

# TEHNIČKO–TEHNOLOŠKA KONCEPCIJA IZGRADNJE TVORNICE ALUMINIJA U MOSTARU SA ASPEKTA DOSADAŠNJEG RAZVOJA I PERSPEKTIVE INDUSTRIJE ALUMINIJA U SVIJETU

*Kratak osvrt na razvoj Heroult-Hall-ovog postupka dobivanja aluminijuma i nove postupke koji se razvijaju u svijetu iznijet je u prvom dijelu ovog članka. Drugi dio nam daje jasnu tehničku legitimaciju elektrolize koja se gradi u sastavu Tvornice aluminijuma (ELEKTROLIZA, ANODE I LIVNICA) u Mostaru.*

## KRATAK PREGLED RAZVOJA PROIZVODNJE ALUMINIJA U SVIJETU

Prvi počeci industrijske proizvodnje aluminija datiraju od prije oko 100 godina, tačnije od 1889. godine, kada je puštena u pogon prva industrijska ćelija na osrfovama Heroult-Hall-ovog elektrolitičkog postupka. Zanimljivo je istaći, da se ni osnovi toga postupka, kao ni medijum u kojem se obavlja elektroliza glinice, do danas nisu promijenili. Razvoj tehnološkog postupka išao je putem usavršavanja konstrukcije elektrolitičke ćelije, mehaniziranjem i automatiziranjem pojedinih radnih operacija posluživanja ćelija, kompjuterskim upravljanjem pojedinih tehnoloških parametara, te osavremenjavanjem organizacije rada.

Usavršavanje Heroult-Hall-ovog postupka najviše se odražavalo na razvoj (sniženje) specifičnog utroška istosmjerne električne energije po jedinici proizvedenog aluminija. Zbog toga je općeprihvaćeno, da se razvoj ovog postupka može kvantificirati putem prikaza razvoja specifičnog utroška električne energije (Slika 1.).

Prva tvornica aluminija izgrađena od P. Heroult-a 1889. godine u Froges-u (Francuska) imala je elektrolitičke ćelije veličine od svega 1.000 A, u kojima se čak ostvarivao specifični utrošak električne energije od 100.000 kWh/t. Tri godine kasnije, tj. 1892. već su ostvarene ćelije veličine 4.000 A uz srednji napon od cca 8 V po ćeliji i utrošak energije od cca 40.000 kWh/t, a 1898. godine u radu su ćelije od 9.000 A sa 6 V po ćeliji i uz utrošak od 25.000 kWh/t.

Od tada pa sve do 1924. godine nije ostvaren praktički nikakav napredak u razvoju Heroult-Hall-ovog postupka, odnosno u sniženju specifičnog utroška električne energije. 1924. godine ugrađuju se u Norveškoj prve ćelije sa Söderberg kontinuiranom samopečenom anodom, čija će dominacija nad dotadašnjim ćelijama sa pretpečenim anodama trajati preko 30 godina.

Ćelije sa Söderberg anodama predstavljale su tada veliki tehnički napredak, pa se je već nakon nekoliko godina, tj. od 1930. u njima ostvarivao utrošak električne energije od oko 20–21.000 kWh/t uz napon ćelije od 5–6V. Kada su u godinama poslije II svjetskog rata Söderberg ćelije doživjele veoma intenzivnu industrijsku primjenu, a naročito kada su oko 1955. godine ostvareni veliki uspjesi u konstruiranju vrlo velikih ćelija Söderberg tipa, reda veličine 100.000 A, izgledalo je da će ćelije sa pretpečenim anodama biti zauvijek potisnute. Međutim, danas već Söderberg tip ćelija gubi totalno utakmicu sa svojim prethodnim takmacem, tj. ćelijama sa pretpečenim anodama i to zbog toga što su ove druge mnogo fleksibilnije na prodiruće procese regulacije i automatizacije, zatim što koriste sirovine do kojih se lakše dolazi i, što je najvažnije, što imaju anodni napon niži za cca 0,35 V. Nadalje, pored nižeg utroška električne energije, prednost pretpečenih anoda je i u tome što manje zagađuju okolinu.

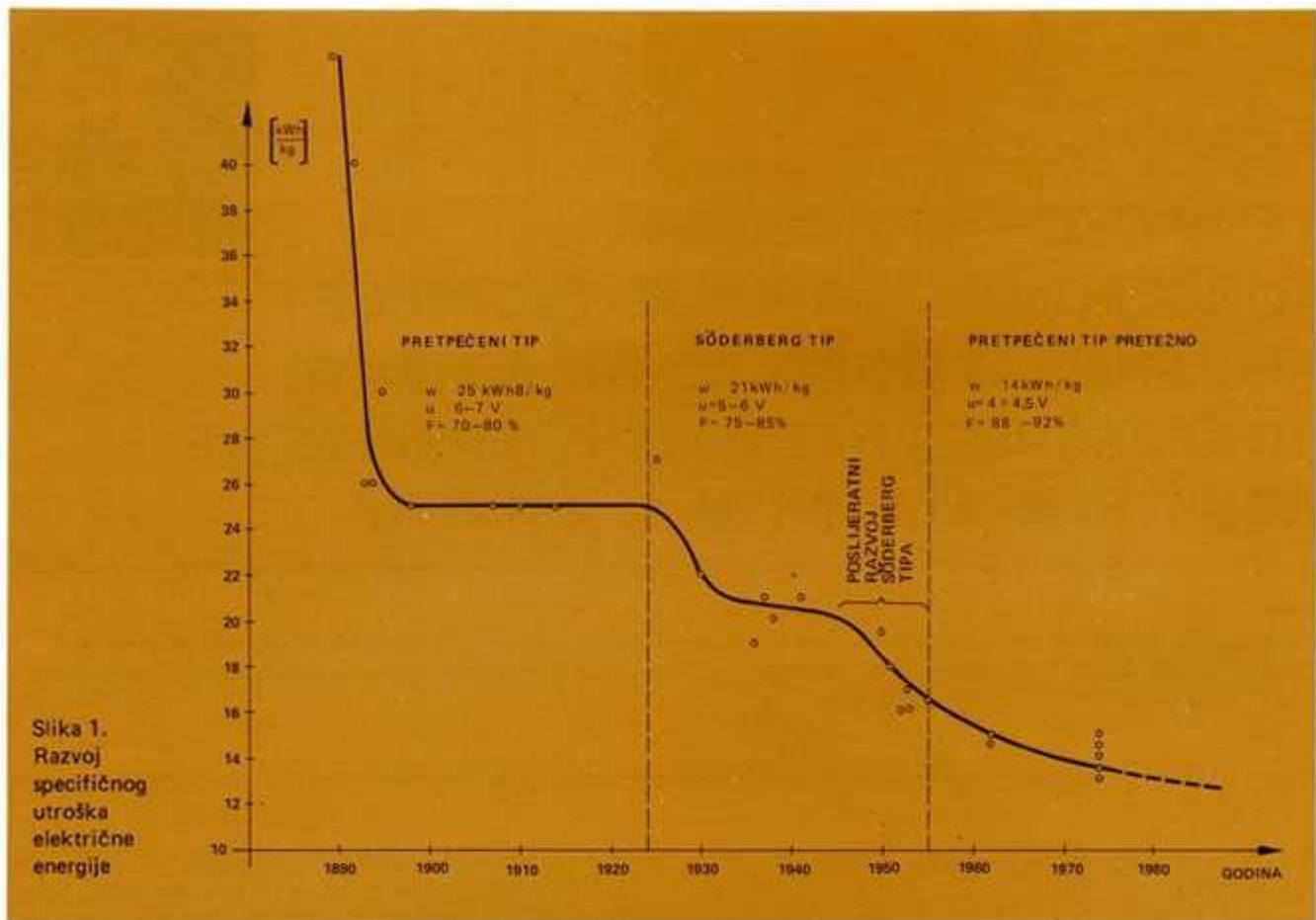
U zadnjih dvadesetak godina specifični utrošak istosmjerne električne energije je sa 20–21.000 sišao na cca 14.000 kWh/t uz prosječni napon ćelije od 4–4,5 V i iskorištenje struje od 88–91%.

## KAPACITETI ZA PROIZVODNJU ALUMINIJA U JUGOSLAVIJI

Tek oko pola stoljeća nakon starta prve Heroult-Hall-ove ćelije, tj. 1937. godine, prvi kapaciteti za proizvodnju aluminija, bazirani na dalmatinskom boksitnom i hidroenergetskom potencijalu, podignuti su u Jugoslaviji, u Lozovcu, 15 km od Šibenika.

Nakon toga došao je dugi period veoma skromnog povećanja jugoslavenskih proizvodnih kapaciteta, da bi burniji razvoj istih nastupio tek poslije 1970. godine, kada ulaze u proizvodnju





Slika 1. Razvoj specifičnog utroška električne energije

moderne elektrolize izgrađene u Titogradu i Šibeniku, tako da danas Jugoslavija već predstavlja jednog od najvećih proizvođača sirovog aluminija u Evropi. Evo tih kapaciteta:

Tabela 1.

Lokacija	(u t/god)			UKUPNO
	U radu	U izgradnji do 1981.	Planirano (za 1980.	
Kidričevo	45.000	—	30.000	75.000
Titograd	55.000	55.000	—	110.000
Šibenik	83.000	—	35.000	118.000
Mostar	—	92.000	92.000	184.000
UKUPNO	183.000	147.000	157.000	487.000

Ukupni jugoslavenski kapaciteti danas u radu predstavljaju cca 1,5% ukupnih svjetskih kapaciteta za proizvodnju sirovog aluminija.

#### BUDUĆNOST HEROULT-HALL-ovog POSTUPKA

Već ranije je rečeno, da se stupanj razvoja današnjeg, Heroult-Hall-ovog, elektrolitičkog postupka za dobijanje aluminija može identificirati sa dostignutim stupanjem redukcije specifičnog utroška električne energije. Šta nam u tom pogledu donosi budućnost?

Na osnovu poznate relacije za specifični utrošak električne energije

$$w = \frac{u \cdot \alpha}{F}$$

gdje su:

- w specifični utrošak električne energije – kWh/kg Al
- u srednji napon ćelije – V
- $\alpha$  elektrokemijski ekvivalent, za Al iznosi 0,336 kg/kAh
- F iskorištenje struje u odnosu na Faraday-ev zakon elektrolize – %/100

slijedi zaključak, da za unapređenje proizvodnog postupka treba težiti sniženju napona ćelije (u) i povišenju iskorištenja struje (F).

Dok o mogućnostima sniženja napona ćelije treba iznijeti nešto više podataka, dotle se o povišenju iskorištenja struje, nakon dugotrajnih i mnogobrojnih naučnih elektrokemijskih istraživanja elektrolita (kupke), došlo do dosta čvrstog saznanja, da se daljnjim istraživanjem elektrolita ne može očekivati njegov daljnji bitni progres [1]. To iz razloga, što se kod današnjih velikih proizvodnih jedinica (elektrolitičkih ćelija) reda veličine od preko 100.000 A ne mogu više bitno smanjiti u međupolnom razmaku opasne turbulencije metala i elektrolita, uslovljene elektromagnetskim efektima i emisijom anodnih plinova iz kupke. To onemogućava da se međupolni razmak kod današnje geometrije ćelija smanji ispod 4–5 cm, a to znači da se na planu iskorištenja struje ne mogu ni u budućnosti očekivati vrijednosti veće od  $F = 94-95\%$ , koliko se danas samo povremeno ostvaruje u ponekim ćelijama sa dobro reguliranim hodom.

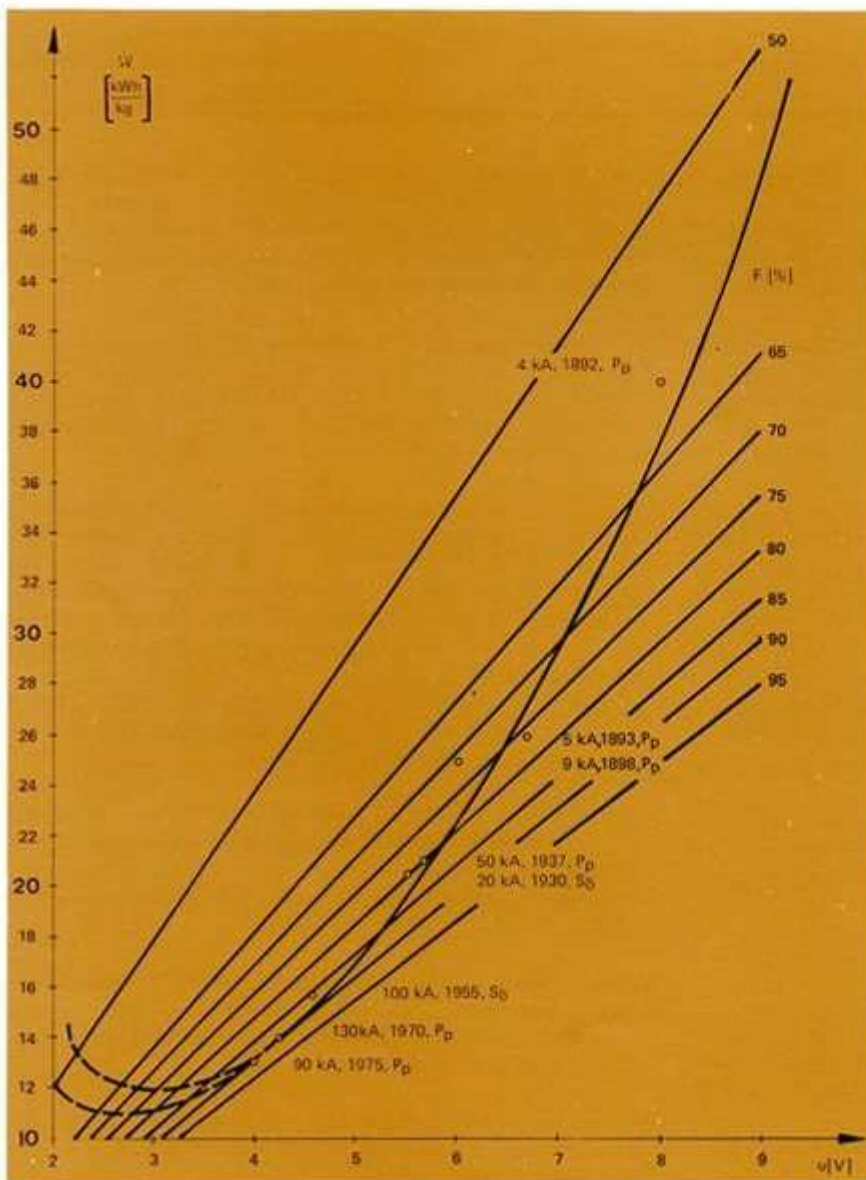
Veličina međupolnog razmaka (4–5 cm) uslovljava neizbježan omski pad napona u elektrolitu, kojem u se pridodaju omski padovi napona na elektrodama i u strujnim vodičima između ćelija. Navedeni padovi napona, saglasno Joule-ovom zakonu, generiraju toplinu od koje najveći dio učestvuje u održavanju toplinske ravnoteže elektrolitičke ćelije: kompenzacije gubitaka topline u okolinu, zagrijavanje sirovina do temperature tehnološkog postupka (cca 950 °C), te razlaganje glinice. Zbog svega toga snižavanje napona ćelije ima svoje tehnološke (potreba za toplinskom energijom), a i ekonomske granice, ako se teži snižavanjem gustoće struje, uz povećanje toplinske izolacije, sniziti napon ćelije.

Na osnovu rečenog, kao i zbog činjenice da odstupanje industrijske vrijednosti iskorištenja struje ( $F < 1$ ) od Faradayevih zakona elektrolize ima svoj uticaj na termičku ravnotežu ćelije, slijedi, da razmatranja daljnjeg mogućeg sniženja specifičnog utroška električne energije treba provesti metodom razlaganja tog utroška na sastavne energetske komponente. Tom metodom se može doći do zaključka [2] da, uz krajnju vrijednost  $F = 0,94-0,95$  i daljnja usavršavanja konstrukcije ćelije, teško da će spe cifični utrošak električne energije pasti ispod vrijednosti od 12 kWh/kg (Slika 2.), odnosno dolazi se do

utiska da smo već sa današnjom tehnikom vrlo blizu razvojnog limita [1].

Nije lako iznijeti preciznu cifru o minimumu specifičnog utroška električne energije (crtkane linije na slici 2.), ali je očigledno da se nalazi između 10 i 12 kWh/kg. Ta tvrdnja bazira na činjenici o postojanju donje granice napona ćelije (3–3,5 V), za čije dostizanje danas postoje velike tehničke i ekonomske zapreke. Snižavanje napona ćelije smanjivanjem međupolnog razmaka kod ovog postupka dovodi do sniženja iskorištenja struje (smanjenje proizvodnih kapaciteta), a time i do pogoršanja ekonomskih efekata proizvodnje, pa to još više ukazuje na postojanje razvojnog limita kod ove tehnologije.

Činjenica da u novije vrijeme ćelije sa tzv. centralnim probijanjem, odnosno centralnim doziranjem glinice, izlaze iz faze poluindustrijskog rada u normalnu industrijsku eksploataciju – ustvari predstavlja kontinuitet u postepenom usavršavanju konstrukcije ćelija, podstaknut u ovom slučaju općesvjetskim pooštravanjima na planu zaštite čovjekove okoline i današnjim vrlo visokim investicionim troškovima za izgradnju tvornica aluminija.



Slika 2. Razvoj sepcifičnog utroška električne energije (2)

Kod ćelija sa centralnim probijanjem, s obzirom da se doziranje glinice obavlja automatski, bez otvaranja poklopaca, može se ostvariti stupanj hvatanja anodnih plinova reda veličine 97–98%, što zadovoljava sve svjetske standarde, pa nije potrebno ugrađivati ispiračte plinova na krovu hala. To snizuje investiciona ulaganja i ušteduje cca 300 kWh/t električne energije, koliko troše krovni ispiračti. Neke firme kod projektiranja ćelija sa centralnim probijanjem odabiru višu elektrodnu gustoću struje, čime snizuju količinu vatrostalno-izolacionog materijala, što sve ima za posljedicu veću proizvodnost ćelije po jedinici horizontalne površine, ali i veći specifični utrošak električne energije u samoj ćeliji. Međutim, „žrtvujući“ takvim rješenjem u ćeliji energiju uštedenu izbacivanjem krovnih ispiračta, moguće je doći do izvjesnog sniženja specifičnih investicionih troškova.

Dok se uvođenjem ćelija sa centralnim probijanjem smanjuje obim ljudskog rada u relativno teškim uslovima, dotle se sve ostale novine kod vođenja procesa u njima već sasvim uspješno primjenjuju u elektrolizama sa klasičnim usavršenim ćelijama (kompjuterski nadzor procesa idr.).

## NOVI PROCESI ZA PROIZVODNJU ALUMINIJA

Izum dinamo-stroja donio je toliku prednost elektrolitičkom postupku pred kemijskim putem, da je vršen začuđujuće mali obim istraživanja novih procesa dobijanja aluminija. Tek danas, suočeni sa činjenicom da je boksita sve manje, vrše se znatni naponi na iznalaženju postupaka, koji bi omogućili ekonomski opravdano korištenje neboksitnih sirovina (alumosilikati) za proizvodnju aluminija. Mnogi od tih postupaka, izgleda, neće nikada dostići industrijski nivo, dok se za neke druge danas još ne može dati sigurna ocjena o njihovoj budućnosti.

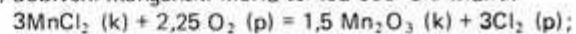
Do pred decenij-dva vjerovalo se da će tzv. karbotermijski postupci (redukcija ugljikom aluminija iz sirovine) naći širu primjenu. Tako je na pr. firma Pechiney koristeći specijalnu konstrukciju lučne peći u jednom poluindustrijskom postrojenju uspjela proizvesti više od 1.000 tona vrlo čistog aluminija. I dok se kod tog postupka uspjelo znatno sniziti investicione troškove, dotle se pokazalo da proizvodni troškovi nisu konkurentni onima iz Heroult-Hall-ovog postupka. Naime, kod ovog drugog teoretski utrošak energije iznosi svega 5,5 miliona kcal/t proizvedenog aluminija, a isti utrošak kod rada lučne peći na oko 2.100 °C iznosi cca 7,3 miliona kcal/t.

Daljnji problemi ovog karbotermijskog postupka proističu iz čitavog kompleksa reakcija koje se dešavaju između ugljika i aluminij oksida kod vrlo visokih temperatura, što dovodi do velikog broja produkata, od kojih su neki apsolutno nepoželjni.

Godine 1973. u SAD je objavljen novi postupak za dobijanje aluminija iz gline, **Toth-ov termo-redukциони proces**, nazvan prema njegovom pronalazaču. Faze ovog postupka su sljedeće:

- sušenje i kalciniranje gline do 770 °C;
- uz prisustvo ugljika (koks) kloriranje  $Al_2O_3$  (u glini) sa klorom kod 925 °C:  
 $Al_2O_3 (k) + 3C (k) + 3Cl_2 (p) = 2AlCl_3 (p) + 3CO (p)$ ;
- nakon pročišćavanja (odstranjivanja ostalih klorida uslovljenih velikim nečistoćama u glini), aluminij klorid se reducira pomoću metalnog mangana u aluminij kod 300 °C i 13,6 at:  
 $Al_2Cl_6 (t) + 3Mn (k) = 2Al (k) + 3MnCl_2 (t)$   
 odvajanje krutog aluminija iz tekućeg manganskog klorida vrši se u ciklonskim separatorima;

d) dobiveni manganski klorid se kod 600 °C oksidira:



e) i konačno, u cilju ponovnog korištenja u procesu, manganski trioksid se reducira pomoću ugljika natrag u metalni mangan kod 1.750 °C u redukcionoj peći:



Prema prednjem sumarna reakcija **Toth-ovog termo-redukcionog procesa izgleda ovako:**



Očigledno je riječ o kompleksnom tehnološkom postupku sa mnogo različitih tokova materijala i produkata (visok utrošak koks), koji uslovljava tehničke potreškoće i troškove za tehniku međusobnog odvajanja.

I pored veoma optimističkih izjava samog pronalazača, mišljenja stručnjaka o Toth-ovom postupku su sasvim podijeljena i većinom skeptična iz razloga što je, izgleda, ostalo još vrlo mnogo neriješenih problema.

Također 1973. godine firma Alcoa iz SAD objavila je, da je razvila **elektrolitički kloridni postupak** za dobijanje aluminija, da pristupa izgradnji tvornice godišnjeg kapaciteta od 15.000 tona, odnosno 30.000 t/g sa proširenjem. Ako ova tvornica krene dobro, planira se povećanje godišnje proizvodnje po ovom postupku na 300.000 t aluminija.

Kloridni postupak Alcoa može se podijeliti u tri faze. Prva je proizvodnja vrlo čistog aluminijevog oksida (glinice). Zatim glinica reagira s ugljikom (petrolkoks) i plinovitim klorom tvoreći aluminijev klorid. U trećoj fazi u elektrolitičkoj ćeliji međusobno se razdvajaju aluminij i klor.

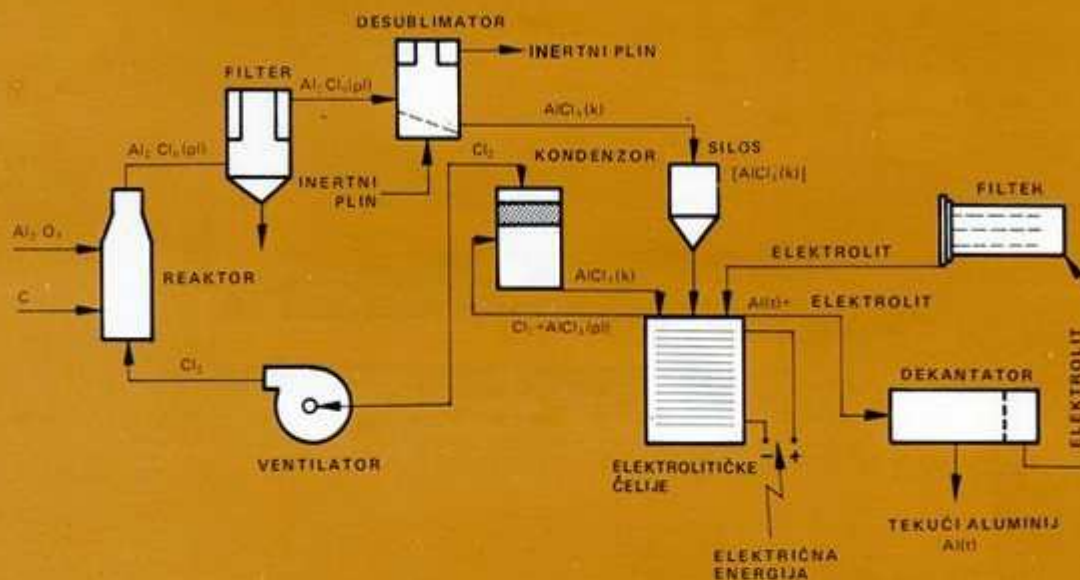
Na slici 3. data je pojednostavljena tehnološka šema Alcoa postupka. Nakon kloriranja u reaktoru i filtriranja nečistoća, plinoviti aluminijev klorid ( $Al_2Cl_6$ ) se desublimira u protustruji inertnog plina, pa se kao kruti  $AlCl_3$  sakuplja u silos, iz kojeg se vodi u elektrolitičke ćelije.

Ćelija je oklopljena sa čeličnim plaštom iznutra obloženim sa vatrostalnim materijalom, koji mora biti otporan na kloride iz elektrolita. U svakoj ćeliji nalazi se niz od 20–30 horizontalnih grafitnih elektroda, poredanih jedna iznad druge sa razmakom od samo 1 cm, koje djeluju kao bipolarne elektrode. Gornji nivo elektrolita je znatno iznad najgornje elektrode. Proces se odvija kod temperature od 700 °C ± 30 °C u elektrolitu, čiji zahtijevani sastav iznosi 5%  $AlCl_3$  + 53%  $NaCl$  + 42%  $LiCl$ . U praktičnom elektrolitu nalaze se u količini od po 0,5–1% i drugi kloridi kao što su  $MgCl_2$ ,  $KCl$ ,  $CaCl_2$ .

Budući da se tekući metal ne sakuplja na katodi, već na dnu ćelije u posebnoj grafitnoj posudi ispod baterije elektrode, izbjegnuto je problem variranja međupolnog razmaka, kao i denivelacije površine tekućeg aluminija uslijed magnetskih efekata.

Kako elektrode ne reagiraju sa klorom, teoretski nema utroška ugljenih materijala. Treba jedino paziti da sadržaj oksida u elektrolitu ne pređe iznos od 0,03% kako životni vijek elektroda ne bi spao ispod tri godine.

Očekuje se, da će specifični utrošak električne energije u ovom elektrolitičkom procesu iznositi 8,9 kWh/kg aluminija. Međutim, uzevši u obzir da Alcoa u kloridni proces uvodi jednu



Slika 3. Tehnološka šema Alcoa kloridnog postupka za proizvodnju aluminija

posebnu fazu sa energetske gubicima (pročišćavanje i kloriranje glinice) između proizvodnje glinice i elektrolize, teško je reći da li se i koliko energije ušteduje ovim kloridnim postupkom u odnosu na Heroult-Hall-ov postupak.

Riješi li se u kloridnom postupku problem zagađenja okoline, bit će to znatna prednost, jer se time izbjegava upotreba agresivnih fluorida za proizvodnju aluminija.

Ako Alcoa i postigne određene uštede u ukupnom utrošku električne energije u odnosu na postojeći Heroult-Hall-ov proces, ako se ostvare i druge veće ili manje eksploatacione prednosti ovog postupka, — mora se ipak konstatirati, da ovaj kloridni postupak ne donosi rješenje na planu korištenja neboksitnih sirovina, budući da isti zahtijeva ekstra čistu glinicu, čije dobijanje iz visokosilicijskih boksita nije jednostavno niti jeftino.

Kao zaključak o novim postupcima dobijanja aluminija možemo reći, da bi neki od njih mogli biti od industrijske važnosti u budućnosti, ali će oni teško biti konkurentni veoma razvijenim Heroult-Hall-ovim tvornicama u narednih 15–20 godina [3].

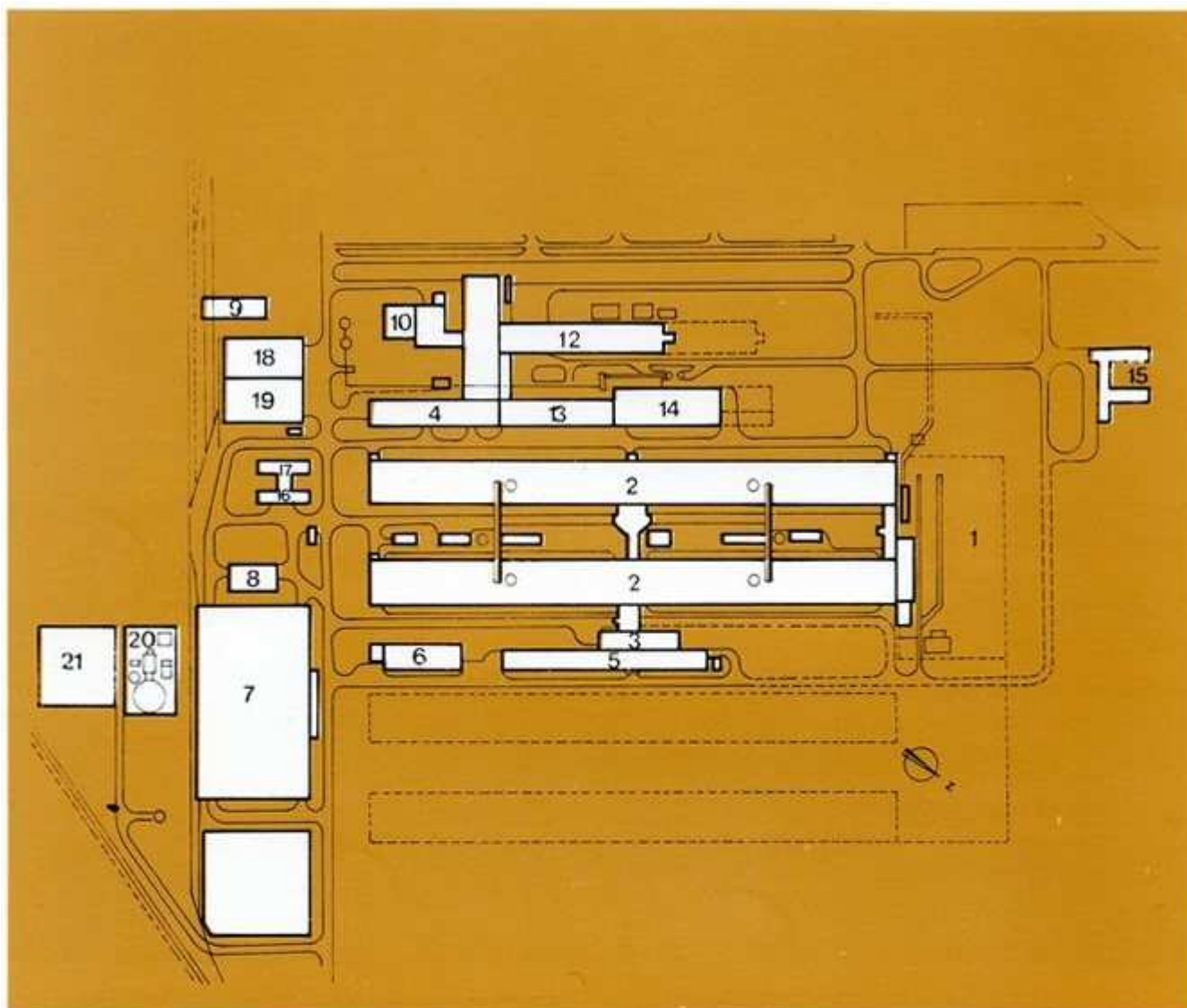
## TEHNIČKO-TEHNOLOŠKA KONCEPCIJA TVORNIČE ALUMINIJA U MOSTARU

### DISPOZICIJA OBJEKATA. OSNOVNA TEHNOLOŠKA ŠEMA PROIZVODNJE ALUMINIJA

Tvornica aluminija u Mostaru se podiže kao prirodan nastavak već ranije započetog procesa razvoja industrije aluminija u Mostaru, baziranom na hercegovačkom sirovinsko-energetskom potencijalu. Ona narasta na lokaciji uz već podignutu tvornicu glinice, čime je, kao i konfiguracijom i objektima na zemljištu, uslovljena dispozicija njenih objekata (Slika 4.). Isto tako i mnoga tehnička rješenja, isključivši specifične potrebe, predviđaju zajedničko korištenje odnosno odvijanje određenih funkcija (radionice za održavanje, vodozahvat, energetske fluidi, industrijski kolosijek, pristupni putevi i dr.).

U cilju optimalizacije tehnološkog procesa i reduciranja specifičnih investicionih i proizvodnih troškova na minimum, savremene tvornice aluminija se grade kao kompleksne, zaokružene, tehnološke cjeline (Slika 5.), koje pored elektrolize sadrže i sve tzv. pomoćne pogone. Dakle, sastoje se, kao i tvornica u Mostaru, od:

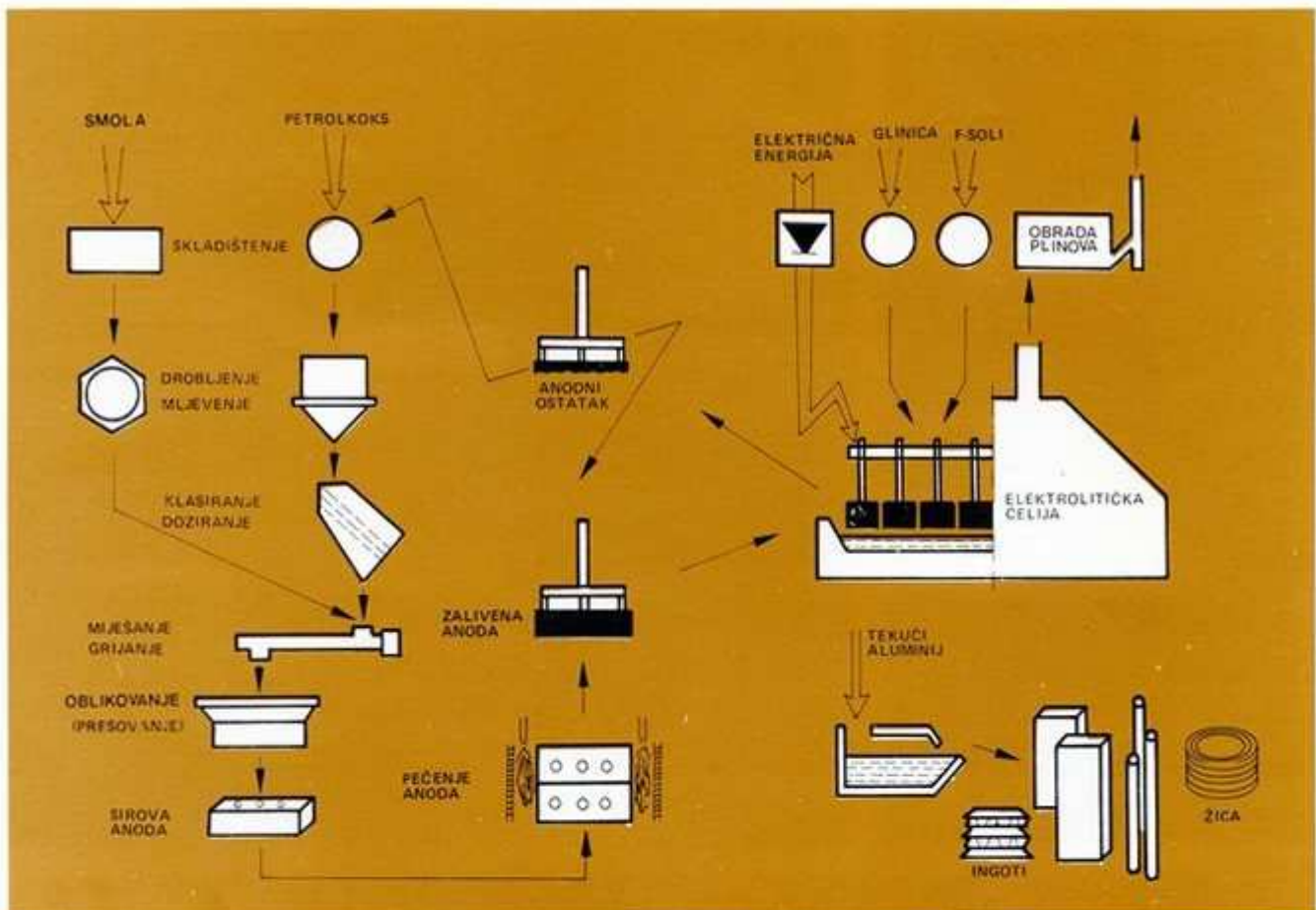
— pogona (tvornice) za proizvodnju anoda (proizvodnja sirovih anoda, pečenje i zalijevanje anoda);



Slika 4. Dispozicija objekata tvornice aluminija u Mostaru

#### LEGENDA

1. Podstanica
2. Elektroliza
3. Remont kranova
4. Zalijevanje katoda
5. Remont ćelija
6. Čišćenje lonaca
7. Livnica
8. Obrada šljake
9. Skladište smole
10. Proizvodnja sirovih anoda
11. Skladište sirovih i pečenih anoda
12. Pečenje anoda
13. Zalijevanje anoda
14. Skladište zalivenih anoda
15. Upravna zgrada
16. Laboratorij
17. Garderoba
18. Skladište repro materijala
19. Skladište rezervnih dijelova
20. Tretman voda
21. Deponija starih katoda



Slika 5. Osnovna tehnološka šema proizvodnje aluminija

- elektrolize s isparivačkom stanicom;
- livnice za oblikovanje i kvalitetnu doradu (legiranje) aluminija, koji se u tekućem stanju doprema iz elektrolize;
- pogona za tretman anodnih plinova i prašine iz elektrolize i iz peći za pečenje anoda;
- pogona za obradu šljake; te
- objekata opće-tehničkog karaktera.

Svako odstupanje od spomenute cjelovite koncepcije može da ima dosta značajan negativni uticaj na tehničke, a time i na finansijske rezultate rada tvornice. To se naročito odnosi na slučaj kada se podižu kapaciteti elektroliza bez pogona za proizvodnju anoda, jer oscilacije u kvalitetu dobavljenih anoda od drugih proizvođača mogu da dovedu tehnološki proces elektrolize do veoma kritične tačke, bez mogućnosti brze intervencije u cilju saniranja.

Svi pogoni u tvornici aluminija u Mostaru raspolagaju sa najvišim stupnjem mehanizacije i regulacije proizvodnog procesa, pri čemu način upravljanja proizvodnjom u elektrolizi odražava dostignuti nivo savremenosti organizacije i postrojenja u cijeloj tvornici aluminija.

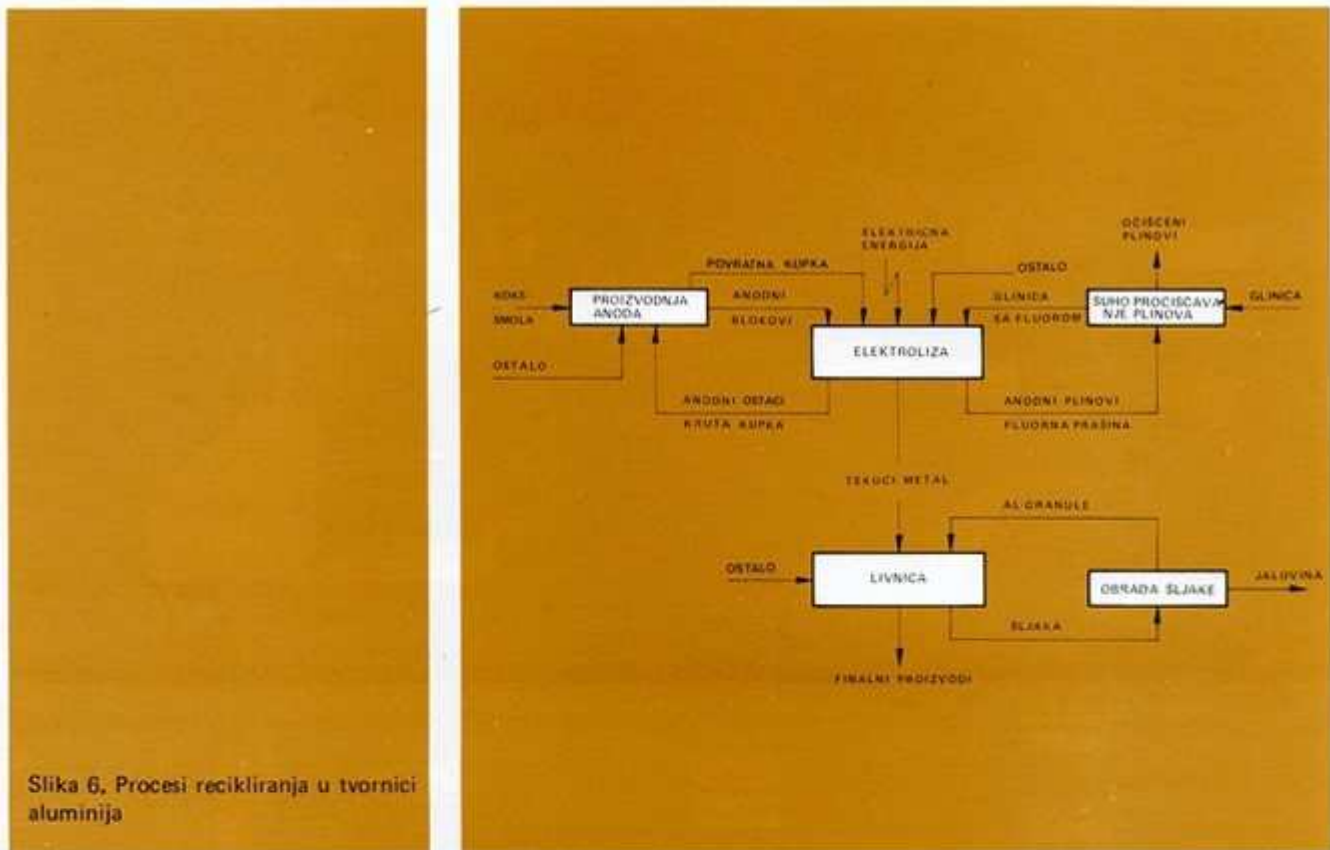
Proizvodnja u elektrolizi je karakterizirana brojem od preko 250 proizvodnih jedinica – ćelija, spojenih u električnoj seriji, u kojima se odvijaju zasebni, ali cjeloviti elektrokemijski procesi sa svim svojim specifičnostima, uslovljenim nejednakim topli-

nskim i električnim svojstvima izvedene konstrukcije i različitim vrijednostima parametara procesa.

Cilj upravljanja procesom elektrolize jeste da se regulacioni parametri procesa održavaju kod svih ćelija na propisanom nivou uz što manja odstupanja. Starije elektrolize, koje se danas još nalaze u radu imaju automatsku regulaciju samo jakosti struje, što nije dovoljno za ostvarenje visokih performansi u procesu. Savremene pak elektrolize raspolazu i s automatskom regulacijom međupolnog razmaka, uređajima za automatsko obaranje anodnih efekata, elektronskim računarima za kontinuirano nadziranje „unutrašnjeg stanja“ ćelija i serije, te raspolazu sa takvim stupnjem mehanizacije, da se radne operacije probijanja elektrolitičke kore i doziranja glinice mogu obavljati potpuno automatski, programirano, bez ljudske posade. Zato u savremenim elektrolizama ne dolazi do izražaja negativan uticaj tzv. ljudskog faktora na rezultate rada, pa su ti rezultati optimalni i praktički konstantni.

#### PROCESI RECIKLIRANJA I ZAŠTITE OKOLINE

Posebna karakteristika tehnološke koncepcije tvornice aluminija u Mostaru jeste činjenica, da se realizira maksimalni broj pomoćnih procesa za recikliranje otpadnih materijala, od kojih su najkarakterističniji, a ekonomski i ekološki najvažniji, procesi recikliranja ugljenog ostatka, kao i fluora iz anodnih plinova elektrolize (vidi materijane bilanse).



Slika 6. Procesi recikliranja u tvornici aluminija

Ostatak anoda koji se odvozi iz elektrolize predstavlja cca 20% nove anode. On se potpuno reciklira u zatvorenom kružnom toku, zadržavajući vrijednost skupog petrokoksa. U protivnom, sa cijenom koja se ostvari prodajom anodnih ostataka teško da se mogu pokriti troškovi transporta istih do krajnjeg korisnika.

Fluor u fluornim proizvodima, koji služe kao medij za proces elektrolize, predstavlja vrlo skup, a u velikim koncentracijama ujedno i opasan element po biljni svijet iz okoline. Zato je višestruk interes da se fluor, koji lako bježi iz elektrolitičkih ćelija, uhvati i vrati ponovo u proces elektrolize. Najefikasniji sistem od svih onih, koji se danas nalaze u industrijskoj praksi, jest sistem zatvaranja ćelija (kaptacija) s efikasnošću hvatanja fluora od 85–90% i zatvaranja hala u cilju hvatanja „pobjeglih“ 10–15% fluora iz ćelija u vodnim ispiračima na krovu hala s efikasnošću od 75%. Ako pođemo od činjenice, da sistem tzv. suhe obrade plinova putem reaktivne glinice, kojom se podvrgavaju anodni plinovi kaptirani u ćeliji, rađe s efikasnošću od 99–100% na fluor, – dolazi se do ukupnog koeficijenta korisnog djelovanja sistema za hvatanje fluora od 97–97,5%. To je efikasnost koja se tek očekuje u perspektivi i kod elektroliza sa tzv. centralnim probijanjem kore, koje upravo izlaze iz perioda eksperimentiranja.

Dio fluora uhvaćen u vodnim ispiračima na krovu hala odvodi se sa vodom u sistem za tretman voda, gdje se ista neutralizira krečnim mlijekom i potpuno očisti od fluora tako da je moguće istu vratiti u zatvoreni kružni tok.

Dodamo li rečenom, da se sva ostala voda u tvornici u Mostaru koristi isključivo za hlađenje i da se ničim ne zagađuje, možemo konstatirati, da je okolina tvornice potpuno bezbjedna od zagađenja, kako zraka tako i voda.

## TEHNIČKE KARAKTERISTIKE TVORNICI ALUMINIJA U MOSTARU

### KAPACITETI, PARAMETRI, ASORTIMAN PROIZVODA

Slijedeći podaci o kapacitetima i druge tehničke karakteristike daju jasnu sliku o projektu tvornice aluminija u Mostaru.

#### a) Proizvodnja anoda:

- Jedinični kapacitet proizvodnje sirovih anoda 23 t/h
- Godišnji kapacitet pečenja anoda 52.000 t/g,
- Karakteristike peći za pečenje anoda: peć sa 32 komore, 2 vatre, period permutacije 24 sata, ciklus pod vatrom – pečenje 108 sati

#### b) Elektroliza:

- Godišnja proizvodnja tekućeg aluminija 92.000 t/g
- Karakteristike elektrolize: jedna električna serija 1.120 V, zatvorene hale s ukupno 40 vodenih ispirača na krovu, 2 filtraciona centra za suho pročišćavanje anodnih plinova, jakost struje serije 140.000 A, 256 zatvorenih ćelija, ćelije sa metalnim dnom utopljenog tipa, po ćeliji 20 anoda presjeka 145 x 70 cm, remont katoda u zasebnoj hali izvan elektrolize

#### c) Livnica:

- Godišnji kapacitet proizvodnih linija u livnici:
  - ingoti 20.000 – 40.000 t/g,
  - valjaonični blokovi 35.000 t/g
  - trupci za presaonice 30.000 t/g
  - žica 15.000–25.000 t/g
- Instalirane peći:



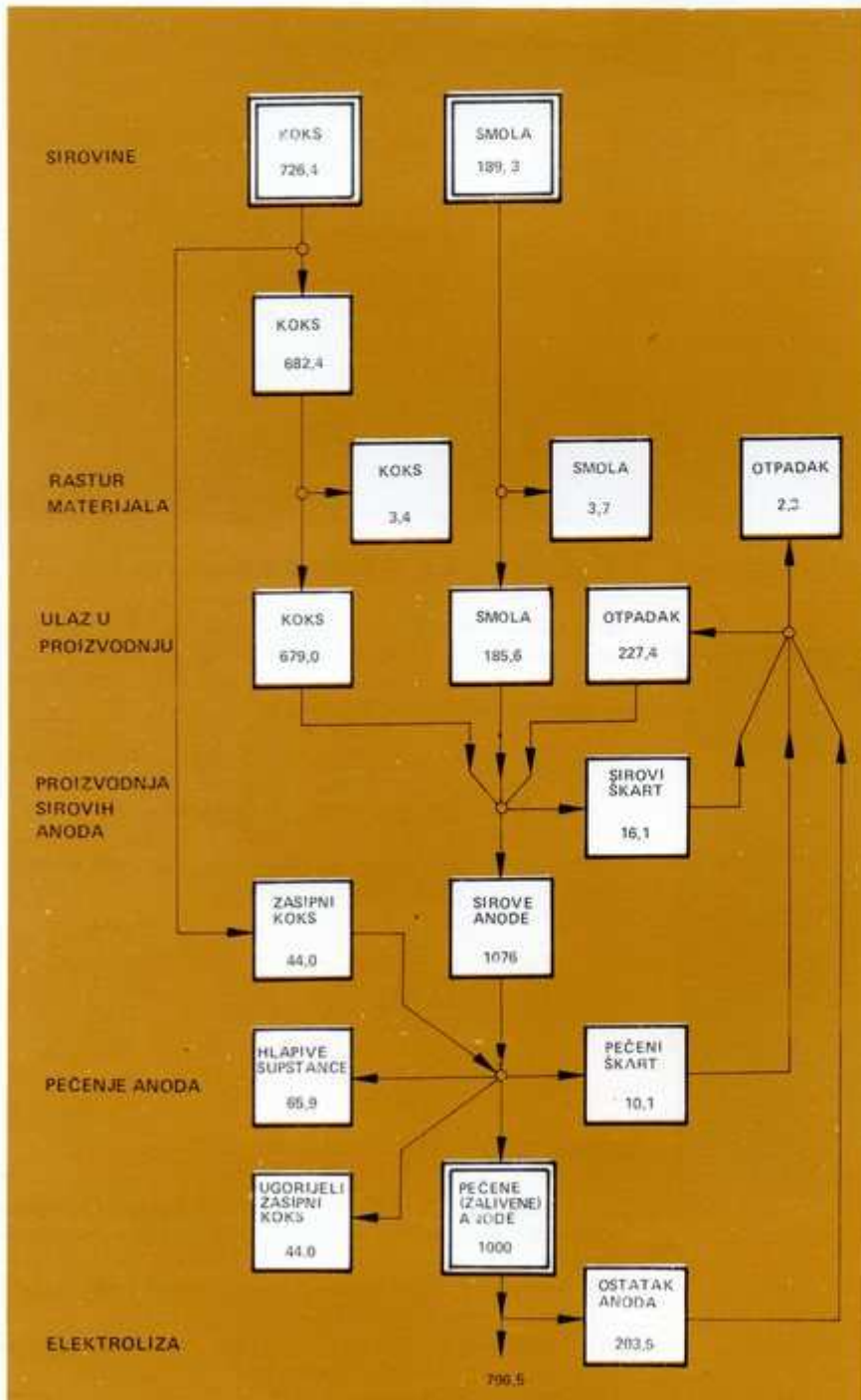
3 mazutne od 25 t, 4 mazutne od 35 t, 1 elektro od 35 t, 2 elektro od 55 t za homogenizaciju trupaca, 1 elektro „SNIF“ za otplinjavanje i lijevanje trupaca.

### NORMATIVNI UTROŠCI MATERIJALA I ENERGIJE

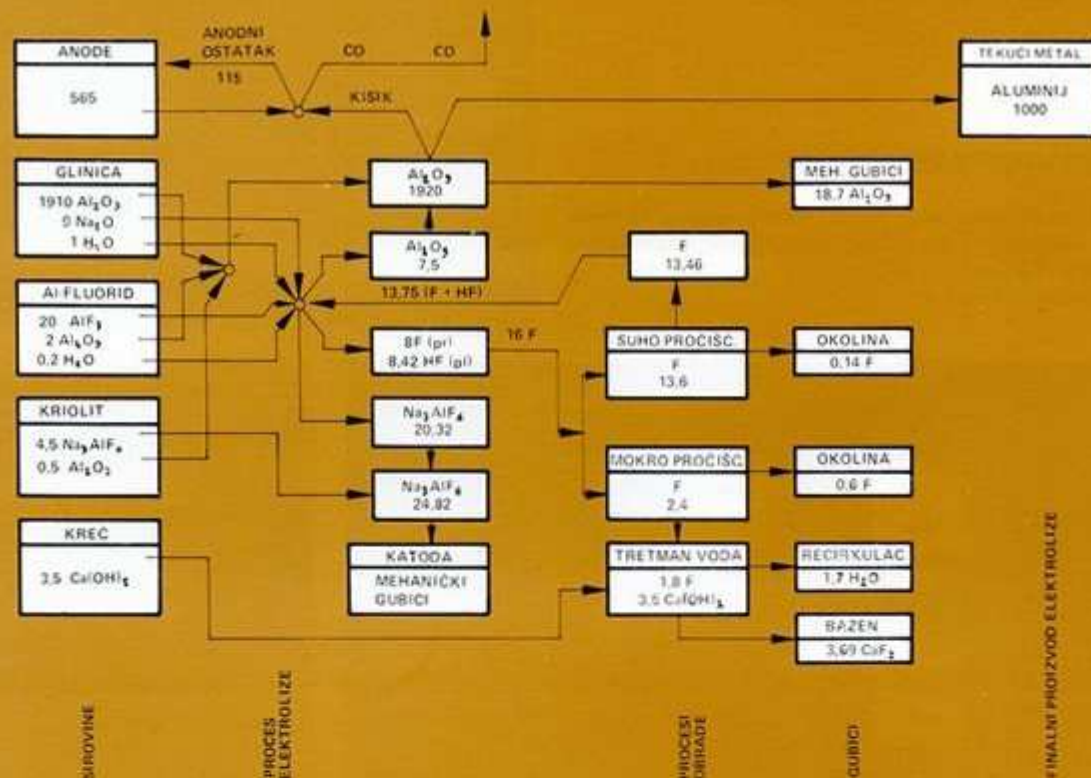
Materijalni bilansi proizvodnje anoda i elektrolize u Mostaru dati su na slikama 7. i 8., odakle slijede glavni normativni utrošci sirovina i pomoćnog materijala po toni proizvedenog tekućeg aluminija (Tabela 2.).

Tabela 2.

MATERIJAL	Normativ za t. tek. Al kg/t	Godišnje potrebe /za 92.000 t tek. Al t
1. GLINICA	1.920	176.640
2. UGLJENE ANODE		
a/ neto	450	41.400
b/ brute	565	51.980
3. FLUORNE SOLI		
a/ Al-fluorid	20	1.840
b/ Kriolit	5	460



Slika 7. Materijalni bilans proizvodnje anoda (kg)



Slika 8. Materijalni bilans elektrolize

Utrošci električne energije u tvornici aluminija u Mostaru vidljivi su iz Tabele 3.

Tabela 3.

Mjesto potrošnje	Normativ za t. tek. Al kWh/t	Godišnje potrebe kWh
1. ANODE	130	11.960.000
2. ELEKTROLIZA	/15.035/	/1.383.220.000/
a/ Istosmjerna elek. energija	13.970	1.285.240.000
b/ Gubitak u isprav. stanici /2,5 %/	350	32.200.000
c/ Pomoćni uređaji elektrolize	70	6.440.000
d/ Obrade plinova /suha i mokra/	600	55.200.000
e/ Tretman vode	45	4.140.000
3. LIVNICA	125	11.500.000
UKUPNO TVORNICA Al	15.290	1.406.680.000

## STANJE IZGRADNJE. PUŠTANJE U RAD TVORNICE

Tvornica aluminija u Mostaru gradi se na osnovu know-how-a i inženjeringa svjetski poznate francuske firme Aluminium Pechiney, čija se tehnologija posebno ističe po visokim performansama ostvarenim u procesu elektrolize.

Građevinski radovi su započeti 1978. godine i nalaze se u završnoj fazi. Najvećim dijelom elektromasinska oprema je prispjela na gradilište i sada se vrši njena montaža.

U 1980., godini se očekuje puštanje u rad svih faza tvornice anoda, kao i start prvih ćelija u elektrolizi.

## LITERATURA:

- [1] C. Crussard Ph.D., A hundred years of aluminium electrolysis, An international symposium: Molten salt electrolysis in metal production, Grenoble, September 1977.
- [2] M. Jakovljević, Iskorištenje energije i fleksibilnost procesa elektrolize glinice, Hemijska industrija br. 1, 1976.
- [3] K. Grjotheim, C. Krohn, H.A. Oye. Discussion of New Processes of Aluminium Production, III ČS Al-Symposium, Banska Bystrica, September 1976.