródák kontakt pofáival kapcsolatban voltak üzemzavaraink, ezekre azonban nem térek ki.

A korundgyártás vizsgálatai az üzem folyamán a műszaki vezetésnek kevés támaszpontot adnak. Az eredményeket a laboratórium legtöbbször csak a munkaperiódus befejezése után tudja közölni. Egvedüli adat, melynek alapján az adag összeállítás történik, a nyersanyagok analízise, ezt természetesen az olvasztás megindítása előtt kell megkapnia az üzemvezetőnek.

Elemzésre kerülnek a bauxit, koks, timföld, elektróda és a döngölőmassza. A nyersanyagok vizsgálatánál a nedvesség és hidrátvíz, továbbá Al_2O_3 , Fe_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , CaO és S-tartalom fontos. Elektróda és döngölőmassza vizsgálatánál a hamutartalom és összetétel, koksznál ezenkívül a nedvesség ismerete lényeges.

Az olvasztás során vett mintákból gyakorlott kohász szemrevételezéssel állapítja meg a redukció előrehaladását. Sainos ezen a téren még nem rendelkezünk elég tapasztalattal.

Az olvasztás befejezése után készül el a vasötvözet és a korundtömb elemzése, mely a további feldolgozáshoz mutat irányt.

A korundot K_2CO_3 és Na_2CO_3 keverékkel feltárva, a szokásos analitikai módszerekkel vizsgáljuk a SiO_2 , Fe_2O_3 , V_2O_5 tartalmat. Az Al_2O_3 tartalmat kiszámítjuk.

A vasötvözetből a Si, Ti, Al tartalmat határozzuk meg és mágnesezési próbát végzünk. A Si, Ti, Al tartalom ismeretében történik a korund további feldolgozása. Ha ugyanis az ötvözet nem mágnesezhető, akkor a válogatásnál egyetlen vasat tartalmazó korunddarabnak sem szabad örlésre kerülni. Mágnesezhető ötvözetnél a vas kiválasztását nyugodtan rábizhatjuk a mágneses szeparációra és ilyenkor a vassal átszött korunddarabokat is megőrölhetjük. A tömbök

apritása, örlése és osztályozása után kapjuk a kész szemcsét, mely a csiszolóalapanyaggyártás készterméke.

Az osztályozó berendezésből zsákokba kerülő szemcse vizsgálata az eddig ismertett vizsgálatokkal ellentétben, már közvetlenül is érinti a fogyasztókat. Üzemünkben naponta egy-egy szemcsefajtából mintát veszünk és a laboratórium meghatározza ugyanazokat az összetevőket, mint a tömbnél. Ezenkívül hetente egyszer átlag mintát veszünk az összes szemcsefajtákból. A kémiai vizsgálatokon kívül próbaszítással meghatározzuk a szemcsék granulometriai összetételét, ezzel ellenőrizve az osztályozás élességét. A meghatározás szovjet szabvány szerint történik. Megfelelő osztályozásnál a szemcse csak egy számmal tartalmazhat durvább szemcsét a névleges nagyságnál, max. 15%-ban és egy számban kisebbet max. 20%-ban, három számmal kisebb szemcsét pedig max. 15%-ban.

Mikroszkóppal a szemcse alakját és zárványát vizsgáljuk. Rendelés alatt van egy polarizációs mikroszkóp, melynek segítségével a szemcsék ásványtani összetételét fogjuk vizsgálni.

Előírja az átvevő gyár a szemcse tűzállósági próbáját is. $1300^\circ C$ -ra melegítve a szemcséket, nem szabad összesülniök, sem szétrepedezniök, tehát izmitás után is ki kell elégíteni a szitaelemzés előírásait.

A fém vas-tartalom ellenőrzésére szolgál a próbalepények égetése is. Kerámiai kötőanyaggal és vízzel keverve a szemcsét, lepényt gyúrunk és azt egy órán át $1300^\circ C$ -ra izmitjuk. Az égetett lepényeknek vaszeplő menteseknek kell lenniök. A vas-részecskék ugyanis a korongokban pettyek alakjában válnak láthatókká (pettyes selejt) és csiszolás közben a munka darabon bemaródásokat okozhatnak.

A szemcsével szemben támasztott szilárdsági követelmények még nincsenek számszerűen meghatározva. A feldolgozó gyárak által megfelelőnek elfogadott szemcséhez hasonló körülmények között őrlik a vizsgálandó szemcsét és utána összehasonlítást végeznek.

A kézi mágnessel való mágnesezés fémvas-tartalom gyors meghatározására szolgál.

A kémiai elemzés birtokában a csiszolókoronggyárak által előírt savas próba érdektelen, mert a sósavas kioldással és NH_4OH -os lecsanással meghatározott vastartalom nem ad pontosabb eredményt a feltárás utáni meghatározott vastartalomnál.

A keménység meghatározása ingás szklerométerrel történhet, mely egy gyémántélű mérleg, illetve inga. Ezt a gyémántéllal a vizsgálandó anvagra helyezve és kilöndítve, a lengés amplitudójának csökkenéséből következtetünk a keménységre.

Legmegbízhatóbb vizsgálat a szemcse minőségére a próbakoronggal végzett csiszolás. Szemnagyságonként meghatározott nagyságú és keménységű korongot gyártva, a vizsgálandó szemcséből és a normál szemcséből, a két korongot azonos körülmények között végzett próba köszörüléssel hasonlítjuk össze.

Itt kell megemlítenem az Össz-szövetségi Csiszoló és Köszörűanyagok Tudományos Kutatóintézetének két egyszerű, de elmés vizsgálati módszerét, melyeket eddig nem alkalmaztunk, de a jövőben mi is be fogjuk vezetni.

Csiszolóképesség meghatározásra bemért súlyú szemcsét üvegekronon dörzsölve, meghatározott körmenyek szerint, a korong súlyvesztéséből számítható ki a szemcse csiszolóképessége.

Ridegség meghatározására két acéllemez között dörzsölünk bemért csiszolóanyagot, meghatározott ideig. A ridegség kiszámítása a művelet közben szétcsélt szemcsék mennyiségéből történik.

Hazai korundgyártásunk még csak rövid multra tekinthet vissza, de ezen rövid idő alatt igen nagy fejlődés ment keresztül és ez a gyors fejlődés feljogosít bennünket arra a reményre, hogy a magyar csiszolószemcse rövidesen a több évtizedre visszatekintő külföldi gyárak termékével lesz egyenrangú.

Hozzászólások:

Dr. Gedeon Tihamér:

A hazai műkorundgyártás megteremtése, folyamatossá tétele sok munkát és sok küzdelmet igényelt. Mindezekről az előadó beszámolójából értesültünk, azonban nem lenne teljes a kép, ha pár szóval nem egészítenénk ki a hazai műkorundgyártás megteremtésének azokkal az előzményeivel, amelyekben az előadónak része még nem volt. A világháború után hazai csiszolóiparunk igen nagy nehézségekkel küzdött a csiszolószemcse beszerzése terén és már akkor felmerült a gondolat, hogy hazánkban gyártott szemcsével kell ezt az iparunkat ellátni.

1947-ben az Alumínium Miniszteri Biztosság foglalkozott az üggyel és az év novemberében már az előzetes tervek el is készültek, melyet a Tervhivatalhoz terjesztettek fel. A *Tervhivatal* az ügy sürgőségére való tekintettel töbmi illiós hitekeretet adott és a részletes kidolgozással az *ALBART*-ot bízta meg. Az *ALBART* keretén belül bizottság alakult, mely a tervezéshez hozzáfogott. 1949. tavaszán a *Finomkerámiai Iparigazgatóság* értekezletet hívott össze, melyen ecsetelte a műkorund szemcsehiánnyal adódott helyzetet. Ekkor lelkes szakemberekből kisebb brigád alakult, mely a gyors műkorundszemcse előállítását tűzte ki céljául és a *dorogi Karbidgyárban* üzemem kívül álló kis *400 kW-os* karbidkemencét alakították át műkorundgyártásra alkalmas kemencévé. A műkorund kísérleteket 1949. júliusában meg is kezdtük és egy hónapi kísérletezés után már a dorogi üzem termelő üzemévé vált. Ez a kis üzem kezdetben csak tiszta fehérkorundot termelt és csak december közepén kezdük meg a színes műkorund termelésére irányuló kísérleteket gánti vasszegény bauxittal. A műkorundgyártás további fejlődését már az előadó ismertette.

A műkorundgyártás vegyszeri problémáit fejtegeti az előadó, azonban sokkal jobban tudjuk a műkorundgyártás küzdelmeit figyelemmel kísérni, ha ismerjük azokat a felszereléseket is, amelyekben a műkorundgyártás történik. A műkorundkemence nagy általánosságban a többi villamos kemencétől nagyon különbözik és egyik legjellegzetesebb vonása, hogy a műkorundot a kemencéből nem csapolják le. A kemenceszerkezet általában igen egyszerű, sínen gördülő vaskocsi, melyre a terheléstől függően 30–80 cm vastag széntégla, vagy döngöltmassza fenékelektrodát helyeznek. A szénalapra felső irányba szűkülő vaspalást helyeznek, melyet kívülről víz-

zel permetezve hűtenek. A palástot bélelni nem szokták, és tudomásunk szerint Európában csak egy üzem működik, Csehszlovákiában Benátekben, ahol a palástot régi elektrodaszénből faragott béléssel látják el. A műkorundkemence üzembehelyezése úgy történik, hogy a palástba benyúló 2–3 elektrodával ívet húznak és az ívet a megömlesztendő anyaggal, timfölddel, vagy bauxit-szén eleggyel takarják. A kemence kellő felmelegedése után a beolvasás megkezdődik. A műkorundkemencéket általában 3 fázisú árammal tartják üzemben, az 1 fázisú, valamint egyenáramú kemence ma már csak régi üzemekben látható.

Szükségmegoldásként az előző kemencetípustól eltérő szerkezetet is alkalmaznak, így pl. a *Lautwerk-i alumíniumkohóban* ideiglenesen berendeztek egy olyan műkorundüzemet, ahol a csarnok padozatára szilárdan építették fel a fenékelektrodát és erre helyezték rá a palástot. Az elektrodákat gumikereki tartókocsra szerelték és a csarnokon végigfutó alumíniumszekhez kötötték a csatlakozást. A palástba beolvasztott műkorundtömböt a palástot leemelték, az elektrodátartó kocsi a következő széntömb fölé tolták és ott megkezdtek az új tömb beolvasztását. Ebben a rendszerben tehát nem a műkorundtömb, hanem az elektroda-szerkezet volt elmozdítható. Teljesen szükségmegoldás az a rendszer, amikor karbidkemencében olvasztják meg a műkorundanyagot és abból a karbidhoz hasonlóan, csapolással nyerik ki. Az ilyen üzemben a keresletnek megfelelően váltokozva termelnek karbidot, ill. műkorundot.

Az előbbieken ismertetett műkorundgyártás során a beolvasztott műkorundtömböt az elektroda szerkezet alól kihúzzák, levegőn 16–24 órán át hűtik, majd a palástot leemelve további 24 óra után daruval a tömböt leemelik és a törőhelyre szállítják. A törés rendszerint ejtőkörtevel kezdődik, mellyel a tömböt kb. 20 cm-es darabokra aprítják. A további törés már pofás kötőrével, hengeres törővel történik.

A villamoskemence energiaellátását szénelektrodákkal végzik. Az elektroda befogó szerkezet rendszerint vízzel hűtött acélpofákból áll, mely azonban sok üzemzavar forrása lehet. Az acélpofák áramátadása nem olyan jó, mint a bronzpofáké. Könnyen helyi túlmelegedések következhetnek be, ahol az acél gyorsan oxidálódni kezd és a vízűtés ellenére át is lyukadhat. Az ilyenféle üzemzavarok kiküszöbölésére feltétlenül szükséges, hogy a műkorund-üzemet megfelelő elektrodabefogó bronzpofákkal szereljék fel. Az egyszeri nagyobb befektetés az üzemzavarok által bekövetkező kiesések révén bőségesen megtérül.

A színeskorundgyártásnál az elegyösszeállításba a bauxit vasoxid és kovasavtartalmának redukciójához szükséges szénmennyiséget kell számításba venni. Ezt a szénmennyiséget lehetőleg élesen kell kalkulálni, mert az elektroda szénanyaga is résztvesz a redukcióban. Főlős szén alkalmazása karbidképződéshez, és később a műkorundtömb elporlódásához vezet. A műkorund-olvasztás során a kovasav egy része a kemencéből fehér füst alakjában távozik. A magas hőmérsékleten a kovasav redukciója két részben folyik le, az első részben szilíciummonoxiddá redukálódik és mint ilyen a kemencéből elillan. Ez a termék levegőre jutva azonnal szilíciumoxiddá oxidáló-

dik vissza és mint finom fehér por részben az elektróda foglalatokra, részben a csarnok egyéb részeire lerakódik. Sajnos, üzem közben ennek a kolloid finomságú szilíciumoxidnak fel-fogásáról nem gondoskodnak, mert ez igen nagy aktivitású anyag, lúgban könnyen oldódik és belőle szilikagél egyszerűen készíthető.

A műkorundgyártás energiaszükségletére az előadó nem tért ki. Általában azt mondhatjuk, hogy az anyag beolvasztásához, tehát minden egyéb *energiafogyasztás* nélkül kilogrammonként $1,5-2,0$ kWó szükséges, ha fehér műkorundot olvasztunk 1200 C fokon izzított timföldből. Bauxitból gyártott színes műkorund esetén az energiafogyasztás már nagyobb. Nagyobb azért, mert a bauxitnak nem egyszerű felolvasztásáról van szó, hanem az anyagot beolvasztás után még a vasredukció befejeztéig olvadt állapotban is kell tartani. A színes műkorundgyártás folyamata tehát tulajdonképpen két részből áll, először a bauxit beolvasztásából és az olvadt anyag redukciójából. A színes műkorundgyártáshoz tehát az energiaszükséglet $3,5-4,2$ kWó/kg. kész termék. Az *elektródafogyasztás* mindkét műkorundféleségnél kb. 20% nos, fehérműkorundnál $3,5-4,5\%$, színesműkorundnál $3,5-5\%$ -ig. A fehér műkorundgyártásnál alkalmazott grafit-elektrodából a fajlagos fogyasztás még az előbbi adatnál valamivel kevesebb is lehet.

Az értekezleten jelenlévő szakemberek figyeimét fel kell még hívni egy fontos pontra, és pedig arra, hogy a színesműkorundgyártást *Söderberg-rendszerű elektródával* is meg kell valósítani. Köztudomású, hogy a Söderberg-elektroda olcsóbb üzemmenetet biztosít és a műkorundgyártás elektródaanyag kiválasztásánál korántsem olyan kényes, mint az alumíniumkohászaté. Erre alkalmas elektródaanyagot pedig hazai nyersanyagból elő lehet állítani. Műkorundgyártásunkat tehát Söderberg-rendszerű anódák alkalmazásával olcsóbbá tehetjük.

Romwalter Alfréd:

Dr. Gedeon hozzászólását kiegészítve szükségesnek tartom megjegyezni, hogy a füstben a szaga után itélve, a SiO_2 mellett sok kalciumkarbid is lehet.

A redukciónál felhasznált kokszt kiválasztása, annak hamuösszetétele alapján történjék meg. Előnyben részesítendő az olyan kokszt, amelyben a hamu túlnyomóan SiO_2 -ből áll és a CaO- és MgO-tartalom kevés. Ok erre, hogy az SiO_2 a redukció során eltávolítható a korundból, de a CaO és a MgO nem. Utóbbiak jelenléte pedig rontja a szemcsék minőségét.

A hazai korundban kifogásolt vasoxid-tartalom fokozottabb eltávolítása érdekében javaslom a korundgyártásnál felhasznált Fe-Si-Ti-Al-ötvözeteknek

néhány mm-es szemnagyságra aprított alakban az olvasztáshoz történő feladását. Megvizsgálandó volna, hogy ekkor a korundolvadékban lévő vasoxidot a beadagolt ötvözetben lévő Si-, Ti- és Al-tartalom nem redukálná-e ki tökéletesen. Ily módon a vasoxid-tartalom nagyobb mérvű kivonására van mód anélkül, hogy mint a túlnagy feleslegben alkalmazott kokszt adagolásnál — karbidképződés álljon elő.

Mattyasovszky-Zsolnay László:

A csiszolókorundgyártó ipar hálával tartozik Harrach kartársnak, nemcsak azért, hogy a nehéz műszaki problémákat igyekezett megoldani, hanem azért is, mert tudományosan is feldolgozott egy olyan témát, amelynek megbízható szakirodalma újszóván nincs. A csiszolószemcse csiszolóképesége a keménységtől és a szívósságtól függ. Probléma jelenleg a 96% -os szemcse szívóssága körül van. A legjobb minőségű külföldi szemcse 40 órás szabványos őrlés után válik felelőssé. Ezzel szemben jelenleg a magyarvári szemcse 4 órás őrlés után felelőssé válik és így ridegsége kb. 99% -os kemény rideg szemcse ridegségének felel meg. Az ok kiderítésére további gyakorlati kísérletekre és elméleti vizsgálatokra lesz szükség. Az előttem szólók megemlékeztek már a CaO és a MgO szerepéről, valamint a nagykristályok szerepéről. Fel akarom hívni a figyelmet arra, hogy a kemény, de nagyon rideg nemeskorund sem tartalmaz jelentős mennyiségű CaO és MgO-t. Kristályalakjai is nagyok lehetnek és mégis ridegek. Az eltérés főleg a TiO_2 -tartalomban van. Jogos az a feltevés, hogy a Ti-tartalom növekedésével érhetjük el a 96% -os szemcsétől megkövetelendő szívósságot.

Javasolom, hogy egyrészt tudományosan tisztázzák a Ti-bauxitok szívósság-növelő hatását, másrészt gyakorlatilag igyekezzenek a TiO-tartalmat növelni.

Becker Ervin:

Szeretné egy gyakorlati példára felhívni Harrach kartárs figyelmét: A csernoviczi korundgyárban egy igen egyszerű és mégis eredményes módszert alkalmaznak, aminek lényege az, hogy a próbát egy farúdra erősített 20 mm átmérőjű vaspálcával veszik, amelyet az ömledékbe mártanak és lehűlés közben megfigyelnek. Az ömledék színéből és sűrűségéből következtetnek a redukció állapotára. Megfigyelésem szerint a jó próba a vasrúdról könnyen lepattogott és első felülete üveges és halványzárna színű volt. Az üzem közlése szerint ezzel a próbával megfelelő gyakorlattal, kifogástalanul lehet a redukció fokát megállapítani.

Hozzászólás Timár Vilmos „Alumíniumkohók energiagazdálkodása” című előadása nyomán kialakult vitához

VAJK PÉTER

Az 1951. évi Vegyészkongresszuson hangzott el Timár Vilmos fenti című előadása. Az előadás után javaslatot tettem arra vonatkozólag, hogy az új vertikális bevezetésű tüskékkel ellátott kemencékkel fel-

szertelt üzemeknél a távozó anódgázokat fogjuk fel és a bennük rejlő energiát fordítsuk hasznos munka végzésére, szemben a ma követett eljárással, amikor rögtön a kemencénél meggyújtják őket és a kelet-

kező hőt elvesztik. Javaslatommal szemben Szakál Pál, Dobos György és Becker Ervin lényegileg az alábbi kifogásokat emelte:

1. Az anódgázok mennyisége és a belőlük nyerhető energia kicsi.
2. A gázok hőfoka magas és összegyűjtésük robbanásveszélyes.
3. A gázok egyes alkotórészeit vegyipari célokra akarjuk felhasználni.

Szükségesnek látom javaslatom ellenzőit az alábbi számokkal meggyőzni:

1. Tegyük fel, hogy 100 db. 50 000 A-s kemencéből álló üzemünk van, naponta tehát $50\,000 \times 24 = 1\,200\,000$ Aó áramot fogyasztunk kemencénként.

1 Aó 0,336 g alumíniumot választ le.

Ha az amperhatásfok 0,85, akkor

$1\,200\,000 \times 0,336 \times 0,85 = 344$ kg alumíniumot termelünk kádanként naponta.

Ehhez $344 \times 0,6 = 206$ kg anódmassza kell.

Dobos György szavai szerint tegyük fel, hogy égés közben ennek fele CO-á, fele pedig CO₂-á alakul át.

12 kg C + 16 kg O = 28 kg CO

1 kg C + $\frac{16}{12}$ kg O = $\frac{28}{12}$ kg CO = $2,34$ kg CO

103 kg C + 136 kg O = 240 kg CO

Ha a keletkezett szénmonoxidot elégetjük,

28 kg CO + 16 kg O = 44 kg CO₂ + $68\,000$ kal

240 kg CO elégetésekor $\frac{240}{28} \times 68\,000 =$

$580\,000$ kal keletkezik.

100 kádas üzem esetén tehát naponta 58 millió kalória áll rendelkezésünkre.

A megtakarítás $\frac{58\,000\,000}{3400} = 17\,000$ kg = 17 tonna szén, vagy alumíniumkohó mellé épített korszerű erőműben $17\,000$ kWó naponta.

Feltételezett üzemünk naponta $34\,000$ kg alumíniumot termel, tehát $\frac{17000}{34400} = 0,495$ kWó/kg a fajlagos energiamegtakarítás. Timár Vilmos előadása szerint kohóink legkedvezőbb energiafogyasztása ezidőszerint 19 kWó/kg. A fentiekben kiszámított megtakarítás ennek $\frac{0,495 \times 100}{19} = 2,6\%$ -át teszi ki. Ez a tétel az energiatakarékosság és önköltségsökkentés szempontjából egyáltalán nem jelentéktelen.

2. A gázok kb. 900° C hőmérséklettel távoznak, közepes fajhőjük 100° és 900° között $0,255$.

Súlyegységre számolva

$$Q_{900} = 900 \times 0,255 = 230 \text{ kal}$$

$$Q_{100} = 100 \times 0,255 = 25,5 \text{ kal}$$

$$\frac{230}{25,5} = 9,02 \text{ kal}$$

Ilyen hőmennyiség szabadul fel, ha a gázokat 100° -ra hűtjük le felületi hőkicserélőn.

Az előbbi pontban számított 240 kg CO-on kívül rendelkezésünkre áll

$$\frac{103 \times 44}{12} = 377 \text{ kg CO}_2$$

A gázok összmenyisége tehát $240 + 377 = 617$ kg. A teljes hőmennyiség tehát $617 \times 204,5 = 125\,000$ kal. Ez 100 kád esetén $12\,500\,000$ kal.

E mennyiség hozzáadható az előbbi pontban számított megtakarításhoz, de a hőkicserélés eredménye az is, hogy a gázokat nem kell melegen tárolnunk. Ebben az esetben a robbanásveszélyt is kiküszöböltük.

3. Ma a gázokat elégetik és az így kapott szekunder füstgáz kerülhet kémiai feldolgozásra. Az általam javasolt energiafelhasználás eredménye ugyanilyen összetételű szekunder füstgáz, amely vegyipari feldolgozásra ugyanígy alkalmas.

ALUMÍNIUM

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

Budapesti Szikra Nyomda, V., Honvéd-u. 10. — Felelős vezető: Radnóti Károly.