

1 hillu

2

Magnus R. Jó
m

ORKUSTOFNUN
MÁLASAFN

569

569

Baldur Líndal efnafr.

V I N N S L A A L U M I N I U M - O X I D S

M E Ð J A R Ð H I T A.

Reykjavík

marz 1953

Baldur Lindal efnafr.

V I N N S L A A L U M I N I U M - O X I D S

M E Ð J A R Ð H I T A.

Reykjavík

marz 1953

E f n i s y f i r l i t.

1.	Aluminium-oxid	bls.	1
2.	Hraefni aluminium-oxids	"	2
3.	Vinnsla aluminium-oxids með Bayers aðferð .	"	4
4.	Framleiðslukostnaður aluminium-oxids	"	6
5.	Aðstæður til aluminium-oxidvinnslu á Íslandi "	11	11
6.	Niðurstæða	"	13
7.	Tillögur um framhaldsathuganir	"	14

Vinnsla aluminium-oxids

með jarðhita.

Mönnum hefir lengi verið það ljóst, að ef takast má að finna hentugari leiðir til þess að hagnýta jarðhitann beint sem hitaorku, myndi þar leysast úr læðingi ein mesta auðlind þjóðarinnar. Um nokkurra ára skeið hefir Raforkumálaskrifstofan haft til athugunar, hvernig hægt sé bezt að hagnýta þessa hitaorku, einkanlega til efnaiðnaðar. Vinnsla aluminium-oxids er einn af þeim möguleikum, sem athugaðir hafa verið og jafnframt sá at-hyglisverðasti, sem enn hefir verið bent á.

Það sem hér fer á eftir er að mestu efni varðandi aluminium-oxid og hefir því verið safnað saman úr skýrslum, tímaritum og bókum um það efni. Ályktanir sem hér eru gerðar, eru í samræmi við það, sem þannig hefir fundist.

1. Aluminium-oxid.

Aluminium-oxid hefir mesta þýðingu í iðnaði sem millistig í vinnslu aluminiums. Það er unnið úr bauxiti og nær eingöngu notað sem hráefni við rafgreiningu aluminiums. En þótt svo sé, er vinnsla oxidsins ekki almennt talinn hluti af aluminiumvinnslunni, enda fara vinnsla oxidsins úr bauxiti og rafgreining þess í hreint aluminium sjaldan fram á sama stað.

Aluminium-oxid er einnig nokkuð notað í einangrunarefni, eldföst efni og sem hvati við efnabreytingar. Það er mikið notað sem rakaabsorbent og eru þá oft gerðar úr því töflur eftir að það hefur verið örvað.

Aluminium-oxid (Al_2O_3) er hvítt mjöl í því formi sem það er notað til aluminiumvinnslu. Eðlisbungi þess er 3,99, bræðslumark 2050°C .

(Perry, Chem. Eng. Handb., 1941)

2. Hræfni aluminium-oxids.

Aluminium-oxid er að mestu framleitt úr bauxiti, sem er jarðefni. Bauxit finnst yfirleitt ekki í norðlægum löndum. Það myndast sem residual jarðlag á yfirborði eða nálægt yfirborði jarðar við viss veðrunarskilyrði. (Bateman, Economic Mineral Deposits, 1942). Að vísu er frumefnið aluminium mjög útbreitt í jarðskorpanni, en efnasambönd þau, sem það er í, hafa ennþá reynst illvinnanleg vegna kostnaðar, að þessu einu undanskildu.

Bauxit er colloidal blanda af vatni og hydrolyseruðum oxidum aluminiums og járns. Auk þess inniheldur það nokkuð af titaniun-oxid og fleiri minniháttar óhreinindum. (Bateman).

Efnasamsetning venjulegs bauxits er sýnd í töflu I. Taflan sýnir þau efni, sem venjulega eru fyrir hendi auk vatns. Til samanburðar er sýnd efnasamsetning sú, sem Bateman telur að bauxitið burfi að hafa til þess að vera nothæft til aluminium-oxidvinnslu.

Tafla I. Efnasamsetning bauxits (Bateman)

Venjulegt bauxit	Bauxit nothæft til Al_2O_3 -vinnslu
Al_2O_3	55-65 %
SiO_2	2-10 -
Fe_2O_3	2-20 -
TiO_2	1-3 -

Sjaldan er unnið úr bauxiti að ráði á þeim stöðum, sem það finnst. Þó er það oft malað og jafnvel þurkað nálægt námunni. Flestar helstu vinnslustöðvar fyrir aluminium-oxid úr bauxiti eru í norðlægum löndum, þar sem ódýr hitaorka er fáanleg.

Segja má almennt að úr 4 tonnum bauxits fáist 2 tonn aluminium-oxids en úr því 1 tonn af aluminiummálmi.

Helstu bauxitnámur heimsins eru á eftirtöldum stöðum:

I. Breska og hollenzka Guiana í Suður-Ameríku hafa mjög mikla vinnslu af Al_2O_3 og SiO_2 bauxiti.

2. Jamaica í Karaibahafi hefir allmiklar námur með háu járninnihaldi.
3. Gullströnd Afriku, miklar námur, lágt SiO_2 innihald, framleiðsla í byrjun.
4. Franska Guinea í Afriku. Framleiðsla byrjaði þar 1952.
5. Frakkland, mjög miklar námur í Var og Heralt. Birgðir 16 milj. tonn með max. 7-8 % SiO_2 .
6. Ungverjaland, Yugoslavia, Grikkland og Ítalía hafa miklar námur með góðu bauxiti og mikla framleiðslu.
7. Bandaríki N.A. hafa litlar námur og lélegt bauxit.
8. Rússland. Mikil bauxitlög í Leningrad héraðinu, Uralfjöllum og Síberiu.
9. Hollenzku Indiur. Nokkrar námur í Batan og Bintang eyjum.
10. Indland, Úzkaland og Brazília hafa minniháttar námur.

Canada fær mestan hluta bauxitsins frá Braziliu, Jamaica og Brezku Guiana, en hefir einnig nýskerð byrjað að flytja frá frönsku Guinea í Vestur-Afriku (World Mining, nov. 1952). Bandaríkin fá bauxit aðallega Jamaica og Suður-Ameríku (Chem. & Eng. News, júní 1951), en auk þess eitthvað frá Indonesíu, Haiti og Santo Domingo (World Mining, okt. 1952). Evrópulöndin munu að mestu fá bauxit frá Frakklandi, Ítalíu, Yugoslavíu, Ungverjalandi og Grikklandi (Norges Handel 1950), en auk þess hafa Bretar hafið vinnslu á Gullströnd Afriku. Rússland hefir námur í eigin landi og í Síberíu.

Verð á bauxiti er að sjálfsögðu mjög mismunandi. Sem dæmi er sýnt hér í töflu II verð á mismunandi unnu efni frá námu í Bandaríkjum árið 1949 (samkv. Mineral Yearbook 1949 - U.S. Bureau of Mines). Óunnið bauxit er þar \$ 4,98 tonnið. Samkvæmt innflutningsskýrslum norðmanna 1950 var cifverð til þeirra á grísku bauxiti árið 1950 norskar kr. 63,01.

Tafla II. Verð á bauxiti frá námu í U.S.A. 1949.

1. Crude, undried	\$ 4,98 pr. tonn
2. Crushed, dried	- 7,58 -
3. Calcined bauxit	- 16,31 -
4. Activated bauxit	- 61,19 -

Níði Önnur hráefni en bauxit þarf yfirleitt ekki til aluminiumoxidvinnslu ef notuð er Bayers aðferðin.

3. Vinnsla aluminium-oxids með Bayers aðferð.

Sú aðferð, sem mest er notuð til vinnslu aluminium-oxids úr bauxiti, er Bayers aðferðin. Að sjálfsögðu eru til margar aðrar aðferðir, en þær skipta litlu málum hér, þar sem sú fyrrnefnda er sú eina, sem byggist að mestu á ódýrri hitaorku. Hinar aðferðirnar byggjast meira á öðrum hjálparhráefnum, enda eru þær yfirleitt dýrari. Þar sem ódýr hitaorka er fyrir hendi er aluminium-oxid, unnið með Bayers aðferðinni, ódýrara og betra en unnt er að fá það á annan hátt, enda sótzt eftir því að framleiða þetta efni einmitt á slikum stöðum.

Bayers aðferðin er í stuttu málum í því fólgum að sjóða malað bauxit í vítissódalút til þess að leysa upp aluminium-oxidið, en járnoxidið, titaniumoxidið og silisiumoxidið verða eftir óuppleyst. Þessi óuppleystu oxid, sem kölluð eru "rauði leirinn" eru skilin frá. Hið uppleysta aluminiumoxid er látið falla út sem aluminiumtrihydrat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$), þvegið og síðan glætt til þess að fá hið venjulega hreina aluminiumoxid Al_2O_3 .

Auk bauxitsins þarf við Bayers aðferðina nokkuð af vítissóda eða bæði natriumkarbónat og kalk. Mun það undir verði þessara efna, komnum á vinnustæð, komið hvort þeirra er notað. Hér er gert ráð fyrir að notaður sé vítissódi, enda mun það oftar gert.

Bauxit til vinnslu með Bayers aðferðinni er metið eftir aluminium-oxid og silisiumoxid innihaldi. Til þess að hægt sé að nota þessa aðferð þarf bauxitið að vera mjög gott. Mantell (Mantell, C.L., Ind.Electro. Chem. 1940, bls. 401) telur að það megi innihalda 60-65 % Al_2O_3 , 25-20 % Fe_2O_3 , 2-3 % TiO_2 og 1-3 % SiO_2 og 12-15 % vatn og organisk efni. Gould (Gould, Robert F., Ind.Eng.Chem., sept. 1945) telur hinsvegar að bauxit, sem innihaldi allt að 7 % SiO_2 sé nothæft, enda mun það nokkuð fara eftir aðstæðum. Hátt SiO_2 innihald er óæskilegt af því að það eyðir vítissódanum og veldur því að þess minna næst af Al_2O_3 sem það er meira.

Bauxítið er molað smátt (ca. 80 % gegnum 100 mesh) og sett í sterka upplausn af vítissóða þar sem það er soðið undir um 4 at. þrýstingi til þess að leysa upp Al_2O_3 í bauxitinu. Styrkleiki sódans er hafður þannig að fyrir hendi séu meira en 1 mól Na_2O móti hverju móli af Al_2O_3 í bauxitinu. Ef hitinn er aukinn eða vítissódakcentrationin aukin, þá eykst upplausnarhraði Al_2O_3 , en því koncentreraðri sem loka alkaliupplausnin er, því meira verður eftir við útfellinguna og því erfiðara er að filterra (Koehler, W.A., Principles of Electro Chem., Vol. II, 1944).

Stundum er helmingur aluminumoxidsins eftir í upplausninni að útfellingu lokinni og er það í upplausninni er hún hefur verið koncentraruð með uppgufun og fer aftur til suðukeranna (Gould).

Suðan í þrýstikerinu tekur $1\frac{1}{2}$ -8 klukkustundir og er hitinn hafður 150-180 °C. Mantell telur 150 °C og 8 tíma suðu hentugasta. Í upplausninni er Al_2O_3 sem natriumaluminat ($\text{Na}_2\text{Al}_2\text{O}_4$).

Frá suðukerunum er efninu blásið út í tanka og dælt í það vatni. Sandur er nú skilinn frá og efnið látið fara gegnum þykknunarker þar sem leir skyldst frá. Upplausninn fer síðan gegnum filterpressur (Kelly) og er að því lokunum tær vöki. Leirinn er þveginn og þvottavatnið sameinað aðalvökvum eftir að hafa farið gegnum filterpressur.

Upplausnin er nú enn þynnt með vatni og 50-80 % aluminiumhydratsins ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$) fellt út með hydrolysu. Nokkru af aluminiumhydrati þarf að bæta í til þess að fá útfellinguna til að byrja. Er æskilegt að fá grófkristallað útfall en ekki fínkristallað eða svif, sem getur valdið töfum í seinni meðferð.

Botnfallið er skilið frá vökvum í þykknunarkerinu og síðan botnfallið þvegið og flutt til glæðaranans. Í glæðaranum verður $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ að gamma Al_2O_3 við 450 °C. Við 1000 °C glæðingu verður Al_2O_3 að lokum að hinu óvatnsabsorberandi alfa Al_2O_3 , sem notað er einkanlega til aluminiumvinnslu.

Filtratið inniheldur Al_2O_3 og vítissóða. Það er koncentrarað með

uppgufun og síðan er bætt í það vítissóða þangað til það er nægilega sterkt til notkunar í suðukerinu á ný.

Til þess að vinna 1 tonn (2000 lbs) aluminiumhyðrat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) telur Mantell að þurfi meðal annars 15.000 lbs gufu. Tafla III sýnir það sem hann gefur upp. Að sjálfsgöðu mun þetta þó vera eitthvað breytinglegt. Þess má þó geta að Mantell er sérfræðingur á þessu sviði og gerði sjálfur athuganir á þessari vinnslu.

Tafla III. Parfir aluminiumoxidvinnslu miðað við
1 short tonn (2000 lbs) $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$.

1. Bauxit (55-60 % Al_2O_3)	2600 lbs
2. Vítissódi (76 % Na_2O)	80 -
3. Vatn	6300 U.S.gallon
4. Gufa til eimingar og hitunar	15.000 lbs
5. Rafmagn	180 kWh
6. Vinna, vinnustundir starfsliðs	3,8 klst.

4. Framleiðslukostnaður aluminium-oxids.

Enda þótt lang mestur hluti þess aluminiumoxids sem framleitt er, sé notað til aluminiumvinnslu fer því fjarri að framleiðsla þessara efna fari fræm á sama stað yfirleitt. Staðsetning framleiðslunnar er þó í báðum tilfellum háð orkunni, en í mismunandi formi. Aluminiumvinnsla byggist sem kunnugt er á ódýrri raforku, en aluminiumoxidvinnslan á ódýrum brennsluefnum sem hitagjafa.

Vegna þess að mjög mikið þarf af gufu til aluminiumoxidvinnslu úr bauxit, er vinnslan erlendis helst staðsett þar, sem náttúrulegt gas, olía eða mjög ódýr kol eru fáanleg (Gould, 1945). Sjá má af innflutnings-skýrslum norðmanna (Norges Handel 1950) að töluverður verðmunur er á aluminiumoxid í Evrópu og í Ameríku. Verðið í Evrópu er árið 1950 30-60 % hærra en í Ameríku. Sennilegt er að þessi verðmunur liggi tölu-

vert í því að ameríkumenn nota mikið jarðgas, sem er mjög ódýrt, en evrópumenn verða að sætta sig við kol, sem eru hlutfallslega dýr, jafnvel þótt verksmiðjurnar séu staðsettar nálægt námunum. Það er athyglisvert að norðmenn, sem ekki hafa kol nema á Spitzbergen, flytja inn nærrí allt aluminiumoxid, sem þeir þurfa til sinnar aluminiumvinnslu.

Flutningaleiðir bauxitsins og hins framleidda efnis munu einnig hafa mikil áhrif á staðsetningu verksmiðja þeirra, sem vinna aluminium-oxid. Canada flytur inn allt sitt bauxit aðallega frá Suður-Ameríku. Bandaríkjamenn flytja einnig inn meginhlutann af bauxitinu, aðallega frá Jamaïca og Guayana (World Mining, 1952). Evrópa hefur aftur á móti aðgang að bauxiti í Miðjarðarhafslöndunum og Vestur-Afríku. Flutningar á þessum efnum eru miklir því endanleg notkun til alumuniumvinnslu fer einkanlega fram í norðlægari löndum svo sem Canada, Bandaríkjunum, Noregi, Bretlandseyjum, Íslandi og Frakklandi. Í þeim tilfellum þar sem góð aðstaða er til vinnslu aluminiumoxidins úr bauxiti í landi því, sem vinnur aluminium endanlegt, mun bauxitið yfirleitt flutt inn óunnið. Þessir flutningar eru þó einkanlega sjóleiðis og eru því ekki dýrir þar sem flytja má á risaskipum og nota fullkomin tæki til fermingar og affermingar. Landflutningar eru aftur á móti ávalt dýrir og er því mikils um vert að geta samrýmt ódýra hitaorku við stuttar flutningaleiðir á landi.

Það sem þarf til framleiðslunnar er gefið upp af Mantel (1940) fyrir hvert short tonn af aluminiumoxid-hydrat ($\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$). Tafla IV sýnir það umreiknað fyrir 1000 kg aluminiumoxid (Al_2O_3). Hér er miðað við glæðingu auk þess sem Mantell reiknar með. Hinsvegar hefir verið bætt við rafmagnsþörfina vegna glæðingarinnar (10 kWh/tonn) og olían, sem til glæðingarinnar þarf, hefir verið áætluð 100 kg/tonn.

Samkvæmt áætlun Kiddoo (Kiddoo, Gordon, Chem.Eng., okt. 1951) kostar framleiðslutækin í meðalstórrri verksmiðju \$ 91,- pr. short tonn eða \$ 100,- pr. 1000 kg. Verðið á aluminiumoxid segir hann vera \$ 68,- og veltuhlutfall (turnover ratio) verksmiðjunnar 0,74. Verðið sem Kiddoo

Tafla IV. Parfir aluminiumoxidvinnslu.

Grundvöllur: 1000 kg Al₂O₃.

1. Bauxit, ópurkað	2000 kg
2. Vítissódi (74 % Na ₂ O).....	61 kg
3. Gufa	11,5 tonn
4. Brennsluolia	100 kg
5. Raforka	315 kWh
6. Vatn ca.	40 m ³
7. Vinna í verksm. og skrifst.	6,4 klst.

reiknar með er þó sennilega miðað við smærri pantanir. Dæmt út frá verði því, sem norðmenn hafa gefið fyrir aluminiumoxid frá Ameríku árið 1950, mun það vera selt á \$ 45-50 tonnið, ef um stórkup er að ræða. Verðið á stórförnum í Evrópu er 30-60 % herra eins og fyrr greinir og samsvarar því betur verði því, sem Kiddoo reiknar með. Innflutningur norðmanna árið 1950 er sýndur í töflu V.

Tafla V. Innflutningur norðmanna á aluminiumoxid 1950.

	Pús. tonn	Nkr/tonn	Ísl.kr/tonn
Innfl. frá Frakklandi	18,7	578,00	1322,00
Innfl. frá Bretlandseyjum	12,9	470,00	1073,00
Innfl. frá Canada	41,8	366,00	838,00
Innfl. frá Bandaríkjunum	7,5	361,00	825,00
Innflutt alls og meðalv.	81,0	435,28	995,00

Meðal cif-verð sem norðmenn gefa fyrir aluminiumoxid er árið 1950 N.kr. 435,28 fyrir tonnið eða um ísl. kr. 995,00. Þeir ^{flygt} þá inn 81.000 tonn og mest frá Canada. Árið 1951 fluttu þeir inn 76.000 tonn fyrir ísl. kr. 1007,00 meðalverð. Heildarskýrslur fyrir 1952 eru ekki til enn.

Einstakir kostnaðarliðir við framleiðslu Al_2O_3 eru ekki fyrir hendi enda munu þeir vera all mismunandi eftir því hvar er. Í töflu VI er gerð tilraun til þess að sýna hvernig líkindi eru til að sundurliðunin geti verið í Bandaríkjunum.

Samkvæmt Mineral Yearbook 1949 kostaði bauxit fob U.S. mine, óunnið og óþurkað \$ 4,98 pr. short tonn. 1000 kg myndu því kosta \$ 5,52. Það er ekki ósennilegt að innflutt bauxit kosti um þetta og er því gengið út frá þessu verði. Vítissódi kostar \$ 3,35-4,55 pr. 100 lbs eða um 0,09 \$ pr. kg. Óefafá stórframleiðslufyrirtæki hann fyrir mun lægra verð og er því hér reiknað með \$ 0,05 pr. kg. Gufan reiknast á \$ 0,40 pr. tonn og er það neðan við það sem unnt er að fá með kolum í Bandaríkjunum, en þá gert ráð fyrir því að jarðgas sé notað. Raforkan er reiknuð á 0,3 cent kWh. Vinnan sem gefin er upp af Mantell mun vera miðuð við allt starfsfólk verksmiðjunnar. Venjulega er reiknað með \$ 1,50 pr. klst. nú. Reikna má með að svona verksmiðja sé afskrifuð á 15 árum vegna þess hve slit er lítið, byggingar mikill þáttur í henni og salan stöðug og örugg. Viðhald á svona verksmiðju er mjög lítið og bykir því ástæða til að reikna hér með óvenjulega lágu viðhaldi eða 3 %.

Tafla VI. Kostnaðarliðir vinnslu al-oxids í U:S:A. (áætlaðir)

Grundvöllur: 1000 kg Al_2O_3 .

1. Bauxit, 2000 kg	\$ 11,04
2. Vítissódi, 61 kg	- 3,04
3. Gufa, 11,5 tonn	- 4,60
4. Jarðgas til glæðingar	- 0,50
5. Vatn, 40 m^3	- 0,30
6. Raforka, 315 kWh	- 0,95
7. Vinna, 6,4 klst.	- 9,60
8. Ýmis kostnaður, 10 % af 1-8	- 3,00
9. Afskr. verksm. á 15 árum	- 6,66
10. Viðhald, 3 %	- 3,00
11. Skattar og vextir	- 6,00

Samtals

\$ 48,69 = 795,00 isl.kr

Tafla VI er miðuð við framleiðslu á ósekkjuðu Al_2O_3 , sem selt sé í stórum förmum. Taflan er enn fremur miðuð við miðlungsstóra verksmiðju, en framleiðslukostnaðurinn mun eitthvað fara eftir stærð þeirra eins og títt er í efnaiðnaði.

Tafla VII sýnir áætlaða kostnaðarliði í verksmiðju á Íslandi. Ær þar miðað við sömu verksmiðjustærð og sömu innbyrðis hlutföll kostnaðarliðanna. Enda þótt hvorug áætlunin kunni að gefa vel til kynna raunverulega kostnaðarliði, er samanburðurinn samt mikilvægur.

Af innflutningsskýrslum norðmanna 1950 má sjá, að bauxit flutt frá Grikklandi kostar þá Nkr. 63,01 eða ísl. kr. 144,00 per tonn. Þess skal þó gætt að um lítið innflutningsmagn er að ræða hjá norðönum og virðist því ekki óeðlilegt að reikna frekar hér með því verði, sem áætlað var að ameríkumenn greiddu fyrir bauxit. Sama bauxitverð er því lagt til grundvallar í báðum töflunum. Vítissódi er reiknaður á kr. 1,20 pr. kg og er þá miðað við framleiðslu hérlandis eða innflutt í stærri förmum. Miðað er við notkun jarðgufu og er hún reiknuð á kr. 2,00/tonn. Jarðolía kostar nú í Reykjavík kr. 425,00 pr. tonn, ef um stórkaup er að ræða. Raforka mundi fást fyrir kr. 600 árskilowattið eða um 7 aura/kWh, ef miðað er við notkun allt árið. Kaup reiknast að meðaltali kr. 20,00 á klst. Miðað er við sama stofnkostnað og myndi vera í Bandaríkjunum að viðbættum 22% vegna flutningskostnaðar og tolla af vélum. Stofnkostnaðurinn verður því kr. 2000,- per árstonn Al_2O_3 . Nú reiknast viðhald 3 % eins og áður, afskriftir á 15 árum og skattar og vextir 6 %. Flutningar á landi eru innifaldir í ýmsum kostnaði.

Samanburður á töflu VI og VII bendir til þess að, ef reiknað er með sama innflutningsverði á bauxiti hér og í Ameríku, sé vinnslukostnaður mjög likur jafnvel þótt reiknað sé með hærra verksmiðjuverði hér vegna flutningskostnaðar og tolla af innflutum vélum. Hinsvegar virðist framleiðsluverðið mun lægra en verð aluminiumoxids í Evrópu.

Tafla VII. Áætlaðir kostnaðarliðir í vinnslu al-oxíðs
á Íslandi miðað við notkun jarðgufu.

Grundvöllur: 1000 kg. Al_2O_3 , unnið í
meðalstórrri verksmiðju.

1. Bauxit, 2000 kg	isl. kr.	180,00
2. Vítissóði, 61 kg	-	76,00
3. Gufa, 11,5 tonn	-	23,00
4. Jarðolia, 100 kg	-	42,50
5. Vatn	-	-
6. Raforka, 315 kWh	-	22,00
7. Vinna, 6,4 klst.	-	128,00
8. Ýmislegt, 10 % af 1-7	-	47,15
9. Viðhald, 3 % af verksmiðjuverði ...	-	60,00
10. Afskriftir, 6,66 %	-	133,20
11. Skattar og vextir, 6 %	-	120,00
	Samtals kr.	831,85

Það er athyglisvert, að ef ekki væri hér um jarðgufu að ræða, myndi eldsneyti, sem henni samsvarar, kosta um 400 kr/tonn Al_2O_3 eða að framleiðslukostnaðurinn yrði 40-50 % hærri, en hér er reiknað með. Sést best á því hversvegna þjóðir, sem hafa ekki ódýra hitaorku, vinna lítið sem ekkert Al_2O_3 , eins og t.d. norðmenn.

5. Aðstæður til al-oxid-vinnslu á Íslandi.

Hér að framan hefir verið rætt almennt um aðferðir og kostnað við aluminiumoxidvinnslu, en aðstæður hér lendis ekki sérstaklega skýrðar.

Hér eru tvö jarðhitasvæði, sem einkum koma til greina í þessu skyni, þ.e. Hengilsvæðið og Krísuvíkur svæðið. Veldur þar einkum lega með tilliti til mögulegra hafna. Hráefnið þarf að fára til vinnslustaðar, sem verður að vera sem best staðsettur með tilliti til fáanlegrar jarðgufu.

Ef um Hengilsvæðið yrði að ræða væri þannig verksmiðjan sennilega staðsett í nánd Hveragerðis. Þorlákshöfn yrði þá vantanlega innflutnings- og útflutningshöfnin, ef hana er hægt að gera nógu góða. Frá Þorlákshöfn til Hveragerðis eru um 18 km.

Engin rannsókn hefir farið fram á því hve stórar sliðar verksmiðjur sem þessar burfa að vera til að vinnslan geti verið hæfilega ódýr. Það virðist þó ekki ósennilegt að 100.000 tonna verksmiðja geti komið til greina að stærð til. Tafla VIII sýnir þarfir sliðrar verksmiðju í samræmi við töflur III og IV.

Í töflu VIII er miðað við 8400 vinnslutíma á ári og að afköstini séu 12 tonn Al_2O_3 á klukkustund. Gufan er miðuð við að notuð séu 3 uppgufunarþrep sem venjulegt er. Hinsvegar væru sennilega notuð 2 þrep með jarðgufu og myndi það auka gufunotkunina um 50 %. Vinnutími starfsmanna reiknast að meðaltali 180 klst. á mánuði.

Tafla VIII. Þarfir 100.000 tonna Al_2O_3 verksmiðju.

1. Bauxit,	200.000 tonn á ári
2. Vítissóði ($76\% \text{Na}_2\text{O}$)	6.100 tonn á ári
3. Vatn til framl.	132 lítrar á sek.
4. Gufa (miðað við 3 þrep)	140 tonn á klst.
5. Brennsluolíá áætl.	10.000 tonn á ári
6. Raforka	3.800 kW
7. Starfsmenn	300 manns.

Hér að framan hefur verið gert grein fyrir því, hve mjög vinnsla þessi byggist á ódýrri hitaorku, sem endanlega þarf að notast sem gufa. Aðrar þjóðir byggja því vinnsluna mikilná ódýru jarðgasi. Þar sem jarðgufa er samt enn ódýrari og jarðhitinn mun vara í þúsundir ára virðist full ástæða til þess að veita honum fulla athygli með svona vinnslu fyrir augum.

Aluminumoxid er oft ekki unnið af þeim fyrirtækjum, sem nota það til framleiðslu úrpví. Þess vegna virðist engin ástæða til þess að halda að þótt við notuðum ekki þetta aluminum ^{sjálfir} þá væri það ekki seljanleg vara. Þannig flytja t.d. norðmenn inn árlega mikið magn af aluminumoxid. Í töflu IX er sýndur hinn vaxandi innflutningur norðmanna á aluminumoxidi (Industries of Norway, Dreyer, 1952). Þegar hin nýja 40.000 tonna aluminumverksmiðja, sem norðmenn eru að byggja við Sunndalsöra, tekur til starfa 1955 þurfa þeir að flytja inn 80.000 - 100.000 tonn aluminumoxid til viðbótar. Fyrirhugað er að þetta magn verði keypt frá Canada (Ind. of Norway).

Tafla IX. Innflutningur norðmanna á bauxiti og al-oxidi.
(Industries of Norway, 1952)

Ár	Þúsundir tonna.					
	1938	1948	1949	1950	1951	(1956)
Bauxit	26	39	24	37	20	-
Aluminumoxid	43	46	65	81	76	160 ?

Á það hefir verið bent hér að framan að vinnslukostnaður aluminium-oxids virðist lægri í Ameríku en í Evrópu, sennilega aðallega vegna ódýrarri orku vestanhafs. Aftur á móti virðast skilyrði hér sambærileg við það sem bezt má verða og eru því líkindi til þess að hægt sé að vinna hér aluminumoxid fyrir Evrópumarkað með lægra verði en unnt er annarstaðar í Evrópu.

6. Niðurstaða.

Á Íslandi virðist vera fyrir hendi góður grundvöllur fyrir verksmiðju til vinnslu aluminiumoxids úr bauxiti. Jarðgufan mundi valda því að hægt væri að vinna það ódýrara hér en í öðrum Evrópulöndum. Þetta er þó háð því að Ísland geti fengið gött og ódýrt bauxit til þess að vinna úr, en það verður allt að flytja inn.

Þjóðhagslega mun slik vinnsla vera hagkvæm. Stofnkostnaður er hlutfallslega lágor og fyrirtækið skilur mikið fé eftir í landinu.

Markað fyrir vöruna ætti að vera hægt að fá í nágrannalöndunum, jafnvel þótt aluminiumvinnsla yrði ekki hafin hér á landi. Væri æskilegt að halda rannsóknum í þessu málí áfram sem fyrst.

Tillaga um framhaldsathuganir.

- 1.. Rannsakað sé hvað sé hentug verksmiðjustærð.
2. Rannsakað sé hve mikið magn gufu er hægt að fá á stöðum sem henta þessari vinnslu.
3. Athugaðir séu staðhættir og vinnsluhættir erlendra verksmiðja af þessu tagi.
4. Athugað sé hvar hægt sé að fá bauxit með góðum kjörum.
5. Athugað sé hvar hægt myndi vera að selja aluminiumoxid erlendis.
6. Áætlun sé gerð um aluminiumoxidverksmiðju á Íslandi.

Reykjavík, 5. mars 1953.

Baldur Líndal.