

A bauxitfeldolgozás helyzete és perspektívái hazánkban

A szerzők bemutatják a magyarországi bauxitelfordulások jellemző ércminőségét és a bauxit fő alkotóinak és szennyezőinek hatását a bauxitfeldolgozás technológiájára. A magyar bauxitok legfontosabb szennyezői: a kalcit, dolomit, sziderit, pirit, alunit, aluminit, crandallit, apatit és a szerves anyag.

A magyar timföldgyártás fejlődését már régóta az anyag- és energiatakarékos megoldásokra való törekvés jellemzi. A technológiai fejlesztés legfontosabb eredményeit az NaOH-felhasználás csökkentése (újabbban a „komplex kausztifikálás” útján), az adalékos feltárás és a csőfeltárás ipari bevezetése terén érték el a közelmúltban. A műszaki fejlesztéssel sikerült ellensúlyozni a bauxit minőségének romlását. A továbbfejlesztés fő irányai: az NaOH-felhasználás további csökkentése érdekében a mészkémia fokozottabb alkalmazása, durvább szemcsés timföld előállítás a kikeverési technológia továbbfejlesztésével a szóda- és szervesanyag-szint csökkentésével, valamint a nyersanyagbázis kiszélesítése a nagyobb SiO₂- és karbonát-tartalmú bauxitok feldolgozásával és a vörösiszap hidrotérmális kezelésével.

Bevezetés

A világ timföldgyártását ma a jó minőségű (3–4% SiO₂ tartalmú) bauxitok feldolgozása jellemzi, a nálunk is alkalmazott Bayer-technológiával. Hazai bauxitvagyonunk a feldolgozott világtárlaghoz képest kb. kétszeres mennyiségű SiO₂-ot, emellett jelentős mennyiségű szennyezőt tartalmaz.

A bauxitok timföldtechnológiai értékét az határozza meg, hogy korszerű technológiájú és kapacitású timföldgyárat feltételezve milyen önköltséggel dolgozhatók fel.

A magyar timföldgyártás legfontosabb feladata az, hogy a világtárlagnál sokkal kedvezőtlenebb minőségű bauxitból gyártson versenyképes önköltséggel a belföldi és külföldi felhasználók mindenkorai igényeinek megfelelő minőségű timföldet, eleget téve az ásványvagyon-gazdálkodás követelményeinek is.

A hazai bauxit minősége

A jelenleg megkutatott és a közeljövőben feldolgozásra kerülő bauxitvagyonunk minőségét bauxitelfordulásonként az 1. sz. táblázat mutatja.

A táblázatban feltüntettük a technológiát, illetve a timföldgyártás költségét jelentősen befolyásoló járulékos (szennyező) komponensek mennyiségét is.

A táblázatból egyértelműen kitűnik, hogy magyar bauxitok átlagos minősége (modulus) a világon jelenleg Bayer-eljárással feldolgozott ércek közül a leggyengébbek közé tartozik és emellett előfordulásonként változó minőségű és mennyiségű szennyező komponens is tartalmaz, így pl. karbonátokat (kalcit, dolomit, sziderit), szulfidokat (pirit, markazit), szulfátokat (alunit, aluminit, basaluminit, bassanit, gipsz) foszfátokat (crandallit, apatit).

A szennyezők együttes dúsulása ritkán fordul elő a hazai bauxit-elfordulásainkon (kivételesen: Nagygyeháza, Csordakút, Mány). A főbb magyarországi előfordulások ipari minőségű érdekében a következő szennyezők hatásával kell számolni:

Halimba: CaO, MgO,
Iharkút—Németbánya: P₂O₅, Corg,
Nyirád—Nagyvárkány: S, CaO, MgO,
Iszkaszentgyörgy: S
Nagygyeháza—Csordakút—Mány: FeCO₃,
CaO, MgO, P₂O₅, C_{org.} S.

A bauxit fő- és járulékos (szennyező) alkotóinak technológiai hatása

A Bayer-eljárás lényegében nedves ércdúsító technológia, amikor a bauxitok Al₂O₃ tartalmának döntő hányadát átmeneti lúgos oldással,

1. sz. táblázat

Magyarországi bauxitelfordulások ércének minősége és szennyezőanyag-tartalma

	Al ₂ O ₃ %	SiO ₂ %	CaO %	MgO %	Össz. S %	P ₂ O ₅ %	FeCO ₃ %	Corg %
Nyirád—Nagyvárkány	51,5	5,7	0,78	0,16	0,15	0,20	0,34	0,10
Halimba—Szóc	49,8	8,7	0,99	0,31	0,08	0,14	n. a.	n. a.
Dudar—Bakonyoszlop	48,1	8,2	0,50	0,13	0,07	0,19	0,19	0,14
Fenyőfő	48,9	8,9	0,62	0,14	0,09	0,32	n. a.	n. a.
Iszkaszentgyörgy	51,5	10,1	0,54	0,15	0,06	0,49	0,30	n. a.
Iharkút—Németbánya	51,8	6,0	0,46	0,13	0,04	0,47	0,09	0,12
Nagygyeháza	50,9	3,6	1,16	0,51	0,13	0,75	4,50	0,15
Csordakút	55,5	7,1	0,75	0,26	0,21	0,54	2,12	0,12
Mány	48,9	6,8	1,15	0,48	0,24	0,84	4,93	0,18

n. a. = nincs adat

majd azt követő kicsapással tisztítjuk meg a kísérő komponensektől. Így az Al_2O_3 tartalmon kívül, valamennyi fő- és járulékos alkotót szennyezőnek kell tekintenünk. Ezen szennyezők egy része a lúggal szemben inert, mint pl. a Fe_2O_3 , túlnyomó részük azonban a Na-alumínát oldattal lúgoldható Na-sókat vagy másodlagos reakcióval oldhatatlan vegyületeket (Ná-titanátok, Na-Al-hidroszilikátok, Ca- és Mg-vegyületek) képez.

A bauxit főalkotóinak hatása

A SiO_2 -tartalom a bauxitok értékét alapvetően meghatározza, mert a feltáráskor kétlépcsős reakció eredményeként

$3(Na_2O \cdot Al_2O_3 \cdot 2 SiO_2) Na_2 X \cdot n H_2O$ képlettel jellemezhető nátrium-alumínium-hidroszilikátot képez ($X = CO_3^{2-}, SO_4^{2-}, 2OH^-, 2AlO_2^-$ stb. anion lehet), mely a vörösizzappal távozva „kötött” Al_2O_3 és Na₂O veszteséget okoz. (A bauxittal bevitt 1 kg SiO_2 0,9 kg Al_2O_3 és 0,9 kg NaOH veszteséget okoz.)

Az Fe_2O_3 -tartalom a magyar bauxitokban 20% körüli, túlnyomóan hematit, kisebb mennyiségben goethit formájában fordul elő és járulékos szennyezőként pirit és sziderit is azonosítható.

Az Fe_2O_3 -tartalom megoszlása a goethit- és hematittartalom között telepenként változó, a goethitnyomoktól mintegy 1:1 (goethit: hematit) arány között. A feldolgozott bauxitban a goethit mennyisége az össz. Fe_2O_3 10—40%-át teszi ki.

A hagyományos Bayer-eljárás alkalmazásakor nemcsak a hematit, hanem a goethit is változatlanul kerül a vörösizzapba. Mind a goethit, mind a hematit kristályrácsában az Fe-atomok egy részét izomorf módon Al-atomok helyettesíthetik. A helyettesítés határértéke az alumo-goethitben 33 mol%, az alumo-hematitban 14 mol%, ez a magyar goethites bauxitoknál 2—3% Al_2O_3 -nak a hematitos bauxitoknál 0,5—1% Al_2O_3 -nak felel meg, mely a vörösizzappal hányóra kerül.

Mindkét vasásvány növeli a vörösizzap mennyiségét, ezáltal az oldott marónátron és Al_2O_3 veszteségeket is növeli. Különösen hátrányos a goethit, mely a vörösizzap ülepedését — a hematitos iszaphoz képest — mintegy 20—30%-kal csökkenti.

A közelmúlt jelentős technológiai fejlesztési eredménye a goethit hidrotermális átalakítása hematittá, mellyel az alumo-goethit rácsában kötött Al_2O_3 feltárható és a NaOH-veszteség jelentősen csökkenthető.

A TiO_2 -tartalom a magyar bauxitokban általában viszonylag alacsony, (2—2,5%, de vannak 3—3,5% TiO_2 -tartalmú bauxit-előfordulásaink is, pl. a Nagygyeháza—Csordakút—Mány-i terület) általában 2:1 arányban oszlik meg az anatóz és rutil között. A timföldgyárakban alkalmazott feltárási hőmérsékleten (235—240 °C) mindkét ásvány Na-titanátokká, illetve CaO jelenlétében Ca-titanáttá (perovszkittá) alakul

át. A TiO_2 -tartalmat tehát, mint NaOH-ot vagy égetett meszet fogyasztó komponenst kell figyelembe vennünk. Így ez a szennyező is csökkenti a bauxit timföldipari értékét (2. sz. táblázat).

2. sz. táblázat
A bauxit szennyezőinek NaOH-fogyasztása és a nátriumsók regenerálásához elvileg szükséges CaO mennyisége

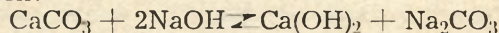
Szennyező	NaOH-veszteség		CaO-szükséglet a regeneráláshoz	
	mol/mol	t/t szennyező	mol/mol	t/t szennyező
SiO_2 relatív	1,33	0,90	3	3
S alunitban	1,5	1,88	—	—
P_2O_5 crandallitban	3	0,85	2	0,8
TiO_2 anatózban	2	1,00	1	0,7
CaO kalcitban	2	1,43	1	1,0
MgO dolomitban	2	1,98	1	1,4
$FeCO_3$	2	0,69	1	0,48
CO_2	2	1,82	1	1,27

A bauxit járulékos alkotóinak hatása

A szakirodalomban és a műszaki gyakorlatban általában szennyezőknek nevezett járulékos alkotók közül a magyar bauxitokban a karbonátok kitüntetett fontosságúak, emellett a S-tartalom, a szervesanyag-tartalom és a P_2O_5 -tartalom érdemel különleges figyelmet.

A karbonátásványok a magyar bauxitokban az alábbiak: kalcit, dolomit, sziderit.

Az üzemi és laboratóriumi kísérletek szerint a feltárási hőmérsékletén a kalcit mintegy 80%-a, a dolomit 90%-a elbomlik, míg a sziderit már alacsonyabb hőmérsékleten teljesen szódává alakul. A lejátszódó reakció pl. kalcit esetén:



A nátriumhidroxidból tehát a fenti ásványok szódát képeznek. A felső nyíl irányában lejátszódó reakciót dekauszifikálásnak nevezzük. A szóda regenerálására az alsó nyíl irányában lejátszódó kausztifikálás folyamatát használjuk fel, melynek megvalósításához viszonylag alacsony NaOH koncentrációjú oldat szükséges, mert a képződő lúg a reakciót visszaszorítja.

A dekauszifikálás, mint marónátronfogyasztó és a lúg szódaszintjét növelő folyamat igen káros a Bayer-eljárás szempontjából.

Ha feltételezzük, hogy a kalcit, dolomit és sziderit is teljesen elbomlik a feltárási hőmérsékletén, akkor 2,4 t bauxit/t timföld fajlagos esetén a bauxit minden tized % CO_2 -tartalma 4,36 kg NaOH/t timföld dekauszifikálását jelent.

A dolomitszennyezés komoly üzemzavarokat okozhat a Dorr-mosósoron fellépő rendkívül erős habzás miatt is, melyet a nagyfelületű, felületaktív magnéziumvegyületek képződése idéz elő.

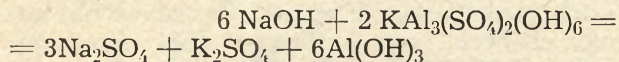
A sziderit szennyezésének hatása a dekauszifikálást illetően a kalcit és dolomit hatásával azonos (2. sz. táblázat).

A magyar bauxitok kéntartalma túlnyomóan pirithez kötött, jelentősebb szulfáttal szennye-

zett előfordulást jelenleg csak Csordakúton ismerünk.

Timföldtechnológiai szempontból a pirit sokkal károsabb, mert már kis mennyiségben is (0,2–0,3% S) a bauxit őrlésekor üzembiztoszerű malombetapadásokat okoz, a vörösiszap ülepítések pedig jelentősen megnöveli az alumíniumvastartalmát és ezáltal a timföld megengedhetetlen mértékű Fe_2O_3 -dal való szennyeződését okozza. (Ez utóbbi a szulfidionok hatásának eredménye.)

A szulfátszennyeződés elsősorban NaOH fogyasztása miatt káros az alábbi reakcióegyenlet szerint:



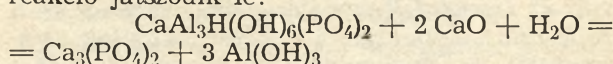
A szulfát kén NaOH fogyasztása igen jelentős (2. sz. táblázat). Egyéb káros hatásokkal nem kell számolnunk, mert az SO_4^{2-} -ionok a Na-Al-hidroszilikátokba beépülve a vörösiszappal eltávoznak a rendszerből.

A bauxit *szervesanyag*-tartalma általában káros hatású a Bayer-eljárásra, elsősorban a körfolyamatot szennyező Na-sók oldhatóságának növelése és a kikeverés hatásfokának csökkentése, valamint a képződő alumínium-hidroxid szemcsefinomodását okozó hatása miatt. (Akadályozza a homokszerű timföld kialakulását!) Rá kell azonban mutatnunk arra, hogy a különböző szervesanyag-frakciók hatása specifikus. Általában az oxalátokat és a humátokat tartják a legkárosabbaknak. A nagygyeházi

bauxitban — egyéb hazai bauxit-előfordulásaink szervesanyag-tartalmával ellentétben — a lúgoldható huminsav a hazai bauxitokban szokásos mennyiségnél nagyságrenddel nagyobb.

A foszfortartalom a magyarországi bauxitok zömében crandallit-hoz: $\text{CaAl}_3\text{H}(\text{OH})_6(\text{PO}_4)_2$ közt.

A feltárás folyamán ez az ásvány is elbomlik Na_3PO_4 -ot képezve. CaO jelenlétében az alábbi reakció játszódik le:



A fenti reakcióegyenlet értelmében 1 kg P_2O_5 -re 0,8 kg CaO-ot kell adagolnunk ahhoz, hogy a marónátron-vesztesség növekedését elkerüljük. (2. sz. táblázat)

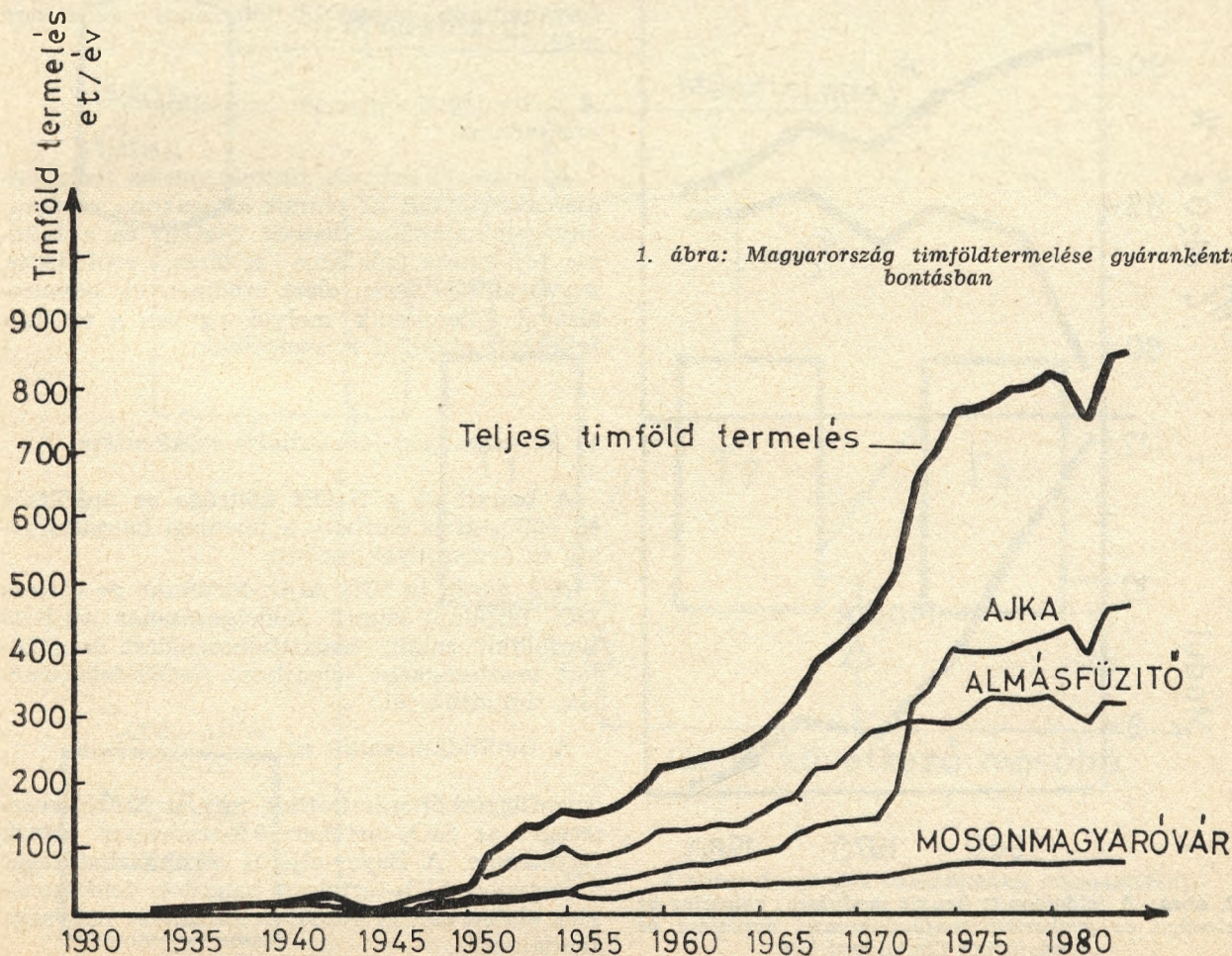
A szennyezők hatásának ellensúlyozására szükséges műveletek viszont a feldolgozás gazdaságosságát csökkentik.

A magyarországi bauxitok esetenként jelentős mennyiségben tartalmaznak ritkafémeket, amelyek a Bayer-körfolyamat többszörösükre dúsulnak. Ezért törekedni kell a bauxitok ritkafém-tartalmának alapos megismerésére és fokozottabb hasznosítására.

Timföldgyártásunk jelenlegi helyzete

A magyar timföldgyártás fejlődését már hosszú idő óta az alapanyag- és energiatakaré-

1. ábra: Magyarország timföldtermelése gyárankénti bontásban

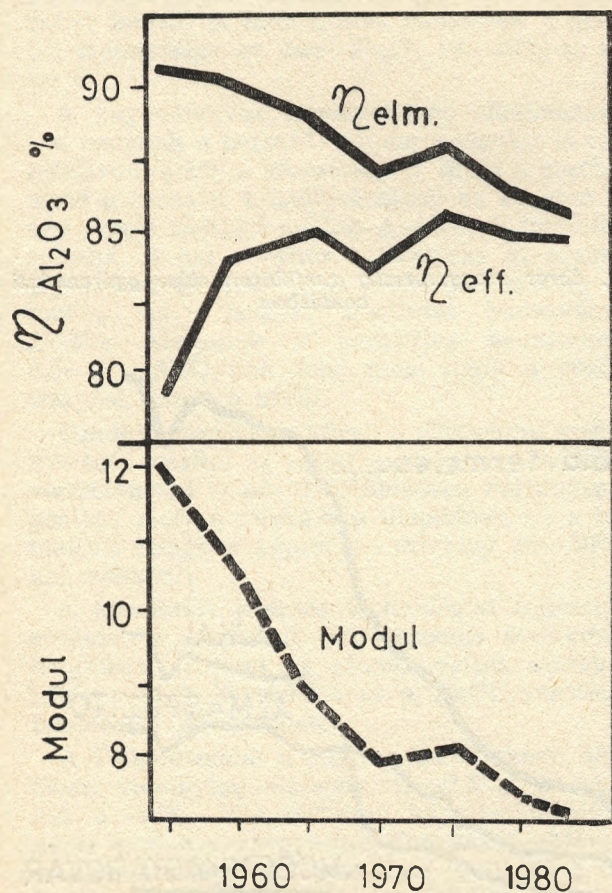


kos megoldásokra való törekvés jellemzi. Az 1955—1975. között elért eredményeket Juhász (3), míg az azt követő időszak eredményeit Tóth, Vörös és Zábó (10) foglalta össze. A technológia fejlesztését végigkíséri az Al_2O_3 és NaOH-veszteségek csökkentése érdekében végzett tevékenység. A technológiai fejlesztés a körfolyamat hatásfokának növelésével, a technológiának a feldolgozandó nyersanyag jellegzetességeihez való illesztésével, a koncentrációviszonyok optimalizálásával jelentősen hozzájárult az energiafelhasználás csökkentéséhez is. A fejlesztés súlypontját a magyar bauxitok sajátosságait is figyelembe véve hosszú időn át a feltárási művelet képezte. A kikeverés, a timföld minőségével szemben támasztott fokozódó követelmények miatt, csak a közelmúltban került igazán előtérbe.

A timföldtermelésünk alakulását az 1. ábra mutatja. Ebből kitűnik, hogy a mennyiségi fejlődés 1976—80-as időszakban lelassult, majd 1981 után megtorpant. Ezzel egyidejűleg a műszaki-gazdasági mutatók javulásának üteme is visszaesett.

A mennyiségi növekedés a feldolgozott bauxit minőségének romlásával járt, de a műszaki fejlesztés hatására a kizozatalcsökkenést és marónátron-veszteség növekedését elkerültük.

A 2. ábrán az elméleti timföldkizozatalt ($\eta_{elm} = (\text{Al}_2\text{O}_3^{0/0} - \text{SiO}_2^{0/0}) : \text{Al}_2\text{O}_3^{0/0}$) a ténylegesen elért kizozatalt (η_{eff}) és a bauxit mo-



2. ábra: A feldolgozott bauxit modulusa, valamint az elméleti és gyakorlati timföldkizozatal alakulása az Almásfüzitői Timföldgyárban

dulusát ($\text{Al}_2\text{O}_3/\text{SiO}_2$) tüntettük fel az idő függvényében az Almásfüzitői Timföldgyárra. A feldolgozott bauxit Al_2O_3 tartalma állandóan 50% körül volt. Látható, hogy a romló minőség ellenére az adott időszakban 5—10% készletnövekedést értünk el a javuló timföldkizozatal révén.

Az ábrából az is következik, hogy adott időpontban az átlagosnál jobb minőségű bauxit feldolgozása a célszerű.

A fajlagos energiafelhasználás hazai timföldgyárainkban 14,5—15 GJ/t timföld, a kalcinálásra és a villamos energia termelésre fordított energiafelhasználást is figyelembe véve. Ez az érték a világtárlagnál valamivel kedvezőbb, annak ellenére, hogy a Bayer-eljárás minimális energiafelhasználása Bielfeldt elemzése szerint csak 7,88 GJ/t timföld lenne. A timföldgyárak többsége ugyanis ma még 12—24 GJ/t timföld energiát fogyaszt.

A technológiai paraméterek közül a legjellemzőbb változás a feltárási hőmérséklet növekedése 180 °C-ról 240 °C-ra, valamint a feltároló koncentrációjának csökkenése $\text{Na}_2\text{O}_k = 260 \text{ g/l}$ -ről 190 g/l-re.

Általában megállapítható, hogy a műszaki fejlődés főleg a timföldgyárak jelentős termelésnöveléssel járó rekonstrukciójához, illetve új gyár építéséhez, valamint igen nagy megtakarítást biztosító új megoldások bevezetéséhez (nedvesörlés, adalékos feltárás) kötődött, míg más fejlesztések (folyamatszabályozás, koncentrációviszonyok optimalizálása) tendencia jelleggel, folyamatosan, hosszabb idő alatt valósultak meg.

A technológiai fejlesztés legfontosabb eredményei

A jelenlegi magyar timföldgyártás technológiai színvonalát az elmúlt időszakban az alapanyag-felhasználás (bauxit, NaOH) és a feltárás fejlesztése (adalékos feltárás, csőfeltárás, zagybeállítás) terén elért eredmények bemutatásával jellemezzük, melyek egyben a továbbfejlesztés alapjául is szolgálnak.

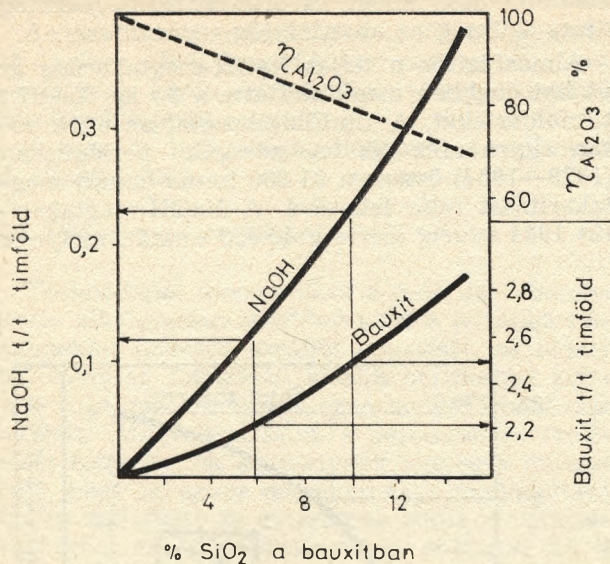
1. Az alapanyag-felhasználás csökkentése

A bauxit és a NaOH költsége az önköltség 45—50%-át is elérheti, a jelenlegi bauxitminőség és árszinyok mellett.

A 3. ábrán az 50% Al_2O_3 -tartalmú, de változó SiO_2 tartalmú bauxit feldolgozásakor várható timföldkizozatalt, bauxitfelhasználást és a kötött veszteségként jelentkező NaOH-felhasználást tüntettük fel.

$$\text{A timföldkizozatalt az } \frac{\text{Al}_2\text{O}_3 - \text{SiO}_2}{\text{Al}_2\text{O}_3}$$

összefüggésből számítottuk, míg az NaOH-veszteséget az SiO_2 -tartalom 0,9-szeresével vettük figyelembe. A Bayer-eljárás alkalmazhatóságát a nagyobb SiO_2 -tartalmú bauxitok feldolgozására elsősorban az NaOH-felhasználás nagysága akadályozza.



3. ábra: A fajlagos bauxitfelhasználás, a vörösiszapban kötött NaOH-veszteség és a timföldkihozatal változása a bauxit SiO_2 -tartalmának függvényében, állandó, 50% Al_2O_3 -tartalom mellett

Az NaOH-veszteségek csökkentésére kedvező lehetőségeink vannak, égetett mészsavval. A szóda regenerálására a körfolyamaton belül pl. a 3. mosólépcső túlfolyásában elméletileg 0,7 kg CaO/kg NaOH szükséges és gyakorlatilag

sem haladja meg az égetettmész-felhasználás az 1 kg/kg NaOH-értéket.

A vörösiszap kausztifikálásakor az

$A_3B_2(SiO_4)_{3-x}[(OH)_4]_x$ összetételű hidrogénát keletkezik,

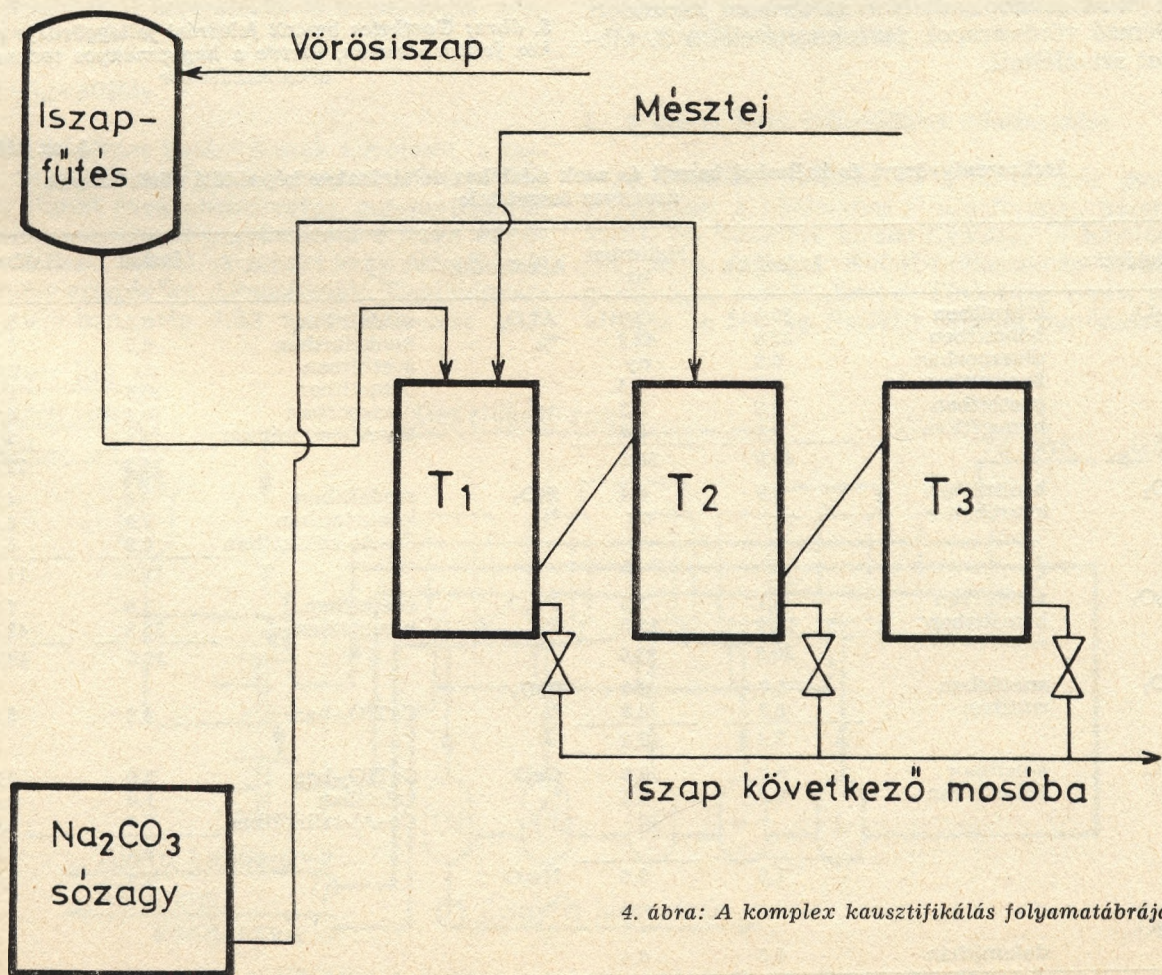
ahol elméletileg $A = Ca^{2+}, Mg^{2+}, Fe^{2+}, Mn^{2+}$

$B = Al^{3+}, Fe^{3+}$ lehet, de gyakorlatilag a $Ca_3Al_2(SiO_4)_{3-x}[(OH)_4]_x$ összetételnek felel meg, ahol minimálisan 2 kg CaO/kg regenerált NaOH az égetettmész-felhasználás, gyakorlatilag viszont 3–4 kg CaO/kg NaOH szükséges.

A jelenlegi és a várható energia- és árviszonyok között nemcsak a szóda, hanem a vörösiszap kausztifikálása is gazdaságos.

Az Ajkai Timföldgyárban üzemi bevezetés alatt álló ún. komplex kausztifikálás (11), mely Magyarországon és az USA-ban már találmányi oltalmat is nyert, egy műveletben egyesíti az oldott szóda, kiszűrt szódasó és a vörösiszap kausztifikálását és alacsony beruházási költség-gel csatlakoztatható a Bayer-körfolyamathoz.

A komplex kausztifikálásnál a vörösiszap mosósor egyik, 6–7 tagú mosósornál célszerűen 2–4. tagjából távozó besűrített kónusziszap egy részét elágaztatva és 90–100 °C hőmérsékletre előmelegítve a tartálysorból álló kausztifikáló rendszerbe vezetjük és a körfolyamatból kiválasztott Na_2CO_3 vizes oldatával együtt kausztifikáljuk. A kausztifikáló rendszer kapcsolási vázlatát a 4. ábrán mutatjuk be.



4. ábra: A komplex kausztifikálás folyamatábrája

2. A feltárás fejlesztése

A feltárás területén értük el a közelmúltban a timföldgyártás technológiájának fejlesztésében a két legjelentősebb, nemzetközileg is elismert és exportképes fejlesztési eredményt, az adalékos feltárás és a csőfeltárás bevezetésével.

2.1 Bauxitfeltárás katalizáló adalékanyagokkal

A goethit-hematitátalakulás hidrotermális megvalósítását a jelenleg alkalmazott 220–250 °C feltárási hőmérsékleten teszik megvalósíthatóvá a MAT világszerte szabadalommal védett eljárásai (4), melyek különböző, a folyamatot katalizáló adalékanyagokat alkalmaznak:

- CaO + különböző anionok (Cl^- , SO_4^{2-})
- CaO + különböző kationok (Mn^{++} , Fe^{++})
- vashidrogránát.

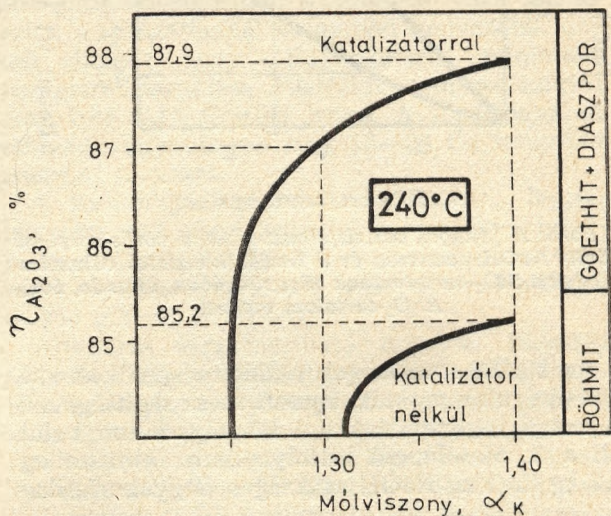
Az Ajkai és az Almásfüzitői Timföldgyárban, a vashidrogránát katalizátort alkalmazó technológiát valósítottuk meg 1979–1980-ban, igen jelentős műszaki és gazdasági eredménnyel.

Az 5. ábra egy magyar goethites bauxit feltárásakor Almásfüzitőn elérhető kihozatalnövekedést (2,7%) és kausztikus mólviszony-csökkenést szemlélteti. Az adott esetben az egységnyi térfogatú zagyba 6–10%-kal több Al_2O_3 oldható be, ami a körfolyamat hatásfokának javulását, az energiafelhasználás arányos csökkentését is magával hozza.

Az Almásfüzitőn és Ajkán feldolgozott bauxitok és az azokból adalékos feltárással képződött jellemző vörösiszapok fázisösszetételét a 3. táblázat szemlélteti.

Megjegyezzük, hogy az adalékos feltárásnak köszönhetően Ajkán és Almásfüzitőn jelenleg nincs szükség az alumínátlúg utánszűrésére.

Almásfüzitőn a teljes NaOH-megtakarítás az utóbbi években megközelítette a 30 kg NaOH/t timföldértéket. A timföldkihozatal az évek során egyre nőtt és a vizsgált periódusban (1979–1984) összesen 91 300 tonna bauxit megtakarítását tette lehetővé. A NaOH-megtakarítás 1984 végéig elérte a 40 000 tonnát, melynek



5. ábra: Goethites bauxit feltárási jelleggörbéje adalékos feltárás esetén, illetve a hagyományos technológia alkalmazásakor

3. sz. táblázat

Iszkeszentgyörgyi és halimbai bauxit és azok adalékos feltárásakor képződött vörösiszapok ásványos összetétele

Alkotórész		Iszkai bx	Halimbai bx	Alkotórész	Iszkai v. i.	Halimbai v. i.	
Al_2O_3 %	gibbsitben	10,0	2,0	Al_2O_3 %	szodalitban	3,2	3,6
	bőhmítben	32,5	42,2		kankrinitben	6,7	5,4
	diaszporban	0,6	ny		goethitben	ny	ny
	kaolinitben	5,9	5,4		hematitben	0,6	0,8
	goethitben	0,6	0,3		diaszporban	0,4	0,3
	hematitben	0,3	0,6		Ca-Al-szilikátban	3,6	2,4
		49,9	50,5			14,5	12,5
SiO_2 %	kaolinitben	6,9	6,4	SiO_2 %	szodalitban	3,8	4,2
	kvarcban	—	ny		kankrinitben	7,9	6,4
					Ca-Al-szilikátban	0,9	0,7
				12,6	11,3		
Fe_2O_3 %	goethitben	5,1	3,5	Fe_2O_3 %	goethitben	1,5	1,3
	hematitben	15,4	19,5		hematitben	35,3	42,5
		20,5	23,0			36,8	43,8
TiO_2 %	anatázban	1,7	2,0	TiO_2 %	CaTiO ₃ -ban	4,2	5,0
	rutilban	0,7	0,8				
		2,4	2,8				
CaO %	kalcitban	0,2	0,2	CaO %	CaTiO ₃ -ban	2,9	3,5
	dolomitban	0,8	0,4		kalcitban	1,0	0,4
					Ca-Al-szilikátban	5,9	4,0
		1,0	0,6		9,8	7,9	
				Na_2O %	7,6	6,6	
MgO %	dolomitban	0,6	0,4				

43,9⁰/₀-a a kötött, 56,1⁰/₀-a az oldott NaOH-veszteségek csökkenéséből származott.

A bemutatott eredmények a timföldgyárak, az Aluterv—FKI és a MAT-központ szakembergárdájának közös erőfeszítését, jó együttműködését is kifejezik.

A magyar technológia diaszporos bauxitokra is alkalmazható.

2.2 Többáramú csőfeltárás

Technológiai szempontból a csőfeltáró berendezés alkalmazása lehetővé teszi a feltárási hőmérséklet jelentős további növelését, az oldathatékonyság fokozását, kisebb beruházási költség, rugalmas üzemmód, igen kedvező hőátadás mellett. Magyarországon a háromcsöves rendszert fejlesztették ki, melynek lényeges jellemzője, hogy az egyes csövekbe zagy vagy feltáró lúg is táplálható és az áramok ciklikus váltásával üzem közben folyamatosan oldhatók fel a képződő lerakódások. A feltárás vég hőmérsékletén a három áram a tartózkodó csőszakaszban egyesül és így a teljes feltárólúg-mennyiség részt vehet az alumíniumásványok oldódásában.

A berendezés elvi sémáját a 6. ábra mutatja. A MOTIM üzemi csőfeltáró berendezésének beruházása 1980-ban kezdődött és 1982 májusában már üzemszerűen termelt.

Az Aluterv—FKI tervei alapján és fővállalkozásában megvalósult berendezés a MOTIM szakembergárdájának szakértő munkájával igazolta a korszerű berendezés és technológia előnyeit.

2.3 Zagybeállítás

A körfolyamat hatásfokának növelését, a fajlagos zagy mennyiség csökkentésével érhetjük el. Az elmúlt évek műszerezése, automatizálása, a mikroprocesszoros zagybeállítás e téren minőségi változást hozott. A feltárt zagy oldatfázisának mólviszonya az Almásfüzitői Timföldgyárban 1976-ban még 1,53 volt, 1980-ban 1,47,

1984-ben már 1,40. Nyilvánvaló, hogy ez a feltárási gőzfelhasználás csökkenésében is tükröződik.

A továbbfejlesztés irányai

Timföldgyáraink jellemzője, hogy azok töke-terhe viszonylag kicsi és ezért ma már kicsinek számító kapacitásuk ellenére versenyképesek maradtak.

A hazai bauxitminőséghez jól alkalmazkodó technológiánk van és timföldgyáraink műszaki színvonala közelítően azonos a hasonló kapacitású és életkorú, a fejlett tőkés országokban épült gyárakéval.

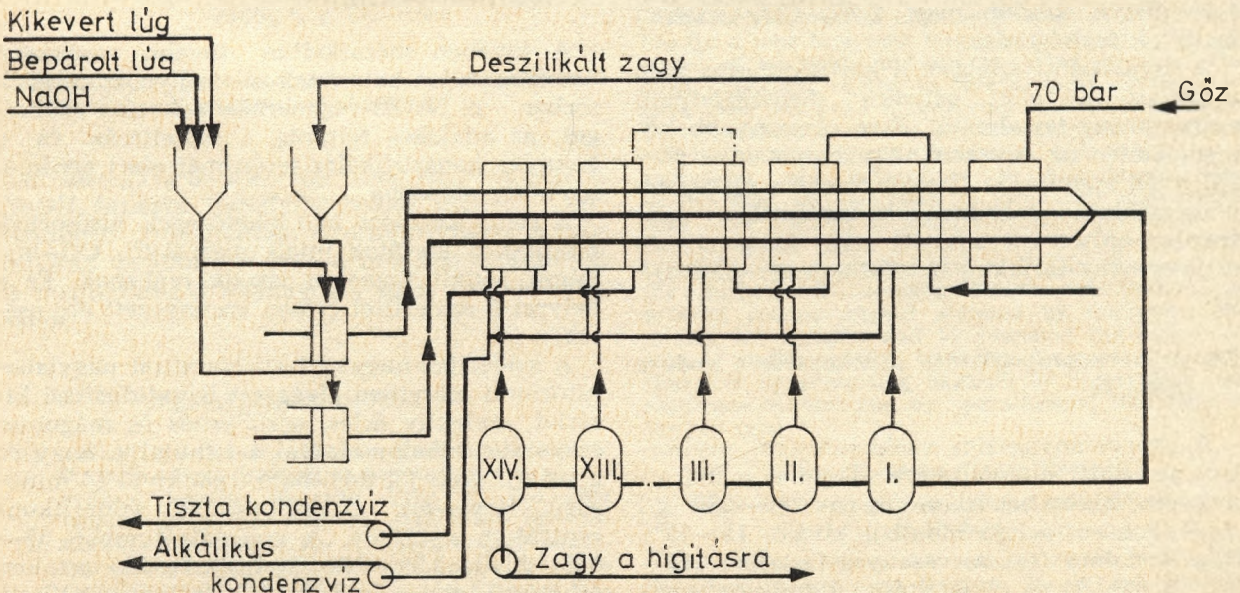
Hazai körülményeink új nagy kapacitású timföldgyár létesítését nem teszik lehetővé, meglévő gyáraink rekonstrukciós bővítése, a műszaki fejlesztés következtében megjelenő intenzifikálási lehetőségek kihasználása azonban feltétlenül indokolt.

A timföldgyártás eddigi fejlődése és jelenlegi műszaki színvonala biztosítékul szolgál arra, hogy a hazai bauxitkincs gazdaságos feldolgozása a következő évtizedben is biztosítható lesz. A teljesség igénye nélkül az alábbiakban néhány aktuális fejlesztési feladatot ismertetünk, melyek megoldása már folyamatban van, ill. előfeltételei adottak:

- a mész kémia fokozottabb alkalmazása
- durvább szemcsés timföld előállítása
- a nyersanyagbázis kiszélesítése a sziderites bauxit feldolgozásával és a vörösiszap hidrottermális kezelésével.

1. A mész kémia fokozottabb alkalmazása

Az adalékos feltárás és a csőfeltárás összekapcsolása, a vörösiszap atmoszférikus, nyomás alatti, ill. komplex kausztifikálása, jó lehetőséget ad a fajlagos NaOH-felhasználás további gazdaságos csökkentésére. Távolatilag reális célkitűzés a 100 kg NaOH/t timföld marónátron-



6. ábra: A MOTIM-ban épült, háromáramú csőfeltáró berendezés elvi vázlata

felhasználás elérése, melynek természetesen előfeltétele a nagyobb égetésmész-felhasználás.

2. Durvább szemcsés timföld előállítása

A homokszerű timföld előállítása Magyarországon az alumíniumkohók rekonstrukciója, illetve új kohó létesítése kapcsán merült fel. Jelenleg a 45 μm alatti szemcsefrakció mennyisége Almásfüzitőn 50⁰/₀, Ajkán 40⁰/₀ felett van, de a „lisztes” timföldet igen kedvező kikeverési hatásokkal állítjuk elő. A célkitűzés az, hogy 1990-re a —45 μm frakció Almásfüzitőn 30⁰/₀-ra, Ajkán 20⁰/₀-ra csökkenjen. Ez a cél egyrészt a körfolyamat intenzív tisztításával, másrészt a kikeverési technológia módosításával érhető el. Ehhez a körfolyamatban a Na_2CO_3 -szintet 11—13⁰/₀-ra, a C_{org} -tartalmat az alumínátlúgban Almásfüzitőn is 4 g/l alá kívánjuk csökkenteni.

A korábbi években a homokszerű timföld előállítására és a körfolyamat tisztítására, a szóda-szint és a szervesanyag-szint csökkentésére folytatott eredményes kutatások és üzemi kísérletek a célkitűzés elérését reálissá teszik (7).

2.1 A szóda-szint csökkentése

A szóda-szint tartása érdekében a mosósori kausztifikálás mellett szükségessé vált szóda-só kiválasztása is a rendszerből, melyet kristályosító bepárlás alkalmazásával sikerült megoldani. Az Almásfüzitői Timföldgyárban 75 m² fűtőfelületű, 2—2,5 t/h vízpárolásra alkalmas kísérleti utóbepárlót építettek, melybe 11—16 m³/h 240 g/l Na_2O_k -tartalmú bepárolt lúgot tápláltak be, amikor 280—300 g/l végkoncentrációt értek el. Ekkor 100—130 g/l sót tudtak kiválasztani, 15—20⁰/₀ CO_2 és 1.2—1,7⁰/₀ C_{org} -tartalommal. A sikeres kísérletek eredményeképpen egy 16 t/h vízpároló kapacitású kristályosító bepárlót helyeztek üzembe Almásfüzitőn. Az intézkedésekkel lehetővé válik a max. 1,6, illetve később max. 2,2⁰/₀ CO_2 -tartalmú bauxitok feldolgozása.

A kiválasztott szódasót a körfolyamatba való visszavezetés előtt célszerű megszabadítani szervesanyag-tartalmától. Erre alacsonyabb hőmérsékleten az egyszerű, egykomponensű pörkölés jön számításba, de előnyösebb a magasabb hőmérsékletű termikus kausztifikálás, célszerűen erősen szennyezett, nagy karbonát- és szervesanyag-tartalmú bauxittal, vagy $\text{Al}(\text{OH})_3$ -dal.

2.2 A szervesanyag-szint csökkentése, nedves oxidálás

A szervesanyag-szint csökkentésére, elsősorban az oxalát eltávolítására alkalmas a hidrátmosóvíz külön bepárlása és a 200—220 g/l Na_2O_k -koncentrációjú oldatból kiváló, 13—15⁰/₀ C_{org} -tartalmú (a szervesanyag-tartalom 70—80⁰/₀-a oxalát) só eltávolítása. A hidrátmosóvíz koncentrációjának 5—7-szeresére emelésével

0,4—0,8 kg C_{org} /t timföld távolítható el a rendszerből (6).

Míg a kristályosító bepárláskor kiválasztott szódasó egyik szervesanyag-komponensre sem jelent specifikus feldúsulást, addig a hidrátmosóvízből alapvetően az oxalát távolítható el. A nagymolekulasúlyú, a lúg mély vöröses-barna színét okozó huminsavas frakció eltávolítására (elroncsolására) a nedves oxidáció a legalkalmasabb módszer.

A témakörben évek óta szoros és eredményes együttműködés folyik az FNE az Aluterv—FKI és az Almásfüzitői Timföldgyár között.

A huminsavak az FNE, a VVE és az Aluterv—FKI vizsgálatai szerint is minden esetben csökkentették a kikeverés hatásfokát és a hidrátszemcsék elfinomodását okozták, bármilyen szintetikus lúghoz, vagy üzemi lúghoz adagolták is a huminsav frakciót.

Az oxidált almásfüzitői lúgokkal alacsony oxidációs hatásfok esetén is (amikor lényegében csak a huminsavak bomlottak le) a kikeverés hatásfoka az eredeti lúghoz képest 2—3⁰/₀-kal nőtt és minden esetben szemcsedurvulást tapasztaltak.

A szervesanyag nedves oxidálására az FNE-vel közösen kidolgozott szabadalommal védett (5) eljárás üzemi bevezetése az elért eredmények alapján ésszerű kockázattal megkezdhető. 15⁰/₀ oxidációs hatásfokkal számolva Almásfüzitőn 10 m³/h feltárológ kezelésére lenne szükséges.

Megemlítjük, hogy az eljárás üzemi bevezetése magyar tervek alapján a HINDALCO Renukoot Timföldgyárában megkezdődött.

3. A nyersanyagbázis készítésítése

Az ásványvagyton bővítésének egyik lehetősége a timföldgyártási technológia fejlesztésével, a fajlagos bauxitfelhasználás csökkentésével (a timföldkihozatal növelésével) valósítható meg.

3.1 Nagyobb SiO_2 - és karbonáttartalmú bauxitok feldolgozása

A jövőben mérsékelten tovább csökkenő bauxitmodulus hatásának ellensúlyozására elsősorban az NaOH -regenerálás fokozása szükséges, az adalékos feltárás, a csőfeltárás és a komplex kausztifikálás terén már elért eredményeinkre alapozva.

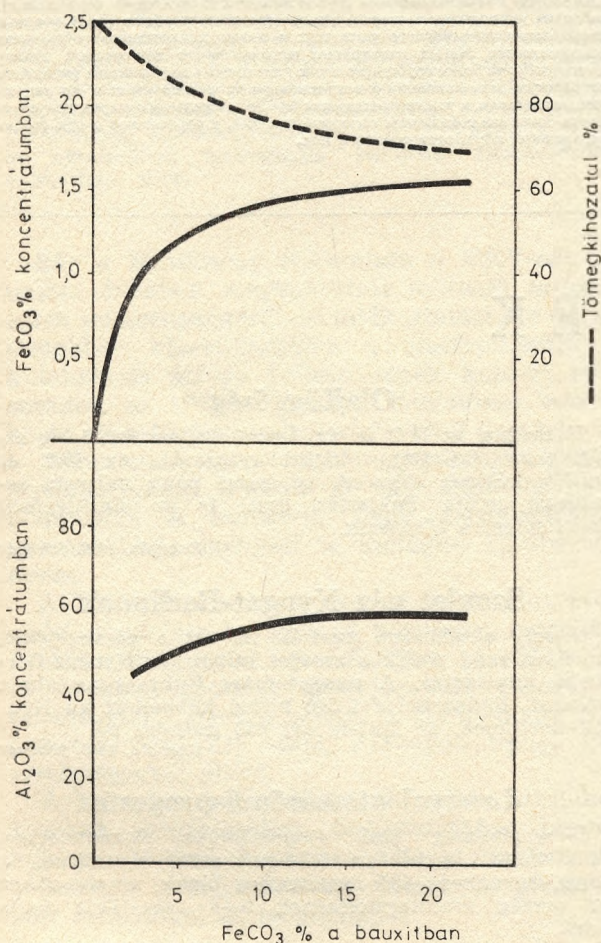
A rendelkezésre álló lehetőségek, elsősorban beruházási korlátok miatt max 2,2⁰/₀ CO_2 -tartalmú bauxit fogadása látszik reálisnak. Ez a helyzet a sziderittel erősen szennyezett érc esetében is.

A sziderites nagygyeházi bauxittal nagylaboratóriumi méretben elvégzett bauxitdúsítási kísérlet, szelektív őrlés, osztályozás és mágneses szeparálás alkalmazásával azt mutatja, hogy ez a bauxit igen jól dúsítható, rendkívül jó minőségű Bayer-érc és értékesíthető szideritkoncentrátum nyerhető. A koncentrátumban 55—62⁰/₀ Al_2O_3 , 3,5⁰/₀ SiO_2 és 1,5⁰/₀ FeCO_3 -tartalom érhető el, míg a sziderit 64—68⁰/₀-ra dúsítható a vasdús frakcióban. A beruházási gondok elle-

nére célszerű ezzel a dúsítási lehetőséggel is számolni.

3.2 A vörösiszap hidrotermális kezelése

A Bayer-eljárás korlátainak feloldására nyílik lehetőség a vörösiszap hidrotermális kezelésével 300 °C körüli hőmérsékleten, magasabb mólviszonyú feltáró lúgban, vashidrogránát képződése mellett. 4,5 mólviszonyú lúgot használva, az Na_2O -tartalom 90–95%₀-a, az Al_2O_3 -tarta-



7. ábra: Sziderites nagygyézházi bauxit laboratóriumi dúsításának eredményei

lom 20–25%₀-a, 2,5 kg CaO /kg regenerált NaOH fajlagos mészfelhasználás mellett „önfenntartó” folyamatban nyerhető vissza. A csőfeltárás továbbfejlesztése a műszaki előfeltételt is megteremti a technológia ipari megvalósításához.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Csillag Zs.—Ceh M.—Csordás-Tóth A.—Ivankovic D.: Role of ove dressing in beneficiation of monohydrate bauxite. Bauxite, Proc. of the 1984 Bauxite Symp. Los Angeles, SME/AIME 708—726
- [2] Horváth I.—Solymár K.: A magyarországi bauxitok szennyezőanyag-tartalma és ennek hatása a timföldtechnológiára. Bauxitkutatói Szakmai Napok előadásai, Balatonalmádi, 1980. IX. 19—20. Bauxitkutató V.

- [3] Juhász A.: Complex development of alumina processing in Hungary. 4 th Int. Congres of ICSOBA, Athens, Oct. 9—12. 1979. Vol. 1. Bauxites pp. 342—368.
- [4] Magyar szabadalmak lajstromszáma: 164.863 (1972), 166.061 (1973), 169.643 (1974) és 173.698 (1976) US Patents Nos.: 4,026.989; 3,944.648; 4,091.071 és 4,226.838. Solymár K., Mátyási J. és Tóth B.: Magyar goethites bauxitok adalékos feltárása BKL Kohászat, 110 (1977) 219—224. Solymár K., Zöldi J. és Ferenczi T.: A technológia hatása a vörösiszap tulajdonságaira. BKL Kohászat, 111 (1978) 517—523.
- [5] Magyar szabadalom lajstromszáma: 179.404, Canadian Paten: 1,137.760, Indian Patent: 152.083, British Patent: 2,037.722.
- [6] Magyar szabadalom lajstromszáma: 180.650; US Patent: 4,335.082; Canadian Patent: 1,510.517; British Patent: 2,061.901; francia szabadalom: 2,468.552.
- [7] Mátyási J., Siklósi P., Ziegenbalg S.: Liquor purification — Wet air oxidation. Előadás az AIME éves közgyűlésén, New York, 1985. február.
- [8] Solymár K.—Horváth I.: A bauxitok ipari értékelése szennyezőanyag-tartalmuk és a feldolgozási technológia függvényében. VAMI—Aluterv—FKI IV. Szakértői értekezlet. Leningrád 1981. szept. 21—24.
- [9] Solymár K.—Steiner J.: Energy and technological advantages of tube digestion and digestion with additives. J. Geol. Soc. of Jamaica. Proceedings of Bauxite Symp. No. V., June 21—24, 1982. pp 223—232.
- [10] Tóth B., Vörös I., Zámbo J.: Situation and development of the Hungarian alumina industry. "Alumina production until 2000." Proc. of Int. Symp. of ICSOBA, 1981. pp 271—282.
- [11] US Patent: 4,486.393 (1984. dec. 4.) Magyar Szabadalmi bejelentés közzétételi száma: T/33983 Solymár K., Mrs Orbán M., Zöldi J., Baksa Gy.: Methods for reducing NaOH losses in the Hungarian alumina plants. TRAVAUX de l'ICSOBA No18. 1983. pp 379—390.

Dr. K. Solymár—I. Horváth

Present state and prospects of bauxite processing in this country

The characteristic ore grades of the Hungarian bauxite deposits and the effect of the main components and impurities of the bauxite upon the technology of bauxite processing are presented. Most important impurities of the Hungarian bauxites: calcite, dolomite, siderite, pyrite, alunite, aluminite, crandallite, apatite and organic matter.

The development of alumina production in Hungary has for a long time now been characterized by efforts aimed at material- and energy-saving schemes. The most important results in technological development have been achieved in reducing NaOH consumption (most recently by means of "complex caustification") and in introducing on an industrial scale of the use of aggregates and tube lines in bauxite-processing technologies. Developments in technology and machinery have enabled to counter-balance the decline in bauxite grade. Main trends of further development: the use at an increasing rate of CaCO_3 chemistry for the purpose of reducing NaOH consumption; to produce coarser-grained alumina by improving the mixing technologies and by reducing the soda- and organic matter content; to widen the base of mineral resources by processing bauxites of higher SiO_2 and carbonate content and by hydrothermal treatment of the red mud.

Károly Solymár—István Horváth

Lage und Perspektiven der Bauxitverarbeitung in Ungarn

Die Autoren führen die kennzeichnende Erzqualität der Bauxitvorkommen Ungarns ferner den Einfluss der Hauptkomponenten und Verunreinigungen des Bauxits auf die Technologie der Bauxitverarbeitung.

Hauptkomponenten der Verunreinigungen der ungarischen Bauxite: Kalzit, Dolomit, Siderit, Pyrit, Tonerde, Aluminit, Crandallit, Apatit und organische Stoffe.

Die Entwicklung der ungarischen Tonerdeherstellung ist schon seit langem durch das Bestreben nach den stoff- und energieersparenden Lösungen charakterisiert. Die wichtigsten Ergebnisse der technologischen Entwicklung wurden bei uns auf dem Gebiet der Verminderung der NaOH-Verwendung (neuerdings durch "komplexe Kaustifizierung"), der Einführung der Technologie des additierten Aufschlusses und des Aufschlusses mit Installierung von Rohrsystemen auf industriellem Niveau erreicht. Die Qualitätsabnahme des Bauxits konnte durch technische Entwicklung kompensiert werden. Hauptrichtungen der Weiterentwicklung: Im Interesse einer weiteren Verminderung der NaOH-Verwendung eine erhöhte Anwendung der Kalkchemie, Herstellung von grobkörniger Tonerde durch Weiterentwicklung der Ausrüstungstechnologie und durch Senkung des Soda- und des organischen Stoffpegels, ferner eine Erweite-

rung der Rohstoffbasis durch Verarbeitung von Bauxiten mit höherem Gehalt an SiO_2 und Karbonat und durch eine hydrothermale Behandlung des Rot-schlammes.

Шоймар Карой—Хорват Иштван

Состояние и перспективы отечественной обработки бокситов

Авторы показывают характерные для венгерских месторождений бокситов качество руды и влияние на технологию обработки боксита основных составляющих бокситов и загрязняющих веществ. Основные загрязняющие компоненты бокситов: кальцит, доломит, сидерит, пирит, алунит, алюминит, крадаллит, апатит и органические вещества.

Развитие венгерского производства глинозема уже издавна характеризуется стремлением к экономичному использованию материалов и энергии. Наиболее важные результаты развития технологии в ближайшем прошлом было достигнуто при сокращении использования NaOH (в настоящее время путем «комплексной каустификации»), при внедрении технологии с использованием труб и добавок. С помощью технического развития удалось уравновесить ухудшение качества бокситов. Основные направления дальнейшего развития: в целях дальнейшего сокращения использования NaOH дальнейшее использование известковой химии, приготовление более грубозернистого глинозема с дальнейшим развитием технологии размешивания и сокращением уровня содовых и органических материалов, а также расширение базы минерального сырья при обработке бокситов с большим содержанием SiO_2 и карбонатов и при гидро-термальной обработке красного ила.

H Í R E K

Szénprognózis

A múlt évben is nőtt a világ szénbányászata, bár valamelyest csekélyebb ütemben az 1984. évi 4,7%-nál — véli egy ENSZ-tanulmány. Ekkor a leggyorsabban az ausztrál termelés emelkedett. A világon 1984-ben 307 millió tonna kőszén cserélt gazdát. A legnagyobb barnaszénttermelő az NDK volt 1984-ben. Nyugat-Európában csökkent, Kelet-Európában (a Szovjetunió adatai nélkül) nőtt a kőszénfogyasztás, főleg azért, mert nyugaton erősen visszaesett az erőművi felhasználás.

Energia, 1986. február

Ausztrál konkurencia

A múlt év vége felé 15%-kal olcsóbban lehetett kőszénhez jutni a nyugat-európai szabadpiacokon, mint egy évvel korábban. Ez főleg a bőséges ausztrál kínálatnak köszönhető, ami ellensúlyozni tudta, hogy a világ 7. széntermelője — Anglia — számtartó importőrré lépett elő a szénbányász-sztrájk miatt. Más kérdés, hogy 1983-hoz képest még mindig igen drága a szén, akkoriban a dél-afrikai áru 20—22, tavaly viszont 38 dollárba került tonnánként.

Energia, 1986. február

Drága dollár...

Az 1984. évi 77 millió tonna után a múlt évben csak mintegy 70 millió tonna szenet exportált az USA, ebből 1984-ben 58 millió tonnát a tengerentúlra, a többi Kanadába. Versenyképességét a drága dollár és a vasutak „önző” tarifapolitikája tépázta meg, miközben a szén kínálata bőséges.

Energia, 1986. február

Szovjet bírálat

A Szovjetunió tavalyi földgáztermelését a tervezett 632 milliárddal szemben 640 milliárd köbméterre becsülik. (Hazánk éves felhasználása 10—11 milliárd köbméter.) Az 1990-ig szóló ötéves terv előirányzata 1990-re 835—850 milliárd köbméter. E tetemes — 30%-os — növekedéssel szemben a kőolajtermelés az 1984. évi 613 milliárd köbméterrel szemben 630—640 milliárd tonnára nő, ha teljesül a terv. A földgáztermelések valóban bőségesek, bár a szibériai szamotlori mező idő előtti kimerülése bírálatokat váltott ki a szovjet sajtóban a túlerőltetett ütemű művelés miatt.

Energia, 1986. február

Olajfüggőség

Pakisztán az IFC és az Ázsiai Fejlesztési Bank segítségével fejleszti földgázbányászataát. Az IFC 40 millió dolláros kölcsönt, az ázsiai bank műszaki segítséget nyújt. Pakisztán ezzel is az olajfüggőség csökkentésére törekszik.

Energia, 1986. február

Szovjet gáz Nyugat-Berlinnek

Tavaly októberben avatták fel azt a gázvezetékét, amelyen mód nyílik a szovjet importgáz Nyugat-Berlinbe juttatására. A nyugatnémet Ruhrgas az általa vásárolt földgázból évi 200 millió köbmétert ad Nyugat-Berlinnek, ez 1993-ig évi 650 millióra nő.

Energia, 1986. február

Lengyel atomerőmű-program

Lengyelország első atomerőműve Zarnowiecban épül majd. Várhatóan 1994-re készül el teljesen a négy, egyenként 465 megawattos blokk, amely akkor az ország áramtermelésének 8—9 százalékát fogja adni.

Energia, 1986. február

Verseny tárgyalás Törökországgal

Kijelölték a szovjet—török földgázvezeték nyomvonalát. A vezeték Bulgárián keresztül a török határig a Szovjetunió építi, a törökországi munkálatokra versenytárgyalást írt ki a török Botas.

Energia, 1986. február

Indiai import

Indiának sikerült 30 százalékra szorítani olajfelhasználásán belül az import arányát a múlt évben, szemben az 1982-es esztendő 70 százalékáról. Ez részben a saját termelés felívelésének köszönhető, amely 1984-ben napi átlag 530 ezer hordó volt.

Energia, 1986. február

Atomerőművek az NDK-ban

Jelenleg 11 százalékos az NDK-ban az áramtermelésen belül a nukleáris energia aránya. A növekvő szükségletek jó részét a jövőben atomerőművekkel fedezik. A tervek szerint 1991—93. között két nyomottvízes reaktor helyeznek üzembe Stendalban.

Energia, 1986. február