

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

①1 N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

2 614 320

②1 N° d'enregistrement national :

87 05874

⑤1 Int Cl⁴ : C 25 C 3/14.

①2

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 21 avril 1987.

③0 Priorité :

④3 Date de la mise à disposition du public de la demande : BOPI « Brevets » n° 43 du 28 octobre 1988.

⑥0 Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : ALUMINIUM PECHINEY. — FR.

⑦2 Inventeur(s) : Benoist Sulmont ; Alain Paternoga.

⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : Claude Pascaud, Pechiney.

⑤4 Procédé et dispositif de contrôle des additions d'électrolyse solide dans les cuves d'électrolyse pour la production d'aluminium.

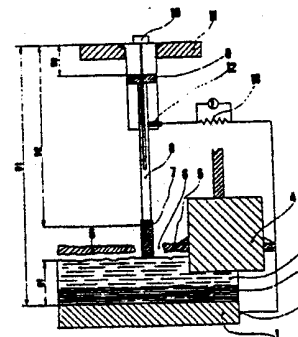
⑤7 L'invention concerne un procédé de contrôle des additions d'électrolyte solide dans une cuve pour la production d'aluminium par électrolyse d'aluminium dissoute dans un bain cryolitique fondu selon le procédé Hall-Héroult.

Selon ce procédé :

- on fixe une valeur de consigne HBC pour la hauteur du bain,
- on détermine périodiquement le niveau du bain dans la cuve à partir d'un point PF de cote fixe et connue par rapport au substrat cathodique carboné,
- on en déduit la hauteur totale HT de la couche de bain d'électrolyse HB et la nappe HM d'aluminium liquide,
- on détermine l'épaisseur HM de la nappe d'Al liquide sur le substrat cathodique,
- on en déduit la hauteur HB de la couche de bain, $HB = HT - HM$
- on compare HB avec la valeur de consigne HBC.

Si cette comparaison fait apparaître un défaut de bain, on déclenche une adjonction de bain broyé à partir d'un moyen de stockage, par au moins un orifice pratiqué dans la croûte d'électrolyte solidifiée qui recouvre normalement la cuve.

Si cette comparaison fait apparaître un excès de bain, on déclenche une alarme, pour appeler une opération de coulée de bain.



FR 2 614 320 - A1

PROCEDE ET DISPOSITIF DE CONTROLE DES ADDITIONS D'ELECTROLYTE SOLIDE
DANS LES CUVES D'ELECTROLYSE POUR LA PRODUCTION D'ALUMINIUM

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention concerne la production d'aluminium par électrolyse d'alumine dissoute dans de la cryolithe fondue, selon le procédé Hall-Héroult, et plus précisément un procédé et un dispositif de contrôle des additions d'électrolyte solide dans les cuves d'électrolyse.

ETAT DE LA TECHNIQUE

10 La conduite des cuves d'électrolyse modernes pour la production d'aluminium selon le procédé Hall-Héroult nécessite une surveillance permanente du volume du bain. La plus grande partie de ce bain est à l'état fondu et constitue l'électrolyte, le reste, solidifié forme les talus latéraux et la croûte qui recouvre la surface libre de l'électrolyte. Cet électrolyte est essentiellement constitué de cryolithe Na_3AlF_6 et peut comporter des additifs divers tels que CaF_2 , AlF_3 , LiF , etc... ayant pour but d'agir sur le point de fusion, sur les propriétés électrochimiques et sur l'aptitude à dissoudre l'alumine.

20 Le volume de l'électrolyte doit être suffisant pour assurer une dissolution et une répartition rapides de l'alumine introduite dans la cuve, mais il ne doit pas dépasser un certain niveau au-delà duquel il provoquerait une corrosion des tiges d'acier auxquelles sont suspendues les anodes, avec, comme conséquence, une augmentation de la teneur en fer de l'aluminium produit et un changement plus fréquent des tiges d'acier corrodées.

30 On contrôle donc périodiquement la position de la surface libre de l'électrolyte et de l'interface bain d'électrolyse-nappe d'aluminium liquide cathodique.

Les ajustements du volume de bain, dans chaque cuve, sont réalisés:

- soit par apport, si le niveau est trop bas :

35 . de produits neufs solides (essentiellement de la cryolithe Na_3AlF_6)

. de produits solides recyclés (bain d'électrolyse solidifié et broyé, bain provenant du nettoyage des mégots d'anodes usées et des cathodes de cuve, hors service avant démolition et que l'on désignera, par la suite, par "bain broyé")

5 . de bain d'électrolyse liquide prélevé sur d'autres cuves de la série

- soit par soutirage, si le niveau est excessif, ce bain liquide étant réutilisé tel quel, à bref délai, comme apport dans d'autres cuves, 10 ou solidifié, broyé et stocké pour recyclage ultérieur.

Généralement, l'exploitant choisit, pour éviter le risque de déséquilibre par défaut de bain, de travailler en léger excès et de corriger par des coulées régulières de bain liquide, le mot "coulée" étant pris 15 ici dans le sens d'extraction à l'état liquide.

Les apports de bain dans la cuve se font systématiquement par :

- la couverture des anodes (en vue de les calorifuger)
20 - les additions de produits fluorés (AlF_3 , cryolithe)
- le recyclage de l'alumine utilisée pour le captage des effluents fluorés dans les dispositifs d'épuration des gaz émis par les cuves d'électrolyse.

25 Ces apports sont compensés par les émissions (gaz et poussières) de la cuve, et les retraits décidés en fonction des mesures de niveau effectuées par les opérateurs à des intervalles de l'ordre de 24 h à 48 heures.

30 **INCONVENIENTS DE LA TECHNIQUE ACTUELLE**

Selon la technique actuelle, les apports de bain subissent des fluctuations importantes et mal contrôlées, dues en particulier au délai qui s'écoule entre l'apport de bain broyé en couverture des anodes 35 et son passage à l'état fondu dans la cuve. Il en résulte d'importantes variations des hauteurs de bain, et d'importantes manutentions de bain liquide, entraînant des variations dommageables de l'équilibre thermique des cuves.

En outre, ces manutentions de bain liquide, les concassages et manutentions de bain broyé qui s'en suivent, ainsi que les mesures de niveau de bain, sont des opérations généralement manuelles à faible productivité qui alourdissent les coûts de production et nécessitent
5 du matériel coûteux et encombrant.

Dans la demande de brevet européen EP-A-195143, on décrit un procédé de mesure du niveau de l'électrolyte dans une cuve d'électrolyse Hall-Héroult selon lequel une anode de la cuve, dans laquelle passe un courant
10 donné, est progressivement relevée; on mesure la diminution du courant en fonction de la hauteur de relevage et on note la hauteur pour laquelle le courant a baissé jusqu'à une fraction prédéterminée de sa valeur initiale. On en déduit, par étalonnage, la profondeur réelle de la couche d'électrolyte. Ce procédé part d'un principe totalement différent.
15 de celui qui fait l'objet de la présente invention, qui ne nécessite pas de mouvement d'anode.

OBJET DE L'INVENTION

L'idée à la base de la présente invention, consiste à effectuer une
20 mesure indirecte de la hauteur de la couche de bain fondu à partir de la mesure de la hauteur totale de la couche de métal fondu et de la couche de bain fondu qui la surmonte, par rapport au substrat cathodique pris comme plan de référence et d'une évaluation de la hauteur de la couche de métal fondu, ce qui donne, par différence, la hauteur
25 de la couche de bain fondu.

On connaît de façon précise, par construction, la position de la face supérieure du substrat cathodique (formée par la juxtaposition des blocs cathodiques carbonés), par rapport aux autres éléments fixes de la structure métallique comportant le caisson, la superstructure
30 de la cuve, et le cadre anodique ou le dispositif équivalent de suspension - collective ou individuelle ou par groupe - des anodes. Cette position peut varier au cours de la vie de la cuve (soulèvement par gonflement des blocs cathodiques ou de leur substrat, ou au contraire usure de cette surface par érosion) mais en tout état de cause de tels
35 effets sont extrêmement lents (variations de l'ordre du mm par mois), ce qui n'est pas une gêne pour des mesures comparatives à l'échelle de quelques jours ou semaines, recalées périodiquement par mesure physique de ce niveau de base.

On peut donc utiliser comme référence de niveau, un point fixe situé par exemple sur le rebord du caisson, sur un montant vertical en une poutre horizontale de la superstructure, et dont la cote verticale, par rapport au substrat cathodique carboné, est connue de façon précise. Il suffira de mesurer le niveau du bain fondu par rapport à ce point de cote fixe pour en déduire immédiatement la hauteur totale HT de la couche de métal (HM) et de la couche de bain fondu (HB). Cette mesure de niveau pourra s'effectuer par différents dispositifs directs: contact électrique avec la surface du bain, ou indirect: effet de proximité, télémétrie lumineuse, hertzienne ou ultrasonore sur la surface du bain, de préférence au travers d'un orifice pratiqué dans la croûte d'électrolyte solidifié, qui en fonctionnement normal, recouvre la cuve d'électrolyse.

Un premier objet de l'invention est donc un procédé de contrôle des additions d'électrolyte solide dans une cuve pour la production d'aluminium par électrolyse d'alumine dissoute dans un bain cryolithique fondu, selon le procédé Hall-Héroult, entre un substrat cathodique carboné sur lequel se forme une nappe d'aluminium liquide et une pluralité d'anodes carbonées supportées par un cadre anodique réglable ou par un système équivalent en hauteur par rapport à une superstructure fixe, procédé caractérisé en ce que, dans le but de limiter les fluctuations du niveau du bain d'électrolyse à environ + 1 cm,

- on fixe une valeur de consigne HBC pour la hauteur du bain,
- on détermine, périodiquement, le niveau du bain dans la cuve à partir d'un point PF de cote fixe et connue par rapport au substrat cathodique carboné et situé sur l'ensemble rigide constitué par le caisson métallique et la superstructure de la cuve,
- on en déduit la hauteur totale (HT) de la couche de bain (HB) et de la couche d'Al liquide (HM) sur le substrat cathodique, à partir de la cote du point fixe par rapport au substrat cathodique,
- on détermine l'épaisseur HM de la couche d'Al liquide sur le substrat cathodique,
- on en déduit la hauteur de la couche du bain $HB = HT - HM$,
- on compare HB avec la valeur de consigne HBC.

35

Si cette comparaison fait apparaître un défaut de bain, on déclenche une adjonction de bain broyé, si elle fait apparaître un excès de bain,

on déclenche une alarme, cette succession d'opérations étant effectuée dans un délai suffisamment court pour que HT, HB et HM n'aient pas eu le temps de varier de façon significative, c'est-à-dire dans une proportion comparable à la précision de ces mesures.

5

De préférence, la mesure du niveau du bain dans la cuve est effectuée par établissement d'un contact électrique entre la surface du bain 3 et une pointerolle 7 mobile par rapport à la superstructure fixe 11, selon un axe vertical et reliée au substrat cathodique par une

10 résistance de faible valeur.

Lorsque ce contact est établi, on note la distance D3 parcourue par la pointerolle, dans son mouvement de descente, à partir de sa position haute

15 - on détermine la hauteur de la nappe 2 d'aluminium liquide, à partir des paramètres :

D1 : distance entre la superstructure 11 de la cuve et le substrat cathodique 1

DSC : distance entre superstructure 11 et le cadre anodique 3

20 DSCPA : distance entre le cadre anodique 33 et le plan anodique 4A

DAM : distance entre le plan anodique 4A et la nappe par la relation $HM = D1 - (DSC + DSCPA + DAM)$

- on en déduit la hauteur réelle du bain fondu 3 à partir des paramètres :

25 D1 : distance entre le substrat cathodique 1 et la superstructure 11 de la cuve,

D2 : distance entre la superstructure 11 et la position haute de la pointerolle 7

30 D3 : course de la pointerolle 7 entre sa position haute et sa position au moment du contact électrique avec le bain liquide

HM : hauteur de la nappe d'Al liquide sur le substrat cathodique en appliquant la relation : $HB = (D1 - D2 - D3) - HM$

- on compare la valeur de HB à la valeur de consigne HBC

35 - si cette comparaison fait apparaître un défaut de bain, on déclenche une adjonction de bain solide broyé à partir d'un moyen de stockage, par au moins un orifice pratique dans la croûte de bain d'électrolyse figée qui recouvre normalement la cuve d'électrolyse

- si cette comparaison fait apparaître un excès de bain, on déclenche

une alarme pour appeler une opération de coulée de bain liquide.

Un second objet de la même invention est un dispositif pour la mise en oeuvre du procédé que l'on vient de décrire, ce dispositif comportant:

- 5 - un moyen de mesure de la hauteur totale (HT) de la nappe d'aluminium et de l'électrolyte fondu qui la surmonte, HB+HM,
- un moyen de mesure de la hauteur HM de la nappe d'aluminium sur le substrat cathodique,
- un moyen de comparaison de la hauteur HB avec une valeur de consigne,
10 HBC,
- une trémie de stockage de bain broyé disposé sur la cuve d'électrolyse, muni, à sa partie inférieure, d'un distributeur-doseur commandé par un dispositif connecté au moyen de comparaison de la hauteur du bain HB avec sa valeur de consigne.

15

L'invention a pour but d'optimiser le niveau de l'électrolyte et de le maintenir très proche de la valeur de consigne, ce qui diminue les risques de corrosion des tiges d'anodes dus à un niveau excessif, et les risques de formation des boues d'alumine non dissoute sur le substrat cathodique (si le niveau est insuffisant). De façon générale, on
20 s'efforcera, selon l'invention, d'éviter tout dépassement important de la valeur de consigne, car un excès de bain est plus difficile à corriger qu'un défaut et les conséquences d'un excès sont en principe plus gênantes et plus dommageables que celles d'un défaut. En outre,
25 la valeur totale du bain d'électrolyse d'une série représente une immobilisation importante en capital et il est souhaitable de la réduire autant que faire se peut.

Selon l'art antérieur et les conditions habituelles d'exploitation,
30 le niveau du bain a plutôt tendance à augmenter constamment, et il est fréquent que l'on ait à couler plusieurs dizaines de kilos de bain par tonne d'aluminium produit. Comme cette opération est relativement malaisée, on ne la pratique que lorsque la valeur de consigne du niveau a été dépassée de plusieurs centimètres (4 à 5 par exemple). Selon
35 l'invention, on peut maintenir les fluctuations autour de la valeur de consigne à environ plus ou moins un centimètre, de telle sorte que, pour une même valeur de consigne, le niveau moyen du bain selon

l'invention, sur une longue période, est inférieur au niveau moyen du bain selon l'art antérieur.

On peut ainsi, dans la mesure où les additions systématiques de bain sont au plus égales aux sorties par les émissions (gaz, poussières) et par les croûtes enlevées avec les anodes usées, supprimer toute coulée de bain sur une longue période.

10 DESCRIPTION DES FIGURES

Les figures 1 à 5 illustrent l'invention.

15 . La figure 1 montre en coupe schématique le dispositif de mesure du niveau du bain d'électrolyse dans la cuve.

. La figure 2 montre, en coupe schématique selon le grand axe de la cuve, l'ensemble des trémies de stockage d'alumine et les distributeurs-doseurs qui leur sont associés, l'un d'eux étant jumelé avec un distributeur-doseur de bain broyé.

20 . La figure 3 montre, plus en détail, en coupe, le distributeur doseur de bain broyé et la figure 4 montre, à plus grande échelle, le système de dosage des additions.

. Enfin, la figure 5 schématise, en coupe, le principe de la mesure de hauteur de métal dans la cuve.

25

Sur la figure 1 apparaissent, de bas en haut : le substrat cathodique 1 sur lequel se forme la nappe 2 d'aluminium liquide, surmontée du bain d'électrolyse 3, à base de cryolithe dans lequel est plongée l'anode 4. En fonctionnement normal, une croûte d'électrolyte figée 5 recouvre le bain d'électrolyse 3, à très faible distance, sur toute la surface libre, autour des anodes et jusqu'aux talus latéraux, à l'exception d'un certain nombre d'orifices 6 que l'on maintient ouverts en permanence, sous l'action de vérins piqueurs pour assurer l'évacuation des gaz produits par l'électrolyse et permettre l'introduction de l'alumine et additifs divers, au cours de l'électrolyse.

35

La pointerolle 7, disposée à l'extrémité d'une tige 8, peut se déplacer selon un axe sensiblement vertical sous l'action du vérin 9 associé à un capteur de déplacement 10. Ce dispositif est assujéti à la superstructure 11 de la cuve qui constitue un niveau fixe de référence.

La pointerolle 7 doit être électriquement isolée de la superstructure.

Un contact électrique frottant 12, coopère avec la tige mobile 8. Il est relié par l'intermédiaire d'une résistance 13 de faible valeur (de l'ordre de $1\text{ k}\Omega$ par exemple) à une prise 14 dans le substrat cathodique.

On prend comme références :

D1 : distance entre le substrat cathodique 1 et la superstructure 11 de la cuve (connue par construction)

D2 : distance entre la superstructure 11 et la position haute de la pointerolle 7 (vérin 9 remonté au maximum).

La pointerolle étant relevée au niveau maximum, on la descend progressivement, tout en mesurant la différence de potentiel aux bornes de la résistance 13. Cette ddp est pratiquement égale à 0 à l'origine. Le capteur de déplacement 10 affiche la course de la pointerolle dans son mouvement descendant. Au moment où se produit le contact pointerollesurface libre de l'électrolyte, le potentiel aux bornes de la résistance 13 augmente brusquement. On note la course de la pointerolle à ce moment, soit D3. On sait alors que la hauteur totale du bain et du métal HB+HM est égale à $D1-D3$; la hauteur de métal HM étant supposée connue (par un procédé qui sera exposé plus loin) on en déduit la hauteur du bain: $HB+HM = D1-D3-D2$.

Cette valeur HB est introduite, de façon connue, dans le calculateur qui élabore les ordres d'addition de bain broyé, en fonction de l'écart entre HB mesuré et la valeur de consigne HBC.

Ce procédé et ce dispositif de mesure de HB ont pour avantage d'être d'une mise en oeuvre simple et, surtout, de n'entraîner qu'un contact bref entre le bain fondu et la pointerolle, que l'on remonte dès l'acquisition de la valeur D3, et dont la durée de vie, est de ce fait, très longue. Un autre avantage est que cette mesure permet de vérifier que l'orifice d'alimentation 6 est bien débouché : une valeur aberrante de la tension aux bornes de la résistance 13, ou l'impossibilité d'acquérir cette valeur, peuvent déclencher une alarme et/ou un dispositif de débouchage du trou (piqueur commandé par un vérin).

Enfin, le fait que l'on arrête la descente de la pointerolle 7 dès qu'elle est au contact du bain liquide, économise de l'air d'alimentation

pour le vérin 9.

Sur la figure 2 apparaît la trémie 15 contenant le bain broyé, qui est associée à l'un des distributeurs 16 d'alumine.

5 Ces distributeurs ont été décrits dans le brevet français FR-B-2527647 (= US 4437694), au nom de ALUMINIUM-PECHINEY. Ils sont constitués par l'association d'un piqueur 17 et d'un distributeur-doseur 18, disposés de façon amovible dans un fourreau étanche 19.

10 La figure 3 montre la position du distributeur 20 de bain broyé à la base de la trémie 15.

Le distributeur-doseur de bain broyé 20 est également disposé dans un fourreau étanche 21, et son distributeur 22 débouche à proximité du distributeur d'alumine 23, au-dessus d'un orifice 6.

15 La figure 4 montre le détail du doseur, qui diffère sensiblement des doseurs d'alumine, par exemple de celui qui a été décrit dans notre brevet européen EP-44794-B1 (= US 4 431 491). En effet, le bain broyé ne possède pas les mêmes qualités de fluidité que l'alumine. En outre, ce bain étant récupéré sous forme de blocs massifs, son broyage à une
20 granulométrie très fine (inférieure au millimètre par exemple), serait une opération coûteuse, génératrice de poussière. Il est donc préférable de le broyer à une granulométrie moyenne (par exemple 0 à 6 mm ou 0 à 10 mm) et de concevoir le distributeur-doseur de façon telle qu'il ne puisse pas rester bloqué dans une position intermédiaire, ce qui
25 entraînerait le vidage total de la trémie de bain broyé, et une perturbation importante de l'équilibre thermique de la cuve.

Le dispositif illustré par la figure 4 répond à cette exigence : il comporte une platine 24 fixée à la base de la trémie 15, par exemple
30 par boulonnage. Sous la platine est fixé le godet doseur 25 formé par un corps tubulaire dont le volume correspond à un poids prédéterminé de bain broyé qui peut se situer entre 0,5 à 5 kg, par exemple 2 kg. L'extrémité inférieure 26 est ouverte et se prolonge par le tube adducteur 22 qui débouche au-dessus de l'orifice 6. La partie supérieure
35 27 débouche dans la trémie. Une tige axiale 28 est raccordée à sa partie supérieure à un vérin 29 et porte, à sa partie inférieure, deux moyens d'obturation inférieur et supérieur 30 et 31, écartés d'une distance d1 inférieure à la distance d2 entre les ouvertures supérieure et

inférieure du godet doseur 25.

5 Les obturateurs 30 et 31 sont constitués par des disques souples centrés sur la tige 28. On peut avantageusement utiliser des brosses métalliques constituées de fils d'acier entrelacés (brosses rotatives), ou encore des disques en matière souple, telle que du feutre, tel quel ou quelque peu rigidifiés par une armature en toile métallique, par exemple, ou encore du caoutchouc dur ou des élastomères de synthèse, éventuellement armés de fils d'aciers, ou alliages équivalents.

10 La tige 28 est guidée à la base du fourreau 21, par exemple par une bague 32 à frottement doux qui empêche pratiquement toute remontée de bain broyé dans le fourreau 21.

15 En position basse, l'obturateur 30 s'appuie sur les rebords de l'ouverture 26 ou sur la base du cône formant la partie inférieure du godet 25. Dans cette position, le godet 25 se remplit de bain broyé. Revenu en position haute sous l'action du vérin 29, l'obturateur supérieur 31 vient en appui sur les rebords de l'ouverture 27, réalisant ainsi une isolation de la trémie, tandis que le contenu du godet 25 se déverse dans l'orifice 6.

20 La souplesse et l'élasticité des obturateurs 30 et 31 permettent d'assurer l'étanchéité même si quelques grains de bain broyé restent accrochés sur les rebords des ouvertures, évitant ainsi toute vidange accidentelle, partielle ou totale, de la trémie 15 dans la cuve.

25 Le vérin 29 est connecté au calculateur, comme on l'a indiqué précédemment, de façon à entrer en action pour tout signal indiquant que le niveau de bain est inférieur à la valeur de consigne.

30 La figure 5 montre le principe de la mesure du niveau de métal.

Nous avons indiqué précédemment que le dispositif de la figure 1 permettait une mesure précise et rapide de la hauteur totale bain + métal (HB + HM).

35 Il est de pratique courante de mesurer la hauteur de bain et de métal dans une cuve par un procédé manuel, consistant à introduire rapidement une tige de métal dans la cuve, jusqu'au contact avec le substrat

cathodique, puis de la retirer quelques secondes. Après refroidissement, on distingue nettement, à l'oeil, le métal et l'électrolyte solidifiés, dont on peut mesurer les hauteurs respectives.

5 Cette mesure manuelle n'est pas compatible avec une automatisation du procédé.

Selon l'invention, on mesure la hauteur HM de la nappe d'aluminium liquide par référence à un point de cote fixe et connue, par rapport au substrat cathodique: rebord du caisson, montant vertical, poutre
10 horizontale. Le procédé va être décrit dans le cas particulier où le point de référence est situé sur la superstructure 11, mais cela n'implique aucune limitation de l'invention.

On connaît, par construction, D1, distance entre la superstructure
15 11 et le plan cathodique 1.

On connaît DSC (distance entre la superstructure 11 et le cadre anodique 33, mobile en hauteur pour régler la distance anode-cathode de la cuve), grâce à un dispositif tel que le capteur de déplacement potentiométrique
34.

20 On connaît DCPA, distance entre le cadre anodique 33 et le plan anodique 4A à partir de la vitesse d'usure des anodes qui est connue de façon assez précise, et reste constante dans des cuves en fonctionnement normal, pour une qualité d'anodes donnée.

Enfin, on connaît DAM, distance anode-métal, qui est considérée comme
25 constante pour une valeur de consigne donnée de la résistance interne de la cuve, dans les périodes de fonctionnement normal, hors perturbations (telles que effet d'anode, soutirage de métal, changement d'anodes, relevage du cadre, etc...).

La hauteur de métal HM est donc :

$$30 \quad HM = D1 - (DSC + DCPA + DAM)$$

La hauteur de bain HB s'en déduit, comme on l'a déjà indiqué :

$$HB = (D1 - D2 - D3) - HM.$$

35 Dans le cas où la cuve comporte une motorisation des anodes individuellement ou par groupe de 2 ou 4, les références de hauteur DSC et DCPA devront être prises non plus sur le cadre anodique, mais sur l'un des éléments commun à un groupe d'anodes.

EXEMPLE DE MISE EN OEUVRE

5 Sur une série de cuves fonctionnant à une intensité de 280 KA, on avait relevé sur plusieurs mois une quantité de bain coulé de l'ordre de 40 à 80 kg par tonne d'aluminium produit (environ 2100 kg d'Al par cuve et par jour), avec une valeur de consigne de hauteur de bain HB = 20 cm, et des fluctuations de +5/-2 centimètres.

Après mise en oeuvre de l'invention, la valeur de consigne de HB restant fixée à 20 cm, les fluctuations ont été réduites à +1 cm, et il n'y a pas eu de coulée de bain au cours des six derniers mois.

10

AVANTAGES PROCURES PAR L'INVENTION

15 Outre les divers avantages qui ont été signalés au cours de la description, la mise en oeuvre de l'invention procure, pour l'exploitation des cuves d'électrolyse, des améliorations importantes:

20 1. Du fait que le bain broyé est maintenant ajouté à partir d'une trémie et d'un distributeur-doseur, il n'est plus nécessaire de réaliser pour la couverture de la cuve (calorifugeage des anodes) des mélanges de bain concassé (plus éventuellement des additifs fluorés) et d'alumine dite "de process" (c'est-à-dire de l'alumine chargée en fluor, provenant des dispositifs de captage des effluents émis par la cuve d'électrolyse). On peut désormais effectuer cette couverture exclusivement avec de l'alumine "de process".

25

2. La hauteur de bain peut être maintenue dans des limites étroites : typiquement + 1 cm sur les moyennes journalières, au lieu de +4 ou 5 cm selon l'art antérieur.

30 3. Le changement de hauteur de consigne du bain est très facile, une seule instruction étant à modifier sur le microprocesseur de cuve.

4. On peut désormais fonctionner sans crainte avec des hauteurs moyennes de bain plus faibles, toutes autres conditions égales par ailleurs.

35

5. Cette baisse de niveau moyen du bain et cette limitation du niveau maximal a pour conséquence directe une amélioration de la régularité du titre du métal (baisse sensible de la teneur en fer).

6. Gains de productivité sur les mesures manuelles de hauteur, de transferts et de concassage de bain et sur le captage des effluents fluorés sur les circuits de bain (coulée bain fondu, poussières de concassage, etc...).

5

7. Automatisation des additions de bain broyé, y compris à partir de silos de bain broyé si un système de manutention du silo vers les cuves est mis en place.

REVENDEICATIONS

1. Procédé de contrôle des additions d'électrolyte solide dans une cuve pour la production d'aluminium par électrolyse d'alumine dissoute dans un bain cryolitique fondu 3, selon le procédé Hall-Héroult, entre un substrat cathodique carboné 1 sur lequel se forme une nappe
5 d'aluminium liquide 2 et une pluralité d'anodes carbonées 4 supportées par un cadre anodique 33 réglable en hauteur par rapport à une superstructure fixe 11, procédé caractérisé en ce que, dans le but de limiter les fluctuations du niveau du bain d'électrolyse à environ +1 cm,
- 10 - on fixe une valeur de consigne HBC pour la hauteur du bain,
- on détermine périodiquement le niveau du bain dans la cuve à partir d'un point PF de cote fixe et connue par rapport au substrat cathodique carboné.
- on en déduit la hauteur totale HT de la couche de bain d'électrolyse
15 HB et la nappe HM d'aluminium liquide,
- on détermine l'épaisseur HM de la nappe d'Al liquide sur le substrat cathodique,
- on en déduit la hauteur HB de la couche de bain, $HB = HT - HM$
- on compare HB avec la valeur de consigne HBC.
- 20 Si cette comparaison fait apparaître un défaut de bain, on déclenche une adjonction de bain broyé à partir d'un moyen de stockage, par au moins un orifice pratiqué dans la croûte d'électrolyte solidifiée qui recouvre normalement la cuve.
Si cette comparaison fait apparaître un excès de bain, on déclenche
25 une alarme, pour appeler une opération de coulée de bain.
2. Procédé selon revendication 1, caractérisé en ce que le niveau du bain dans la cuve est mesuré par un moyen choisi parmi un contact électrique direct, un effet de proximité, une télémétrie lumineuse,
30 hertzienne, ou ultrasonore.
3. Procédé selon revendication 2, caractérisé en ce que le niveau du bain dans la cuve est mesuré par établissement d'un contact électrique entre la surface du bain 3 et une pointerolle 7 mobile par rapport
35 à la superstructure fixe 11, selon un axe vertical et reliée électriquement au substrat cathodique par une résistance de faible

valeur.

4. Procédé selon revendication 1, caractérisé en ce que l'on détermine la hauteur de la nappe 2 d'aluminium liquide, à partir des paramètres:

5 D1: distance entre la superstructure 11 de la cuve et le substrat cathodique 1

DSC: distance entre superstructure 11 et le cadre anodique 3,

DSCPA: distance entre le cadre anodique 33 et le plan anodique 4A,

DAM: distance entre le plan anodique 4A et la nappe d'aluminium liquide

10 2,

par la relation: $HM = D1 - (DSC + DSCPA + DAM)$

- on en déduit la hauteur réelle du bain fondu à partir des paramètres

D1 : distance entre le substrat cathodique 1 et la superstructure 11 de la cuve

15 D2: distance entre la superstructure 11 et la position haute de la pointerolle 7

D3 : course de la pointerolle 7 entre sa position haute et sa position au moment du contact électrique avec le bain liquide

20 HM : hauteur de la nappe d'Al liquide sur le substrat cathodique, en appliquant la relation : $HB = (D1-D2-D3) - HM$

5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'adjonction de bain broyé est effectué à partir d'une trémie, disposée sur la cuve, munie d'un distributeur-doseur connecté au moyen de comparaison de la hauteur réelle du bain et de la valeur de consigne de cette hauteur.

25

6. Dispositif pour la mise en oeuvre du procédé de contrôle des additions d'électrolyse solide dans les cuves d'électrolyse, pour la production d'Al selon le procédé Hall-Héroult, selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce qu'il comporte:

30

- un moyen de mesure de la hauteur totale de la nappe d'aluminium et de l'électrolyte fondu qui la surmonte, $HB+HM$,

- un moyen de mesure de la hauteur HM de la nappe d'aluminium sur le substrat cathodique,

35

- un moyen de comparaison de la hauteur HB avec une valeur de consigne HBC ,

- une trémie de stockage de bain broyé disposé sur la cuve d'électrolyse,

muni, à sa partie inférieure, d'un distributeur-doseur commandé par un dispositif connecté au moyen de comparaison de la hauteur du bain HB avec sa valeur de consigne.

5 7. Dispositif, selon revendication 6, caractérisé en ce qu'il comporte une pointerolle 7, disposée à l'extrémité d'une tige 8 reliée à un vérin 9, d'axe vertical, associé à un capteur de déplacement 10 et fixé à la superstructure 11 de la cuve, la pointerolle 7 étant électriquement isolée de la superstructure 11, la tige 8 coopérant
10 avec un contact électrique 12, relié par l'intermédiaire d'une résistance 3 de faible valeur à une prise 4 dans le substrat cathodique.

15 8. Dispositif, selon revendication 6, dans lequel le distributeurdoseur de bain broyé comporte un godet doseur 25 constitué par un corps de révolution d'axe vertical, d'un volume correspondant à un poids prédéterminé de bain broyé, et ouvert à ses deux extrémités, l'ouverture supérieure 27 étant reliée à la trémie 5 de bain broyé, l'ouverture inférieure 26 étant reliée à un tube adducteur 22, une tige axiale
20 d'obturation inférieur 30 et d'un moyen d'obturation supérieur 31, écartés entre eux d'une distance d_2 inférieure à la distance d_1 entre les ouvertures 26 et 27 avec laquelle chaque moyen d'obturation 30,31 coopère, en alternance, en relation étanche, caractérisé en ce que les obturateurs 30 et 31 sont constitués en une matière souple.

25 9. Dispositif selon revendication 8, caractérisé en ce que la matière souple constituant les obturateurs 30 et 31 est choisie parmi les fils d'aciers entrelacés, le feutre, le feutre armé de fils métalliques, le caoutchouc, les élastomères de synthèse éventuellement armés de
30 fils d'aciers ou d'alliages équivalents.

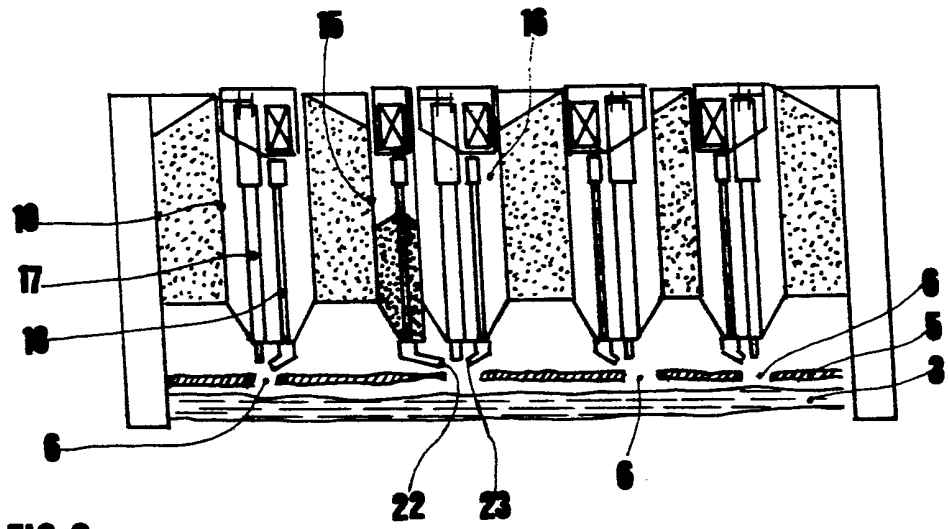
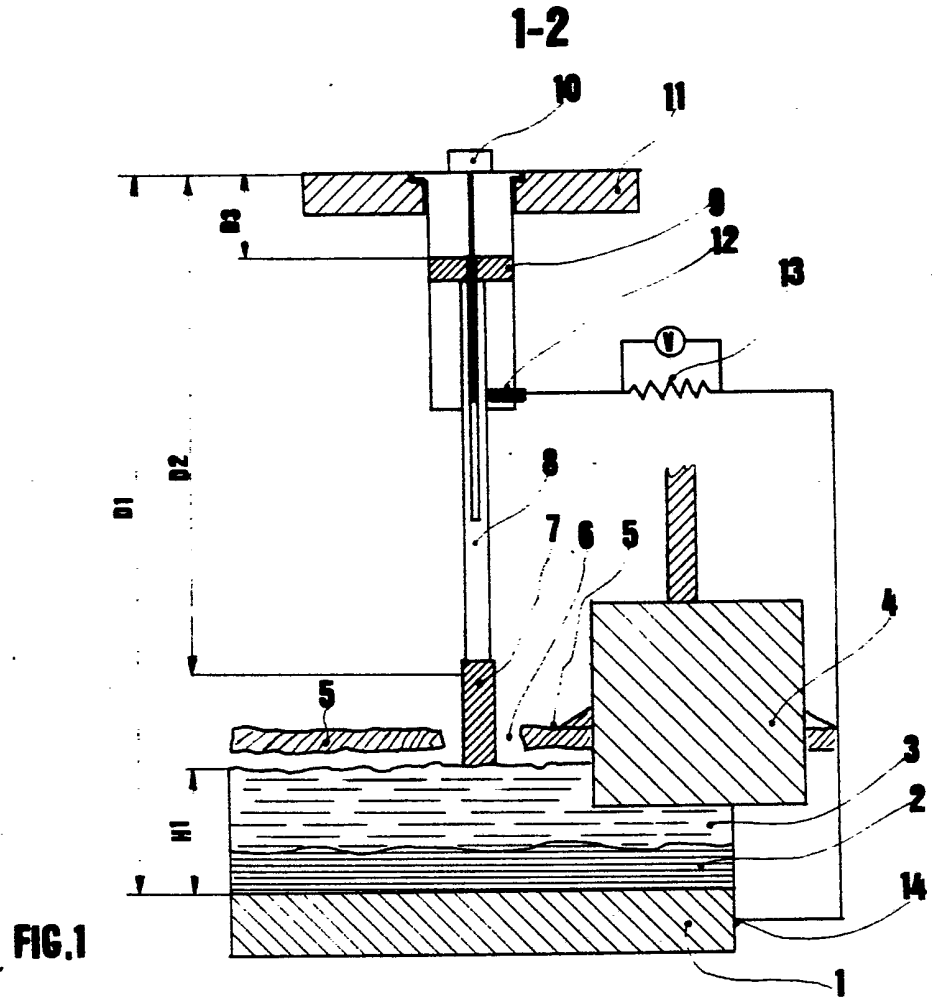
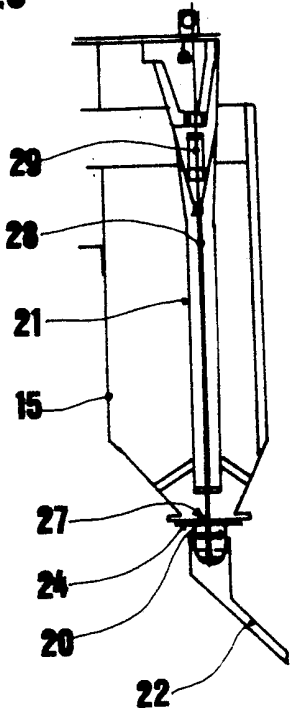


FIG.3



2-2

FIG.4

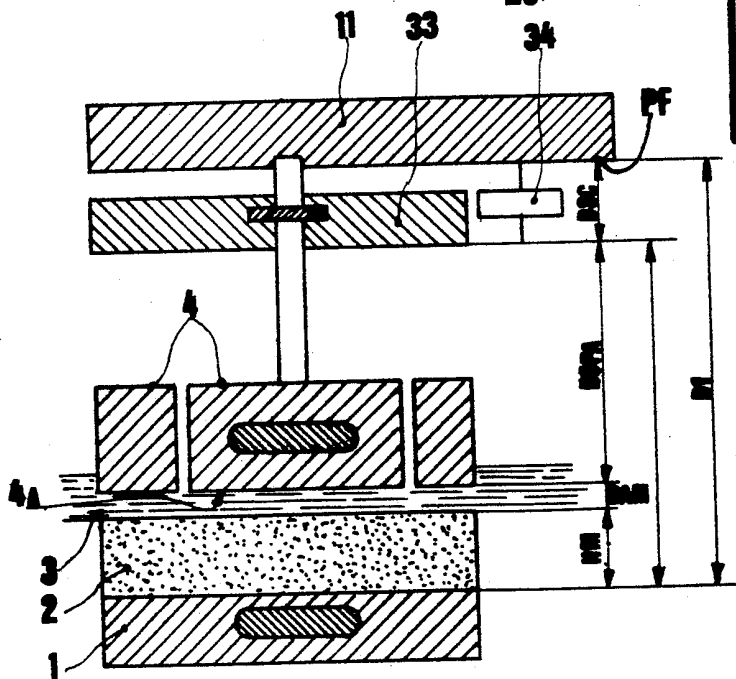
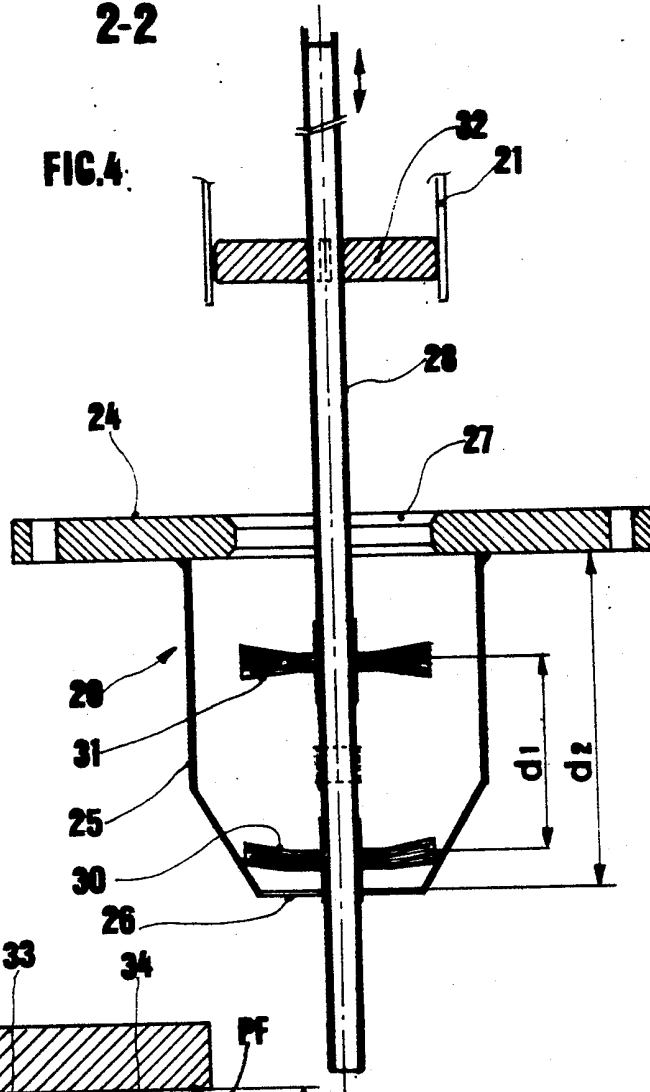


FIG.5