



(12) **BREVET DE INVENȚIE**

Hotărârea de acordare a brevetului de invenție poate fi revocată  
în termen de 6 luni de la data publicării

(21) Nr. cerere: **96-00931**

(61) Perfecționare la brevet:  
Nr.

(22) Data de depozit: **07.05.1996**

(62) Divizată din cererea:  
Nr.

(30) Prioritate:

(86) Cerere internațională PCT:  
Nr.

(41) Data publicării cererii:  
**30.01.1997** BOPI nr. 1/1997

(87) Publicare internațională:  
Nr.

(42) Data publicării hotărârii de acordare a brevetului:  
**30.05.2002** BOPI nr. 5/2002

(56) Documente din stadiul tehnicii:  
**FR 1457746**

(45) Data eliberării și publicării brevetului:  
BOPI nr.

(71) Solicitant: **S.C. "ALRO" S.A. SLATINA, SLATINA, RO;**

(73) Titular: **S.C. "ALRO" S.A. SLATINA, SLATINA, RO;**

(72) Inventatori: **RĂDULESCU CONSTANTIN, SLATINA, RO; DOBRA GHEORGHE, SLATINA, RO; MUNTEANU  
NICOLAE, SLATINA, RO; VERDEȘ CORNEL, SLATINA, RO; NEDELEANU CONSTANTIN,  
SLATINA, RO;**

(74) Mandatar:

(54) **METODĂ DE REGLARE A CONCENTRAȚIEI DE ALUMINĂ LA  
CUVELE DE ELECTROLIZĂ CU ALIMENTARE PUNCTIFORMĂ**

(57) **Rezumat:** Invenția se referă la o metoda de reglare a concentrației de alumină la cuvele de electroliză cu alimentare punctiformă, care realizează reglarea concentrației de alumină în ritmuri variabile, printr-o alimentare cu alumină a cuvelor prin ritmuri diferențiate, printr-o succesiune de etape, respectiv: - calculul la perioade prestabilite a valorilor rezistenței interne a cuvei; - calculul zonelor de tendință de apariție a efectului anodic, pe baza variațiilor în timp ale rezistenței interne a cuvei; - efectuarea de cicluri de supraalimentare cu 40...60% exces față de consumul normal

al cuvei, la sesizarea zonelor de preefect anodic; - sistarea supraalimentării, la o variație pozitivă a rezistenței interne a cuvei și calcularea duratei maxime și minime până la următorul preefect anodic. Reglarea tensiunii de alimentare a cuvei se realizează funcție de stadiul alimentării la momentul respectiv, prin recalcularea valorii instantanee a tensiunii necesare. Metoda prezintă avantajul că realizează alimentarea cu alumină funcție de parametrii de moment ai funcționării cuvei de electroliză.

Revendicări: 2

RO 117651 B



# RO 117651 B

Invenția se referă la o metodă de reglare a concentrației de alumina, la cuvele de electroliză pentru obținerea aluminiului.

5 Invenția are ca scop menținerea concentrației de alumina în baia electrolitică la valori cât mai ridicate, eliminarea modificărilor rapide ale concentrației de alumina și prevenirea efectelor anodice, în condițiile obținerii unor parametri tehnologici superiori în procesul de electroliză.

10 Metodele pentru alimentarea automată a aluminei, ce realizează mai mult sau mai puțin reglarea precisă a ritmurilor de alimentare, au constituit obiectul a o serie de brevete, uzual folosită fiind metoda Hall - Heroult, ce utilizează alimentarea punctiformă cu doze succesive în ritmuri variabile.

Sunt cunoscute metode care reglează conținutul de alumina în electrolit la valori cuprinse între 1 și 3,5% prin reglarea vitezei de alimentare în funcție de variațiile rezistenței interne a cuvei, alternând etape de supraalimentare cu etape de subalimentare.

15 Un exemplu de astfel de metodă este cea din brevetul **FR 1457746**, care utilizează relații de calcul, plecând de la valorile pantelor de creștere și scădere a rezistenței interne a cuvei pe perioadele de supraalimentare și subalimentare ale cuvei.

Dezavantajul acestui procedeu este că se admite că valorile pantelor de creștere și scădere ale rezistenței interne a cuvei sunt determinate numai de variația efectivă a concentrației de alumina din electrolit.

20 Procedul nu ia în calcul modificările sensibile ale pantelor, ce pot fi determinate și de ceilalți parametri momentani ai cuvei, respectiv: - exces de  $\text{AlF}_3$ ; conținut de  $\text{CaF}_2$ ; distanța interpolară; temperatura electrolitului; starea tehnologică generală a cuvei.

25 Problema, care apare, constă în îmbunătățirea procedeelor de reglare a unui conținut redus de alumina în electrolit, prin utilizarea unei metode de calcul cu recalcularea continuă a ritmurilor de alimentare cu alumina, între perioadele succesive de apariție a tendinței de efect anodic, cât și a duratei de alimentare rară maximă și minimă, admise.

Metoda conform invenției, care realizează reglarea concentrației de alumina în ritmuri variabile, printr-o alimentare cu alumina a cuvelor prin ritmuri diferențiate, rezolvă această problemă printr-o succesiune de etape, respectiv:

- 30 - calculul la perioade prestabilite a valorilor rezistenței interne a cuvei;  
- calculul zonelor de tendință de apariție a efectului anodic pe baza variațiilor în timp ale rezistenței interne a cuvei;  
- efectuarea de cicluri de supraalimentare cu 40...60% exces față de consumul normal al cuvei, la sesizarea zonelor de preefect anodic;  
35 - sistarea supraalimentării, la o variație pozitivă a rezistenței interne a cuvei și calcularea duratei maxime și minime până la următorul preefect anodic.

40 Reglarea tensiunii de alimentare a cuvei se realizează în funcție de stadiul alimentării la momentul respectiv, prin recalcularea valorii instantanee a tensiunii necesară. Metoda prezintă avantajul că realizează alimentarea cu alumina în funcție de parametrii de moment ai funcționării cuvei de electroliză.

Invenția este prezentată în continuare.

Conform metodei prezentate în invenție, reglarea concentrației de alumina la o cuvă de electroliză cu alimentare punctiformă se realizează prin ritmuri diferențiate de alimentare, în următoarele etape:

45 1. Calculul la perioade prestabilite a valorilor rezistenței interne a cuvei:

$$R_{Ni} = (2R_{Ni-1} + R_i)/3;$$

$R_{Ni}$ ,  $R_{Ni-1}$  - rezistența internă a cuvei netezite și respectiv rezistența anterioară a cuvei netezite;

$R_i$  - rezistența internă momentană a cuvei.

2. Calculul zonelor de tendință de apariție de efect anodic pe baza variațiilor în timp ale  $R_{Ni}$ , ( $\Delta R_{Ni}$ ) succesive pozitive și a duratei minime față de preefectul anterior, rezultă pe baza unei relații de calcul care se aplică în condițiile:

a)  $\Delta R_{Ni-2} + \Delta R_{Ni} + \Delta R_{Ni-1} > DF$ ; (DF - valorile pozitive succesive anterioare ale rezistenței).

b)  $N_{TC} > 3$

c)  $\Delta t_A$  - (durata față de preefectul anterior)  $> \Delta t_{min}$ , (durata minimă).

( $N_{TC}$  - numărul de trepte de creștere a  $R_i$  pozitive consecutive).

( $\Delta R_{Ni} = R_{Ni} - R_{Ni-1}$ ;  $\Delta R_{Ni-2}, \Delta R_{Ni-1}, \Delta R_{Ni} > 0$ )

Dacă sunt respectate condițiile de la punctele a, b și c, se declară zonă de preefect anodic.

3. Din momentul sesizării zonelor de preefect anodic, conform condițiilor 2 a,b și c, se efectuează ciclul de supraalimentare care asigură un exces de 40...60% față de consumul normal al cuvei.

Numărul minim de cicluri de supraalimentare este 3, iar numărul maxim este determinat de apariția primei valori a  $\Delta R_i > 0$ .

4. Pentru prima valoare a  $\Delta R_{Ni} > 0$ , se sistează ciclurile de supraalimentare și se calculează durata maximă și minimă ( $\Delta t_{max}$ ;  $\Delta t_{min}$ ) până la următorul preefect anodic, după care se efectuează cicluri de subalimentare cuvă, care asigură 30...50% față de consumul normal al unei cuve, până în momentul sesizării unei noi zone de preefect anodic și se reiau ciclurile de supraalimentare cuvă.

Calculul valorii  $\Delta t$  minim și maxim se face cu relațiile:

$$\Delta t_{max} = \Delta t_i \times (C_{N88} - M_{MAX}/T_i) / (M_{MAX}/T_R - C_{N88});$$

$$\Delta t_{min} = \Delta t_i (C_{N95} - M_{min} / T_i) / (M_{min}/T_R - C_{N95}),$$

unde:

$\Delta t_i$  - durata de supraalimentare; [s]

$M_{MAX}, MIN$  - doză  $Al_2O_3$  maximă și minimă la dozator; [kg  $Al_2O_3$ ]

$T_i, T_R$  - perioada alimentării intense și rare, [ $s^{-1}$ ];

$C_{N88}, C_{N95}$  - consum normal  $Al_2O_3$  corespunzător unui randament de 88%, respectiv - 95% pentru o intensitate  $I_M$  realizată, [kg  $Al_2O_3/s$ ]:

$$C_{N88} = 15,233 \times I_M \times 0,88 \quad [kg \ Al_2O_3/s]$$

$$C_{N95} = 15,233 \times I_M \times 0,95 \quad [kg \ Al_2O_3/s]$$

Se dă, în continuare, un exemplu de aplicare a metodei, conform invenției.

**Exemplul.** Din momentul apariției efectului anodic, se efectuează un ciclu de stingere efect și reglare a cuvei în zona de referință impusă.

Pentru  $\Delta U = 4V$ , se reglează valoarea tensiunii cuvei prin deplasări în sus sau jos ale cadrului anodic, în zona de referință:

$$4 - 0,05 < U_{IR} < 4 + 0,05 \quad [V]$$

unde:

$U_{IR}$  - reprezintă o valoare recalculată pentru un nivel de bază al intensității de 87KA =  $I_M$ :

$$U_{IR} = ((U_i - 1,65) / I_i) \times 87 + 1,65 \quad [V]$$

$I_i$  = intensitatea momentană [KA]

Se începe un ciclu de supraalimentare cuvă cu doze de alumină pe un interval de 40 min astfel încât să se asigure un exces de 40...60% față de consumul normal al cuvei, corespunzând unei doze:  $dz = 1,3kgAl_2O_3$ .

Pentru o doză de  $Al_2O_3$ :  $M = 1,3 + 0,1$  kg, se utilizează o perioadă a alimentării intense:  $T_i = 50$  [s]; ( $I_M = 87KA$ ).

În acest interval de timp, reglarea tensiunii cuvei se efectuează astfel încât:

$$4 - 0,05 < U_{IR} < 4 + 0,05 \quad [V]$$

# RO 117651 B

100 După epuizarea celor 40 min de supraalimentare, cuva se trece pe alimentare rară, care să asigure 30...50% din consumul normal al cuvei, cu perioada alimentării rare:

$$T_R = b \times T_i$$

Pentru doze de 1,3 + 0,1kg, se utilizează un coeficient  $b = 3,4$ , rezultând:

$$T_R = 3,4 \times 50 = 170 \quad [s]$$

105 Din acest moment, se calculează  $R_{Ni}$ , la intervale prestabilite, cât și valorile  $\Delta R_{Ni}$  (la intervale de 8 min).

Fiecare valoare pozitivă a lui  $\Delta R_{Ni}$  se însumează cu valorile pozitive anterioare, succesive (DF), și se controlează numărul de trepte de creștere ( $N_{TC}$ ) corespunzătoare pentru valorile succesive ale lui  $\Delta R_{Ni} > 0$ .

110 Dacă:

a)  $DF > 0,6 \mu\Omega$

b)  $N_{TC} > 3$

c)  $t_{pp} > \Delta t_{min}$ , ( $t_{pp}$  - durata între preefecte anodice succesive), se declară zonă de preefect anodic. În această perioadă de calcul a preefectului anodic, reglarea tensiunii cuvei se efectuează numai în perioadele în care  $N_{TC} = 0$ .

115

Pentru  $N_{TC} > 1$ , se suspendă orice reglare de cadru anodic pentru reglarea tensiunii în zona de referință.

Din momentul declarării zonei de preefect anodic, se efectuează minimum 3 cicluri de alimentare intensă (24 min) cu o frecvență și o durată variabilă:

120

$$T_i = a \times t_{pp} / N_A = 0,32 \times t_{pp} / N_A \quad [s], \text{ unde:}$$

a - coeficient cu valoare 0,32 pentru  $dz = 1,3 \text{ kg Al}_2\text{O}_3$ ;

$t_{pp}$  - durata contorizată între preefecte anodice succesive; [s]

$N_A$  - numărul de alimentări realizate între cele două preefecte anodice.

$T_i$  în mod curent, pentru  $M = 1,3 \text{ kg}$ , are valori cuprinse între 45 și 65 s.

125

Ciclurile de alimentare intensă se suspendă din momentul în care după primele cicluri (24 min) se înregistrează prima valoare pozitivă pentru  $\Delta R_{Ni}$ .

În această perioadă de supraalimentare a cuvei, sunt sistate orice reglări ale cadrului anodic.

Exemplu:

130

$$T_{pp} = 7200 \quad [s]$$

$$\Delta t_i = 2100 \quad [s]$$

$$N_A = 44 \quad [\text{alimentări}]$$

(Valori contorizate între preefectele anterioare)

$$T_i = 0,32 \times 1200 = 52 \quad [s]$$

135

pentru prima valoare pozitivă a  $\Delta R_{Ni}$ , se sistează supraalimentarea, se memorează durata alimentării intense  $T_i$  și se calculează:

- Frecvența alimentare rară;

- Durata maximă și minimă până la următorul preefect;

$$R_R = 3,4 \times T_i + 3,4 \times 52 = 177 \quad [s];$$

140

$$\Delta t_{max} = 2100 \times (0,0135 \dots 1,4/52) / (1,4/177 \dots 0,0135) = 5042 \quad [s];$$

$$\Delta t_{min} = 2100 \times (0,01457 \dots 1,3/52) / (1,3/177 \dots 0,01457) = 3030 \quad [s];$$

$$C_{N88} = 1,551 \times 10^{-4} I_M = 1,551 \times 10^{-4} \times 87 = 0,0135 \quad [\text{kg Al}_2\text{O}_3/\text{s}];$$

$$C_{N95} = 1,675 \times 10^{-4} I_M = 1,675 \times 10^{-4} \times 87 = 0,0143 \quad [\text{kg Al}_2\text{O}_3/\text{s}].$$

145

$$1,675 \times 10^{-4} \frac{8,06 \times 0,95}{86400} [\text{sec}] \times 1,89, \quad 1,551 \times 10^{-4} \frac{8,06 \times 0,88}{86400} \times 1,89 \quad \text{unde:}$$

# RO 117651 B

1,89 - kg Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> consumată stoichiometric pentru 1 kg Al;  
8,06 x 0,95 I<sub>M</sub> - cantitatea de aluminiu produsă pentru o intensitate I<sub>M</sub>, la un randament de 95%, timp de 24 h; 150  
8,06 x 0,88 I<sub>M</sub> - cantitatea de aluminiu produs pentru o intensitate I<sub>M</sub>, la un randament de 88%, timp de 24 h.

Următorul preefect anodic va fi considerat corect determinat pe baza variațiilor ΔR<sub>Ni</sub>, dacă durata față de preefectul anterior este mai mare decât Δt<sub>min</sub>, (3030 + 2100 = 5130 s). 155

Dacă t<sub>pp</sub> < 5130 s, nu se declară preefect anodic chiar dacă sunt îndeplinite condițiile de la punctul 2a și b.

În acest caz, se trece cuva pe alimentare subrară și se așteaptă următorul preefect anodic, care se consideră valid:

$$T_{SR} = 2 \times T_R \quad [s]; \quad T_{SR} = 2 \times 177 = 354 [s]. \quad 160$$

Dacă Δt<sub>max</sub> s-a epuizat și nu a apărut preefect anodic, se trece cuva pe alimentare subrară și se așteaptă următorul preefect anodic, o perioadă:

$$T_{SR} = 2 \times T_R \quad [s]; \quad T_{SR} = 2 \times 177 = 354 [s].$$

În continuare, se reia ciclul de la punctul declarării zonei de preefect anodic.

Pe o perioadă de 12 luni, s-au urmărit parametri tehnologici realizați pe un grup de cuve modernizate, ce au funcționat cu metode de reglare a ritmurilor de alimentare, conform prezentei invenții, asigurându-se o variație a concentrației de alumină, în electrolit, cuprinsă între 1,5 și 3%, la un conținut de AlF<sub>3</sub> cuprins între 8 și 10%. 165

În urma experimentării, s-au obținut parametri net superiori concomitent cu o îmbunătățire substanțială a regularității în funcționarea tehnologică a cuvelor: 170

Randament Faraday: 93% (cuve experimentale);  
89% (cuve actuale, clasice).

Consum specific de energie electrică (curent continuu):  
13380 [kwh/t] (cuve experimentale);  
14500 [kwh/t] (cuve actuale, clasice). 175

Medie efecte anodice: 0,3 efecte anodice/cuvă/zi (cuve experimentale);  
2 efecte anodice/cuvă/zi (cuve actuale, clasice).

Utilizarea metodei a condus la limitarea la minim a depunerilor de alumină pe catodul cuvelor, în condițiile eliminării dereglărilor de ordin tehnologic. 180

## Revendicări

1. Metodă de reglare a concentrației de alumină la cuvele de electroliză cu alimentare punctiformă, prin reglarea tensiunii cuvei și a frecvenței de alimentare cu alumină, prin orificii deschise în crusta solidificată, printr-o funcție de rezistență electrică a cuvei indicând concentrația de alumină recalculată continuu, **caracterizată prin aceea că**, reglarea prin menținerea concentrației de alumină la valori mici și relativ constante se efectuează printr-un ciclu repetativ de operații realizate între două efecte anodice consecutive, pentru alimentarea în trei tipuri de ritmuri de alimentare: intensă, rară și subrară, în etapele: 185

a) - efectuarea unui ciclu de 40 de min de alimentare intensă cu frecvența f<sub>1</sub>, utilizată în perioada alimentărilor intense, anterioare efectului anodic; 190

b) - măsurarea continuă, la intervale de 8 min, a valorii rezistenței interne a cuvei prin metoda netezirii: R<sub>Ni</sub>, definită prin relația:

$$R_{Ni} = (2R_{Ni-1} + R_i)/3$$

în care: R<sub>Ni-1</sub> - rezistența internă, anterioară, în cuva netezită; 195

R<sub>i</sub> - rezistența internă, de moment, a cuvei,

# RO 117651 B

cât și variația acesteia,  $\Delta R_{Ni}$ , definită prin relația:

$$\Delta R_{Ni} = R_{Ni} - R_{Ni-1}$$

200 b) - constatarea zonei de preefect anodic pentru minim trei valori consecutive pozitive ale valorii  $\Delta R_{Ni}$ , înregistrată doar în perioadele de alimentare rară sau subrară ce dau însu-  
mate minimum  $0,6\mu\Omega$  și pentru o durată față de preefectul anodic anterior mai mare decât  
durata minimă,  $\Delta t_{min}$ , după care, în cazul în care după 1 sau 2 valori consecutive ale  $\Delta R_{Ni}$ ,  
205 pozitive, se găsește o valoare negativă  $\Delta R_{Ni}$ , se anulează numărul de trepte de creștere  
anterior,  $N_{TC}$ , și se așteaptă apariția a trei noi valori consecutive pentru  $\Delta R_{Ni}$ , pentru decla-  
rarea de preefect anodic, cu respectarea condiției ca durata măsurată între două preefecte  
anodice,  $\Delta t_{pp}$ , să fie mai mare decât cea minimă,  $\Delta t_{min}$ , calculată prin relația:

$$\Delta t_{min} = \Delta t_i (C_{N95} - M_{min}/T_i)/(M_{min}/T_R - C_{N95}); [s]$$

în care:  $\Delta t_i$  - durata de alimentare intensă anterioară; [s]

$M_{min}$  - doza minimă de  $Al_2O_3$ ; [kg]

210  $T_i$  - perioada ritmului de alimentare intensă; [s]

$T_R$  - perioada ritmului de alimentare rară; [s]

$C_{N95} = 1,675 \times 10^{-4} I_M$ ; [ $Al_2O_3/s$ ] - consumul normal de  $Al_2O_3$  corespunzător unui randament  
de 95% la o intensitate  $I_M$  a alimentării; [ $kg Al_2O_3/s$ ], iar pentru o durată între preefecte  
anodice consecutive mai mică decât  $\Delta t_{min}$ , nu se consideră zonă de preefect anodic, chiar  
215 dacă sunt îndeplinite condițiile a) și b) și se trece cuva pe ritmul de alimentare subrară, până  
la următorul preefect anodic, cu perioada ritmului:  $T_{SR} = 2T_R$  [s];

d) efectuarea unui ciclu de 24 min de supraalimentare, după care se continuă supra-  
alimentarea cu calcularea valorii  $\Delta R_{Ni}$ , la fiecare 8 min, iar pentru prima valoare  $\Delta R_{Ni} > 0$ , se  
oprește alimentarea intensă, care are perioada ritmului:  $T_i = a \times t_{pp}/N_A$  [s], în care:  $t_{pp}$  - durata  
220 între preefectele anterioare;  $N_A$  - număr de alimentări realizate între preefecte; a - coeficient  
cu valori de 0,3...0,4, în funcție de mărimea duzelor utilizate;

e) trecerea cuvei pe alimentare rară, cu perioada:  $T_R = b \times T_i$ , în care  $T_i$  - perioada  
ritmului anterior de alimentare intensă; b = 3...5 - coeficient în funcție de mărimea duzelor  
utilizate;

225 f) calcularea continuă, în funcție de valoarea  $I_M$  a duratei maxime și minime, până la  
următorul preefect anodic și reluarea ciclului de la etapa b), iar pentru o durată între pre-  
eefecte consecutive mai mare decât cea maximă,  $\Delta t_{max}$ , se trece cuva pe ritmul de alimentare  
subrară, cu perioada:  $T_{SR} = 2T_R$ , dublă față de perioada alimentării rare, anterioare, valoarea  
 $\Delta t_{max}$  fiind calculată cu relația:

$$230 \quad \Delta t_{max} = \Delta t_i (C_{N88} - M_{MAX} / T_i)/(M_{MAX}/T_R - C_{N88})$$

în care:

$\Delta t_i$  - durata anterioară a alimentării intense; [s]

$M_{MAX}$  - doza maximă; [kg]

$T_i$  - perioada ritmului alimentării intense; [s]

235  $T_R$  - perioada ritmului alimentării rare; [s]

$C_{N88} = 1,551 \times 10^{-4} \times I_M$ ; [ $kg Al_2O_3/s$ ] - consumul normal de  $Al_2O_3$  corespunzător unui  
randament de 88% al cuvei, pentru o intensitate  $I_M$  a alimentării, [ $kg Al_2O_3/s$ ].

2. Metodă de reglare, conform revendicării 1, **caracterizată prin aceea că**, reglarea  
tensiunii cuvelor, în zona de referință impusă, se realizează în funcție de stadiul alimentării  
240 la momentul respectiv, în etapele:

- se recalculează continuu valoarea instantanee a tensiunii,  $U_t$ , prin raportarea la o  
intensitate de bază,  $I_M$ , în funcție de intensitatea momentană,  $I_t$ :

$$U_{IR} = [(U - 1,65) / I_t] \times I_M + 1,65 \quad [V]$$

245 - se stabilește, pentru o valoare impusă a tensiunii de referință,  $U_R$ , un interval de  
reglare  $\Delta U = +/-0,05V$ ; excepție facând perioada alimentării intense, în care se interzice  
reglarea tensiunii;

- în perioada de alimentare rară sau subrară, se interzice reglarea tensiunii în zona de referință, în cazul înregistrării unei prime trepte de creștere a valorii  $R_N$ , cu  $\Delta R_N > 0$  și se permite reglarea în condițiile în care numărul de trepte de creștere a valorii  $R_N$  pozitive consecutive, este supraunitar, ( $N_{TC} > 1$ ), iar pentru  $N_{TC} = 0$ , se permite reglarea tensiunii pentru aducerea cuvei în zona de referință impusă;

250

- în perioada de 40 min de alimentare intensă, după un efect anodic, se permite reglarea tensiunii cuvei în zona de referință impusă.

Președintele comisiei de examinare: **Ing. Anghel Radu**

Examinator: **ing. Arghirescu Marius**

