(19) Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets

(11) EP 0 716 165 A1

(12) DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
12.06.1996 Bulletin 1996/24

(51) Int Cl.[6]: **C25C 3/20**

(21) Numéro de dépôt: **95420354.3**

(22) Date de dépôt: **07.12.1995**

(84) Etats contractants désignés:
DE FR IT

(30) Priorité: **09.12.1994 FR 9415086**

(71) Demandeur: **ALUMINIUM PECHINEY**
F-92400 Courbevoie (FR)

(72) Inventeurs:
- **Sulmont, Benoît**
  F-73000 Chambery (FR)
- **Homsi, Pierre**
  F-73300 Saint-Jean-de-Maurienne (FR)
- **Granacher, Olivier**
  F-73300 Hermillon (FR)

(74) Mandataire: **Mougeot, Jean-Claude et al**
PECHINEY
28, rue de Bonnel
F-69433 Lyon Cedex 03 (FR)

(54) Procédé et dispositif de mesure de la temperature et du niveau du bain d'lectrolyse fondu dans les cuves de production d'aluminium

(57) Procédé et dispositif de mesure de la température et du niveau du bain d'électrolyse fondu, ou électrolyte, dans une cuve de production d'aluminium par électrolyse, selon le procédé Hall-Héroult, de l'alumine dissoute dans ledit électrolyte en contact avec les anodes carbonées et reposant sur la nappe de métal liquide formée sur le substrat cathodique et dont la surface au contact de l'air à la partie supérieure de la cuve est recouverte d'une croûte de bain solidifié, comportant l'immersion périodique dans l'électrolyte à une profondeur déterminée d'une sonde de température qui est retirée de l'électrolyte avant d'avoir atteint la température d'équilibre puis la détermination de cette température par extrapolation à partir des acquisitions intermédiaires de température à l'aide d'un programme de calcul préétabli.
Parallèlement, on mesure le niveau de l'électrolyte HT dans la cuve à partir d'un point de cote de référence par enregistrement de la variation de potentiel entre le substrat cathodique et la sonde, dont la position est déterminée par un potentiomètre et dont le potentiel augmente brusquement lorsque l'extrémité inférieure de la sonde, ou pointerolle, entre en contact avec l'électrolyte. On détermine de façon similaire le niveau de métal HM à l'interface électrolyte/métal liquide d'où l'on déduit l'épaisseur de l'électrolyte HB = HT - HM.

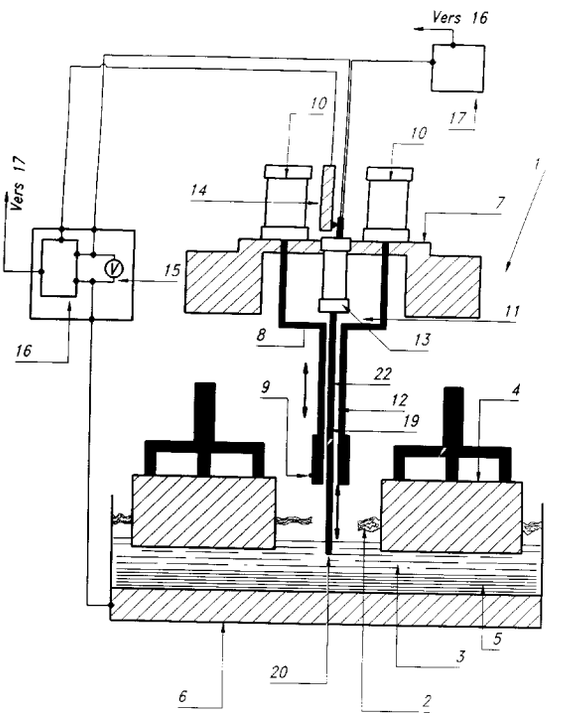


Fig. 1

EP 0 716 165 A1

Description

DOMAINE TECHNIQUE DE L'INVENTION

L'invention concerne les mesures de température et du niveau de l'électrolyte à base de cryolithe fondue, dans les cuves de production d'aluminium par électrolyse d'alumine dissoute dans ladite cryolithe ainsi que l'application à la détermination de l'épaisseur du bain d'électrolyse fondu dans ces mêmes cuves.

ETAT DE LA TECHNIQUE

La conduite des cuves d'électrolyse modernes pour la production d'aluminium selon le procédé Hall-Héroult nécessite une surveillance permanente de la température et du volume du bain d'électrolyse fondu. La plus grande partie du bain d'électrolyse est à l'état fondu et constitue l'électrolyte dans lequel sont immergées les anodes carbonées, le reste du bain solidifié forme les talus latéraux et la croûte qui recouvrent 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, MgF_2, etc... ayant pour effet de modifier le point de fusion, les propriétés électrochimiques ainsi que l'aptitude du bain à dissoudre l'alumine.

Le volume de l'électrolyte recouvrant la couche d'aluminium liquide au contact de la cathode en fond de cuve, ou substrat cathodique, doit être suffisant pour assurer une dissolution et une répartition rapide de l'alumine qui est introduite à la partie supérieure de la cuve. Il ne doit toutefois pas dépasser un certain niveau au-delà duquel il perturberait l'équilibre thermique de la cuve et provoquerait une corrosion des rondins d'acier auxquels sont fixées les anodes et par conséquent une pollution par le fer de l'aluminium produit ou métal.

Il convient donc de contrôler périodiquement le niveau de l'électrolyte représentatif de son volume, c'est-à-dire le niveau de l'interface air/électrolyte. Cette mesure est également utile,en combinaison avec la mesure du niveau de l'interface électrolyte/métal, pour déterminer par différence l'épaisseur de l'électrolyte, c'est-à-dire l'épaisseur du bain d'électrolyse fondu.

De même, la connaissance et le suivi de la température de l'électrolyte sont très importants, d'une part pour bien réguler le fonctionnement de la cuve en régime de marche permanent correspondant à un équilibre thermique entre la puissance fournie et la puissance dissipée, d'autre part pour optimiser le processus d'électrolyse notamment le rendement Faraday, sachant qu'une simple augmentation de la température du bain d'une dizaine de degrés celsius peut abaisser de 1 à 2% le rendement Faraday, alors qu'inversement un abaissement de température de l'électrolyte d'une dizaine de degrés celsius peut dans la zone de température considérée (environ 950°C) réduire la solubilité déjà faible de l'alumine dans la cryolithe et favoriser "l'effet d'anode", c'est-à-dire la polarisation d'anode, avec montée brutale de la tension aux bornes de la cuve et dégagement en quantité importante de produits fluorés provenant de la décomposition de l'électrolyte.

Ces mesures de température et de niveau de bain sont effectuées manuellement par un opérateur qui périodiquement ouvre la porte ou des capots de cuve et plonge dans l'électrolyte une canne pyrométrique pour la mesure de température, puis une baguette en acier pour la mesure du niveau et de l'épaisseur de l'électrolyte. On ne peut en effet avoir recours à une sonde immergée en continu dans l'électrolyte compte tenu de sa très grande agressivité. Cette façon de procéder présente à l'évidence de nombreux inconvénients en particulier du point de vue :

- des rejets de gaz fluorés dans l'atmosphère environnante lors des ouvertures de la porte ou des capots de la cuve,
- des conditions de travail avec l'exposition de l'opérateur à ces rejets gazeux,
- de la fréquence peu élevée (1 mesure par 24 à 48 h) de ces mesures difficiles à réaliser, qui ne permet pas un contrôle suffisamment suivi et fiable de la température et du niveau de l'électrolyte par rapport aux nouvelles exigences de conduite des cuves à haute intensité.

Or l'art antérieur, même récent, n'apporte que des solutions très incomplètes à ces problèmes en négligeant totalement l'aspect mesure de température et en préconisant, pour les mesures de niveau ou d'épaisseur de l'électrolyte, des méthodes dont la précision reste discutable et impliquant de surcroît de disposer d'un réglage individuel du niveau d'anode sur les cuves. Ainsi le document EP 0195143 décrit un procédé de mesure du niveau de l'électrolyte dans une cuve d'électrolyse selon lequel une des anodes parcourue par un courant donné est progressivement relevée, on mesure la diminution du courant en fonction de l'augmentation de la distance interpolaire, donc 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. Après étalonnage on peut déduire le niveau de l'électrolyte. Pour cela on ajoute à la distance parcourue par l'anode, la distance interpolaire initiale et un terme de correction géométrique.

En fait cette méthode suppose une très grande homogénéité de l'électrolyte, or sa résistivité varie localement et dans le temps avec sa composition et notamment avec la teneur en alumine dissoute. Par ailleurs cette méthode nécessite des mouvements importants de l'anode qui peuvent perturber la marche de la cuve lorsque cette opération est trop souvent répétée.

De même le document EP 0288397 décrit un procédé de contrôle des additions de bain solidifié dans une cuve d'électrolyse consistant à déterminer périodiquement l'épaisseur de l'électrolyte HB qui est comparée à

une valeur de consigne HC puis ajustée en conséquence. Pour obtenir HB, il est nécessaire dans une étape intermédiaire de mesurer le niveau du bain par rapport à un repère fixe et cette mesure est réalisée au moyen d'une sonde associée à un capteur de niveau et équipée d'une pointerolle reliée électriquement à la cathode de la cuve d'électrolyse. Au moment de la mise en contact de la pointerolle avec l'interface air/électrolyte on enregistre une augmentation importante de la différence de potentiel pointerolle/cathode. Indépendamment du fait que ce procédé ne donne aucun détail opératoire pour cette mesure intermédiaire de niveau (fréquence, précision et fiabilité) compte tenu notamment de l'effet perturbateur du dépôt de bain solidifié sur la sonde, il ne traite en aucune manière du problème essentiel de la mesure de température de l'électrolyte.

En résumé aucun procédé, ni dispositif de l'art antérieur, ne résout de façon complète et satisfaisante le problème de la mesure précise et fiable de la température et du niveau de l'électrolyte dans les cuves de production d'aluminium par électrolyse afin de s'affranchir des classiques mesures manuelles.

OBJET DE L'INVENTION

Le procédé de l'invention et son dispositif pour le mettre en oeuvre permettent non seulement de pallier les inconvénients des mesures manuelles de température et de niveau de l'électrolyte, mais présentent également de nouveaux avantages résultant de leur automatisation notamment :

- une précision plus grande des mesures de température à ± 2°C (au lieu de ± 5°C en méthode manuelle) et de niveau de l'électrolyte ± 5 mm (au lieu de ± 10 mm en méthode manuelle) associée à une fiabilité accrue de la conduite des cuves d'électrolyse du fait de la plus grande fréquence des mesures, de préférence toutes les 30 minutes à 48 heures au lieu de toutes les 24 à 48 heures, permettant d'éliminer les mesures anormales intervenant notamment en régime de marche transitoire de la cuve.
- un gain de productivité consécutivement à la disparition du poste de mesure manuelle, associé à une amélioration très sensible des conditions de travail au voisinage des cuves avec la suppression de l'ouverture de la porte ou des capots.

Plus précisément l'invention concerne un procédé de mesure de la température et du niveau du bain d'électrolyse fondu, ou électrolyte, dans une cuve de production d'aluminium par électrolyse, selon le procédé Hall-Héroult, de l'alumine dissoute dans ledit électrolyte au contact des anodes carbonées et reposant sur la nappe de métal liquide formée sur le substrat cathodique et dont la surface au contact de l'air à la partie supérieure de la cuve est recouverte d'une croûte de bain solidifié, caractérisé en ce que, à l'aide d'un dispositif approprié, solidaire mais isolé électriquement de la superstructure de la cuve, muni notamment de moyens de piquage de la croûte de bain solidifié, ou piqueur, ainsi que de moyens de mesure de la température et du niveau d'électrolyte, on réalise périodiquement et de préférence selon une périodicité de 30 minutes à 48 heures la séquence suivante d'opérations:

a) Perçage de la croûte de bain solidifié et immersion à une profondeur suffisante par l'orifice ainsi créé, de l'extrémité d'une sonde de température dans l'électrolyte jusqu'à l'obtention d'une température au moins égale à 850°C et de préférence à 920°C, puis maintien de l'immersion de la sonde pendant une durée prédéterminée inférieure à la durée de mise en équilibre thermique de la sonde avec l'électrolyte,

b) Retrait de la sonde et détermination de la température de l'électrolyte par extrapolation des valeurs de température acquises par la sonde au-delà de 850°C et de préférence de 920°C, selon un programme de calcul préétabli,

c) après dégagement éventuel de l'orifice du passage de sonde précédemment créé et enlèvement du dépôt de bain solidifié sur ladite sonde, mesure du niveau d'électrolyte dans la cuve à partir d'un point de cote de référence, par enregistrement de la variation du potentiel entre le substrat cathodique et la sonde dont la position est déterminée par un potentiomètre et dont le potentiel augmente brusquement lorsque l'extrémité inférieure de la sonde ou pointerolle entre en contact avec l'électrolyte,

d) remontée de la sonde et calcul du niveau de l'électrolyte par le capteur après acquisition des signaux potentiel/position de la pointerolle.

L'invention concerne également le dispositif approprié pour mettre en oeuvre le procédé à savoir le dispositif de piquage et mesure destiné à mesurer, après perçage de la croûte superficielle de bain solidifié, la température et le niveau de l'électrolyte dans une cuve de production d'aluminium par électrolyse d'alumine dissoute dans l'électrolyte, ledit dispositif, solidaire mais isolé électriquement de la superstructure comportant des moyens de piquage, ou piqueur, de la croûte, étant caractérisé en ce qu'il est muni de moyens de mesure de la température et du niveau de l'électrolyte constitués principalement par une sonde cylindrique se déplaçant verticalement selon son grand axe à l'intérieur des moyens de piquage en effectuant de façon automatique, selon une séquence opératoire déterminée, le contrôle périodique de cette température et de ce niveau, et que lesdits moyens de piquage assurent également l'enlèvement du dépôt de bain solidifié sur la sonde de mesure.

L'invention selon le procédé et son dispositif de mise en oeuvre est applicable non seulement à la mesure

de niveau de l'électrolyte mais également à la mesure du niveau de métal à l'interface électrolyte/métal liquide et par voie de conséquence à la détermination automatique de l'épaisseur de l'électrolyte HB = HT - HM où HT représente la distance du niveau de l'électrolyte (interface air/électrolyte) par rapport à un niveau fixe de référence et HM la distance du niveau de métal (interface électrolyte/métal liquide) par rapport à ce même niveau fixe. Dans cette application l'invention constitue un autre perfectionnement du procédé selon EP 0288397 déjà analysé dans l'art antérieur de la demande.

Du fait de la faible durée de vie des sondes à thermocouple immergées en continu dans l'électrolyte en raison de sa très grande agressivité, mais aussi de la nécessité d'augmenter la fréquence des contrôles de température réalisés manuellement en même temps que la mesure du niveau de l'électrolyte, a conduit la demanderesse à étudier et à mettre au point un procédé automatique de mesure de température et de niveau de l'électrolyte avec un dispositif approprié pour sa mise en oeuvre après avoir constaté que la mesure de température à fréquence élevée et avec une bonne précision est possible par immersion intermittente d'une sonde à thermocouple dans l'électrolyte pendant un temps relativement court ne nécessitant pas l'obtention de l'équilibre thermique de la sonde avec l'électrolyte dès l'instant que l'on peut extrapoler correctement sa fin de montée en température.

Pour ce faire la demanderesse a mis en évidence notamment que :

1°) La montée en température de la sonde entre 850°C et 1050°C plage habituelle de travail, obéit à une loi d'évolution dans le temps dont l'asymptote peut être calculée par extrapolation de la courbe obtenue sur une courte période de temps.

2°) Seules les N dernières acquisitions de la sonde indiquant une température supérieure ou égale à 850°C et de préférence supérieure ou égale à 920°C doivent être prises en compte pour déterminer par extrapolation la température d'équilibre ou mesure de température de l'électrolyte.

3°) Le nombre N de ces acquistions de température ($N \geq 10$), effectuées généralement toutes les 0,1 à 60 secondes, est limité et donc défini par la condition de sortie de l'électrolyte de la sonde au-delà de 850°C et de préférence de 920°C qui est une vitesse de montée en température inférieure à un seuil prédéfini de préférence compris entre 0,1 et 10°C par seconde.

Cette limite est généralement atteinte moins de quelques secondes à quelques minutes avant que la sonde n'ait atteint son équilibre thermique c'est-à-dire la température de l'électrolyte. Ainsi pour une mesure de température la durée totale d'immersion de la sonde dans l'électrolyte dont la température est de l'ordre de 950°C, est comprise entre 30 secondes et 30 minutes sans que sa température ne dépasse généralement 940°C.

Ces mesures de température de l'électrolyte par extrapolation de la température d'équilibre de la sonde ont pu être validées par des mesures simultanées de température réalisées avec des sondes à thermocouple de même type, immergées en continu dans l'électrolyte jusqu'à leur destruction et à proximité de l'orifice de passage de la sonde à immersion intermittente. Ainsi il a été possible de s'affranchir des hétérogénéités locales de composition et de température de l'électrolyte et de constater que les écarts de températures mesurées selon les 2 méthodes de contrôle étaient compris dans une fourchette de $\pm$ 2°C, qui est l'ordre de grandeur de la précision que l'on peut atteindre avec des thermocouples correctement étalonnés.

A noter dans le cas présent que le procédé selon l'invention n'est pas lié à une méthode particulière d'extrapolation de la température d'équilibre. Il inclut aussi toute méthode visant à prédéterminer la température d'équilibre de la sonde à partir d'un temps de maintien de la sonde en immersion qui soit inférieur au temps réel de mise en équilibre de la température de la sonde avec celle de l'électrolyte.

Par ailleurs d'autres caractéristiques concernant notamment les conditions de mise en oeuvre de la sonde sont à prendre en compte pour obtenir une mesure de température précise et reproductible.

- Il s'agit tout d'abord de la profondeur d'immersion de la sonde qui doit être définie précisément. En effet une erreur importante peut être commise, due aux pertes thermiques par conduction et par rayonnement le long de la sonde, car la température du point de mesure (en bout de sonde) est toujours inférieure à celle de l'électrolyte en régime permanent. La profondeur d'immersion doit être au moins d'l centimètre.
- Il s'agit aussi du nettoyage régulier de la surface externe de la sonde assuré par le piqueur qui entoure ladite sonde et dont le mouvement de translation vertical provoque le décrochement du dépôt de bain solidifié. Il est important en effet que l'extrémité inférieure de la sonde périodiquement immergée soit régulièrement débarrassée du dépôt de bain solidifié sur sa surface externe. Celui-ci, en augmentant à la fois l'épaisseur et la longueur de la sonde, peut fausser d'une part les conditions d'échange thermique électrolyte/sonde et donc la mesure de température et d'autre part le seuil de détection de la pointerolle lors de son entrée dans l'électrolyte et par suite la mesure de niveau d'électrolyte.

Enfin la fréquence relativement élevée des mesures de température, de préférence toutes les 30 minutes à 48 heures, avec possibilité de sélection et d'annulation des mesures anormales, voire même simplement dou-

teuses, quand elles ont été réalisées au cours d'opérations ponctuelles périodiques qui modifient transitoirement l'état d'équilibre de la cuve, contribue à augmenter la fiabilité du procédé de conduite des cuves.

Cette sélection est effectuée par le système de commande et de régulation de la cuve reliée au calculateur qui autorise, après un dégagement de l'orifice de passage de sonde et l'enlèvement par raclage du dépôt de bain solidifié, la mise en oeuvre de la mesure du niveau d'électrolyte par immersion de la pointerolle reliée d'une part à un capteur de déplacement et d'autre part au substrat cathodique, dont la différence de potentiel par rapport audit substrat augmente brutalement lorsque la pointerolle entre en contact avec l'électrolyte.

Le capteur procède à l'acquisition de 2 signaux position/potentiel à chaque mesure qu'il transforme en niveau d'électrolyte par rapport à un point de référence exprimé en mm. Ces valeurs de niveau sont ensuite transmises au système de commande et de régulation de la cuve pour détermination du niveau moyen de l'électrolyte après élimination des mesures douteuses ou aberrantes.

MISE EN OEUVRE DE L'INVENTION

L'invention sera mieux comprise par la description détaillée de sa mise en oeuvre au moyen du dispositif approprié dit de piquage et de mesure en faisant référence aux figures 1 à 3 concernant respectivement :

- une représentation schématique de l'ensemble du dispositif de piquage et de mesure avec ses principales connexions (figure 1).
- une vue en coupe longitudinale de la partie inférieure du dispositif de piquage et de mesure, le piqueur étant en position haute et la sonde en position d'immersion Fig. 2a et le piqueur en position basse et la sonde relevée Fig. 2 b.
- différentes configurations de montage des vérins de piquage et de mesure (fig. 3a, 3b, 3c, 3d) qui ne limitent en aucune manière le champ de l'invention à ces seuls modes de réalisation

Le dispositif de piquage et de mesure 1 est destiné à mesurer après perçage de la croûte 2 de bain solidifié la température et le niveau de l'électrolyte 3 au contact des anodes carbonées 4 et au-dessus de la nappe d'aluminium liquide ou métal 5 reposant sur le substrat cathodique 6. Il est solidaire mais isolé électriquement de la superstructure 7 de la cuve et comporte des moyens de piquage 8 formés à leur partie inférieure par un piqueur 9 cylindrique creux actionné par au moins un vérin 10 animé d'un mouvement de translation verticale pour percer puis entretenir dans la croûte un orifice de passage permettant de mettre en oeuvre des moyens 11 de mesure de la température et du niveau d'électrolyte constitués principalement par une sonde cylindrique 12. Dans son mouvement de translation vertical le piqueur 9 assure en même temps, par raclage, l'enlèvement du dépôt 18 de bain solidifié sur la surface externe de ladite sonde. A cet égard le jeu entre le piqueur 9 et la sonde 12, selon fig. 2a et fig. 2b, doit être suffisant (0,5 à 20 mm au rayon) pour permettre leur déplacement relatif sans frottement mais ne doit pas être trop grand pour éviter la formation progressive d'un dépôt trop important de bain solidifié sur la partie inférieure de la sonde 12.

Le mouvement vertical de cette sonde mobile à l'intérieur du piqueur 9 qui s'effectue coaxialement à l'axe du piqueur est assuré par un vérin de mesure 13. Un potentiomètre 14 permet de déterminer avec précisions la position de la sonde en hauteur alors que simultanément un voltmètre 15 mesure la différence de potentiel entre la sonde 12 et le substrat cathodique 6. Un capteur de niveau 16, notamment lorsque l'extrémité inférieure de la sonde ou pointerolle 20 entre en contact avec l'électrolyte 3, procède à l'acquisition des 2 signaux à chaque descente et remontée de la sonde, calcule le niveau de l'interface électrolyte/air qui est transmis au système de commande et de régulation 17.

La sonde 12 est constituée d'une gaine cylindrique externe 22, par exemple en acier inoxydable, de 100 à 600 mm de longueur, de 7 à 100 mm de diamètre extérieur et dont l'épaisseur de paroi n'excède pas 40 mm et est de préférence comprise entre 2 et 10 mm pour diminuer les pertes thermiques. Dans l'évidement central est placé un thermocouple 21 dans sa gaine 19. Ce thermocouple est relié électriquement à sa partie supérieure au système de commande et de régulation 17, qui par extrapolation de la température de la sonde détermine la température de l'électrolyte.

Plusieurs variantes du dispositif de piquage ont été étudiées et sont représentées par les fig. 3a, 3b, 3c et 3d qui ne peuvent être considérées pour autant comme une limitation de l'invention à ces seules configurations.

Ainsi dans la configuration selon fig. 3a on a remplacé le vérin de mesure à tige traversante de déplacement de la sonde 12 par un vérin simple qui permet de diminuer la hauteur du dispositif de piquage et de mesure et d'augmenter la puissance du mouvement de la mesure.

Dans la configuration selon fig. 3b on n'utilise qu'un vérin central 10 pour le piquage et un vérin décentré 13 pour la mesure (ou inversement un vérin central pour la mesure et un vérin décentré pour le piquage). L'intérêt est de diminuer le nombre et donc le coût des vérins et surtout l'encombrement en hauteur et largeur.

Enfin la configuration selon fig. 3c l'utilisation d'un vérin unique polyvalent 13, 10 pour déplacer le piqueur et la sonde avec un mécanisme 23 permettant de verrouiller le piqueur permet une réduction du coût des vérins, une réduction de l'encombrement en hauteur et en largeur, en augmentant la puissance du mouvement de la sonde.

Quant à la configuration simplifiée selon fig. 3d consistant à remplacer la fonction piquage destiné à assu-

rer une ouverture dans la croûte de bain solidifié par une protection fixe 9' permettant de maintenir un trou dans la croûte, elle simplifie le dispositif de piquage et de mesure avec un seul vérin de mesure 13.

Ces caractéristiques structurelles étant précisées, le dispositif de piquage et de mesure 1 de la température et du niveau de l'électrolyte 3 est mis en oeuvre à intervalle régulier, généralement toutes les 30 minutes à 48 heures, de la façon suivante pour la conduite des cuves de production d'aluminium :

- par l'intermédiaire des vérins 10 le piqueur 9 est actionné en descente jusqu'au niveau du bain solidifié pour perçage ou dégagement du trou déjà formé dans la croûte 2 puis au bout de 1 à 5 secondes est relevé
- la sonde 12 en position haute dont l'extrémité inférieure 20 est au moins à 50 cm du niveau de l'électrolyte, est alors activée en descente par le vérin 13 jusqu'à la profondeur d'immersion visée, de préférence 8 à 16 cm, de l'extrémité inférieure ou pointerolle 20.

La durée d'immersion de la sonde dans l'électrolyte, dont la température selon la composition est d'environ 950°C, correspond au temps d'acquisition par la sonde au moins de la température de 850°C et de préférence 920°C, majoré du temps nécessaire à l'obtention, à partir de cette température, d'une vitesse d'échauffement de la sonde très faible, par exemple de moins de 3°C/seconde.

Lorsque ce seuil est atteint, la sonde est remontée à sa position intiale et les valeurs successives de température mesurée par le thermocouple 21 sont transmises au système de commande et de régulation 17 qui détermine, par extrapolation à partir des N différents couples de valeurs (ti, Ti) température/temps, la température Tb de l'électrolyte.

Pour réaliser la mesure de niveau de l'électrolyte on actionne par sécurité le piqueur 9 en descente afin d'assurer le nettoyage et le passage de sonde 12 puis sa remontée qui autorise l'engagement de la séquence de mesure de niveau de l'électrolyte. Celle-ci comporte l'acquisition par le capteur de niveau 16 du potentiel de la sonde 12 par rapport au substrat cathodique 6 ainsi que du signal du potentiomètre 14.

A la descente de la sonde 12 le potentiel par rapport à la cathode 6 augmente brutalement quand la pointerolle 20 entre en contact avec le bain 3, puis rechute lorsque cette même pointerolle quitte l'électrolyte au relevage de la sonde après une durée d'immersion n'excédant pas de préférence 20 secondes. Ces variations de potentiel sont enregistrées par le capteur de niveau qui détermine avec précision l'instant où la sonde plonge dans l'électrolyte et calcule l'épaisseur de l'électrolyte après filtrage et lissage de la courbe d'enregistrement en vue d'éliminer les effets parasites pouvant perturber les signaux du potentiomètre et de la pointerolle. La valeur ainsi calculée est transmise alors au système de commande et de régulation 17.

AVANTAGES ET APPLICATIONS DE L'INVENTION

Outre le fait qu'il est possible d'effectuer avec une sonde, sans intervention manuelle et sans risque de pollution, plus de 2000 mesures de température à ± 2°C et cela avec une fiabilité accrue de la conduite des cuves en raison de l'augmentation de la fréquence des mesures de température et de niveau ainsi que du choix du moment pour les réaliser en dehors des périodes de régime transitoire des cuves d'électrolyse, le procédé et le dispositif selon l'invention peuvent être aussi adaptés à la mesure du niveau de l'interface électrolyte/métal. En effet de façon analogue on peut enregistrer par enfoncement de la sonde jusque dans la nappe de métal une nouvelle variation de potentiel entre le substrat cathodique et la pointerolle de la sonde lorsque celle-ci traverse l'interface électrolyte/métal. Cette variation se traduit par une forte diminution de différence potentiel sonde-métal/cathode par rapport à la différence potentiel sonde-électrolyte/cathode précédemment enregistrée en raison de la diminution sensible de résistance du nouveau milieu.

Ainsi peut-on déterminer rapidement à partir d'une même origine, par 2 séries successives de mesures de niveau de l'électrolyte et de mesures de niveau de métal, le niveau moyen de l'électrolyte HT et le niveau moyen du métal HM et en déduire HB = HT - HM l'épaisseur de l'électrolyte dont on veut réguler avec précision le volume par adjonction de bain broyé solide ou prélèvement de l'électrolyte. Ce mode de détermination de l'épaisseur de l'électrolyte est évidemment plus rapide que celui préconisé par EP 0288 397 basé sur la détermination indirecte du niveau du métal à partir du plan anodique mal défini et de la vitesse d'usure des anodes. A cet égard l'application du procédé et dispositif de l'invention à la mesure de l'épaisseur de l'électrolyte en vue de sa régulation constitue à la fois un complément et un perfectionnement au procédé selon EP 0288397.

Revendications

1. Procédé de mesure de la température et du niveau du bain d'électrolyse fondu, ou électrolyte, dans une cuve de production d'aluminium par électrolyse, selon le procédé Hall-Héroult, de l'alumine dissoute dans ledit électrolyte en contact avec les anodes carbonées et reposant sur la nappe de métal liquide formée sur le substrat cathodique et dont la surface au contact de l'air à la partie supérieure de la cuve est recouverte d'une croûte de bain solidifié, caractérisé en ce que, à l'aide d'un dispositif approprié, solidaire mais isolé électriquement de la superstructure de la cuve, muni notamment de moyens de piquage de la croûte de bain solidifié, ou piqueur,

ainsi que de moyens de mesure de la température et du niveau de l'électrolyte, on réalise périodiquement la séquence suivante d'opérations :

a) Perçage de la croûte de bain solidifié et immersion à une profondeur suffisante par l'orifice ainsi créé, de l'extrémité d'une sonde de température dans l'électrolyte jusqu'à l'acquisition d'une température au moins égale à 850°C et de préférence à 920°C, puis à partir de cette température maintien en immersion de la sonde pendant une durée inférieure à la durée de mise en équilibre thermique de la sonde avec l'électrolyte,
b) retrait de la sonde et détermination de la température de l'électrolyte, par extrapolation des valeurs de température acquises par la sonde au-delà de 850°C et de préférence de 920°C, selon un programme de calcul préétabli,
c) après dégagement éventuel de l'orifice du passage de sonde précédemment créé et enlèvement du dépôt de bain solidifié sur ladite sonde, mesure du niveau de l'électrolyte dans la cuve à partir d'un point de cote de référence, par enregistrement de la variation de potentiel entre le substrat cathodique et la sonde dont la position est déterminée par un potentiomètre et dont le potentiel augmente brusquement lorsque l'extrémité inférieure de la sonde, ou pointerolle, entre en contact avec l'électrolyte,
d) Remontée de la sonde et calcul du niveau de l'électrolyte par le capteur après acquisition des signaux potentiel/position de la pointerolle,

2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la séquence d'opérations de mesure de la température et du niveau de l'électrolyte est réalisée selon une périodicité de 30 minutes à 48 heures.

3. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la durée de maintien de la sonde dans l'électrolyte au-delà de 850°C et de préférence de 920°C, est définie par la condition de sortie de la sonde qui est une vitesse de montée en température inférieure à un seuil prédéfini, de préférence compris entre 0,1 et 10°C par seconde.

4. Procédé selon la revendication 1 caractérisé en ce que pour une mesure de température la durée totale d'immersion de la sonde dans l'électrolyte est comprise entre 30 secondes et 30 minutes.

5. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que la profondeur d'immersion de l'extrémité de la sonde dans l'électrolyte est d'au moins 1 cm et de préférence de 8 à 16 cm.

6. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce que on effectue régulièrement le décrochement du dépôt de bain solidifié sur la surface externe de la sonde à l'aide du piqueur animé d'un mouvement de translation vertical.

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce qu'au cours de chaque mesure de niveau l'extrémité de sonde ou pointerolle est immergée dans l'électrolyte pendant une durée n'excédant pas de préférence 20 secondes.

8. Dispositif de piquage et de mesure (1) destiné à mesurer, après perçage de la croûte (2) superficielle de bain solidifié, la température et le niveau de l'électrolyte (3) dans une cuve de production d'aluminium par électrolyse d'alumine dissoute dans l'électrolyte, ledit dispositif, solidaire mais isolé électriquement de la superstructure (7) de la cuve comportant des moyens de piquage, ou piqueur (8), de la croûte, étant caractérisé en ce qu'il est muni de moyens de mesure (11) de la température et du niveau de l'électrolyte (3) constitués principalement par une sonde cylindrique (12) se déplaçant verticalement selon son grand axe à l'intérieur des moyens de piquage (8) en effectuant de façon automatique, selon une séquence opératoire déterminée, le contrôle périodique de cette température et de ce niveau, et que lesdits moyens de piquage assurent également l'enlèvement du dépôt (18) de bain solidifié sur la sonde de mesure.

9. Dispositif de piquage et de mesure selon revendication 8, caractérisé en ce que les moyens de piquage (8) sont formés à leur partie inférieure par un piqueur cylindrique (9) creux, actionné par au moins un vérin de piquage (10) et animé d'un mouvement de translation verticale.

10. Dispositif de piquage et de mesure selon revendication 8, caractérisé en ce que les moyens (11) de mesure de la température et du niveau de l'électrolyte sont constitués principalement par une sonde cylindrique (12) mobile à l'intérieur du piqueur (9) dont le déplacement vertical coaxialement à l'axe du piqueur est assuré par un vérin de mesure (13).

11. Dispositif de piquage et de mesure selon revendication 8 ou 10, caractérisé en ce qu'un potentiomètre (14) est fixé solidairement à la tige du vérin (13) pour déterminer la position de la sonde (12).

12. Dispositif de piquage et de mesure selon l'une quelconque des revendications 8 ou 10, caractérisé en ce qu'un voltmètre (15) mesure la différence de potentiel entre la sonde (12) et le substrat cathodique (6).

13. Dispositif de piquage et de mesure selon l'une quel-

conque des revendications 8, 10, 11 et 12, caractérisé en ce qu'un capteur de niveau (16) relié électriquement au voltmètre (15) et au potentiomètre procède à l'acquisition des signaux potentiel/position de la sonde (12) et calcule à chaque descente et remontée de sonde le niveau d'interface air/électrolyte ou niveau de l'électrolyte.

14. Dispositif de piquage et de mesure selon l'une quelconque des revendications 8, 10, 11, 12, 13, caractérisé en ce que la sonde (12) est constituée d'une gaine cylindrique externe (22), de 100 à 600 mm de longueur et de 7 à 100 mm de diamètre extérieur avec une épaisseur de paroi qui n'excède pas 40 mm.

15. Dispositif de piquage et de mesure selon la revendication 14, caractérisé en ce que la gaine cylindrique externe (22) de la sonde (12) a une épaisseur de paroi de préférence compris entre 2 et 10 mm.

16. Dispositif de piquage de mesure selon l'une quelconque des revendications 8, 10, 11, 12, 13, 14, caractérisé en ce que la gaine cylindrique (22) contient un thermocouple (21) dans sa gaine (19) relié électriquement à sa partie supérieure au système de commande et de régulation (17).

17. Dispositif de piquage et de mesure selon la revendication 9 ou 10, caractérisé en ce que le jeu entre le piqueur (9) et la sonde (12) cylindrique est compris entre 0,5 et 20 mm au rayon.

18. Dispositif de piquage et de mesure selon l'une quelconque des revendications 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que le vérin de mesure (13) est central et de préférence à tige traversante.

19. Dispositif de piquage et de mesure selon l'une quelconque des revendications 8, 9 ou 10, caractérisé en ce que le vérin de mesure (13) est décentré et que l'unique vérin de piquage (10) est central.

20. Dispositif de piquage et de mesure selon l'une quelconque des revendications 8, 9 ou 10, caractérisé en ce qu'il comporte un seul vérin (13 ou 10) polyvalent pour la mesure et le piquage.

21. Dispositif de piquage et de mesure selon l'une quelconque des revendications 8 ou 10, caractérisé en ce que le vérin de mesure (13) est central et que les moyens de piquage (8) destinés à assurer une ouverture dans la croûte (2) sont constitués par une protection permanente fixe (9')

22. Application du procédé de mesure du niveau de l'électrolyte selon les revendications 1 à 7 à la mesure du niveau de métal liquide dans la cuve d'électrolyse.

23. Application du procédé de mesure du niveau d'électrolyte et du métal selon les revendications 1 à 7 et 22 à la détermination de l'épaisseur de l'électrolyte par différence des mesures de niveau de l'électrolyte et de niveau de métal.

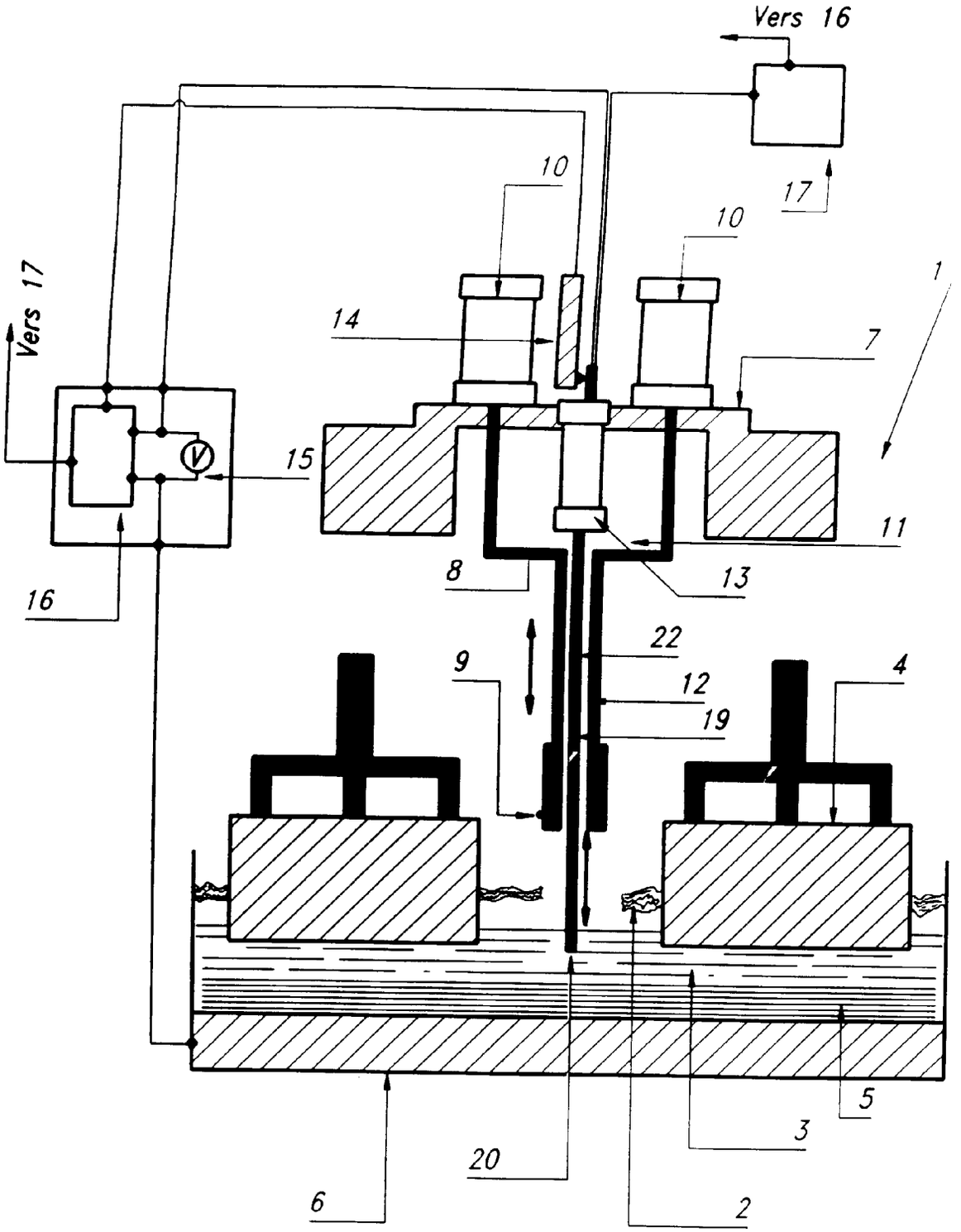


Fig. 1

Fig. 2a

Fig. 2b

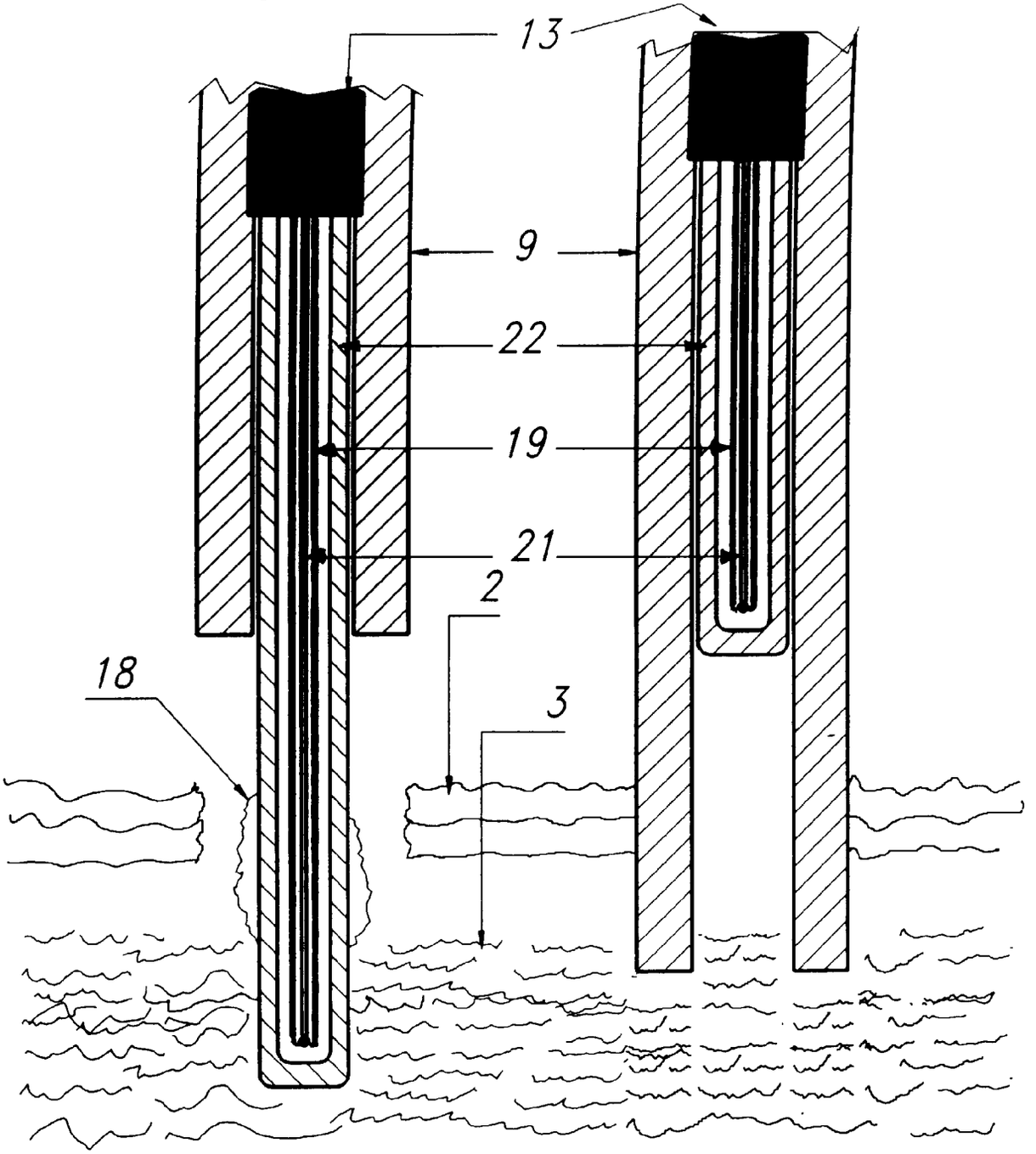


Fig. 3a

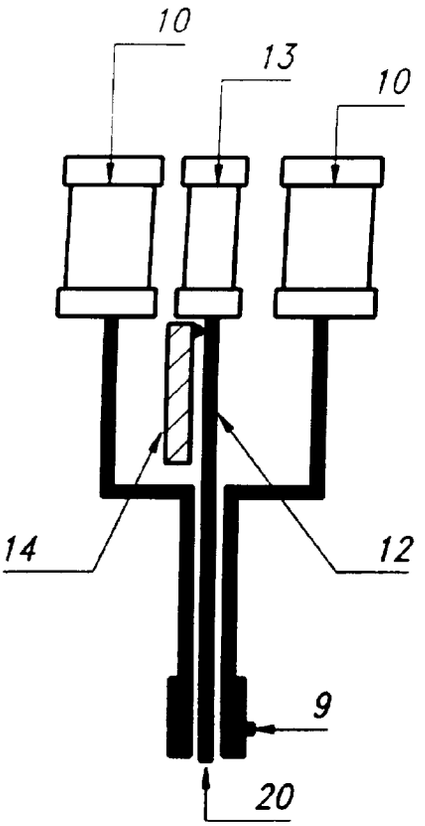


Fig. 3b

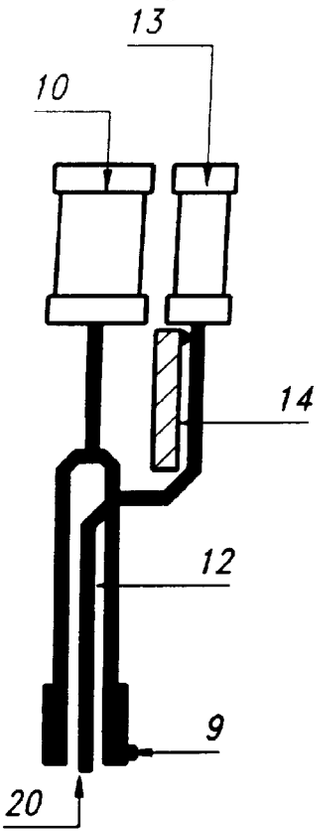


Fig. 3c

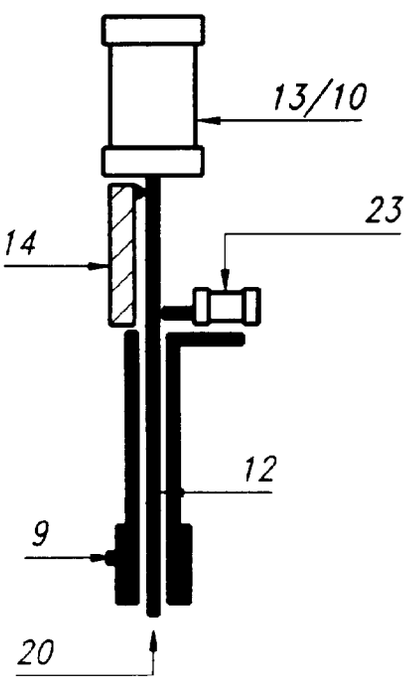
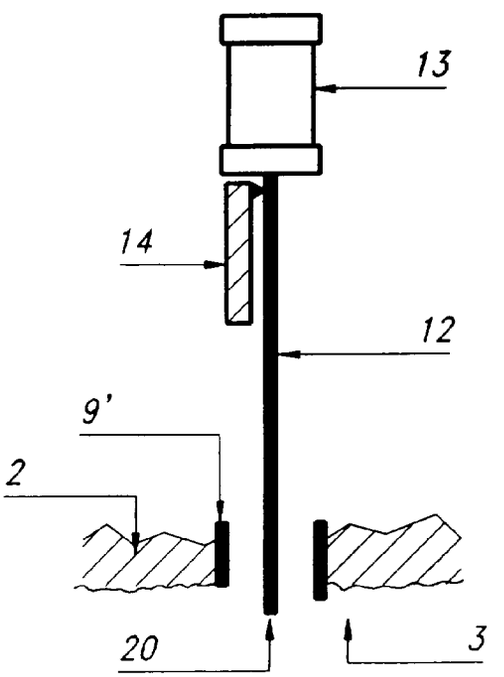


Fig. 3d



Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numero de la demande
EP 95 42 0354

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS

Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int.Cl.6)
D,A	EP-A-0 288 397 (ALUMINIUM PECHINEY) 26 Octobre 1988 * colonne 5, ligne 48 - colonne 6, ligne 51 * * figure 1 *	1,8	C25C3/20
A	CHEMICAL ABSTRACTS, vol. 97, no. 14, 4 Octobre 1982 Columbus, Ohio, US; abstract no. 117484, DUDAREV G. A. 'MONITORING THE PROCESSING STATE OF AN ALUMINIUM ELECTROLYTIC CELL BY IMMERSING A METALLIC PROBE INTO AN ELECTROLYTE MELT' page 501; colonne GAUCHE; * abrégé * & SU-A-929 747	1	
A	DATABASE WPI Derwent Publications Ltd., London, GB; AN 87-020961 'ALUMINIUM REDN. CELL ELECTROLYTE TEMP. MONITORING-BY SIMULTANEOUSLY MEASURING CELL VOLTAGE AND CURRENT IN GIVEN FREQUENCY RANGE TO APPLY FORMULA WITH REGRESSION COEFFICIENTS.' & SU-A-1 236 003 (KRASY POLY) , 7 Juin 1986 * abrégé *	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int.Cl.6) C25C
A	FR-A-2 104 781 (UNION CARBIDE CORPORATION) 21 Avril 1972		

Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
LA HAYE	7 Mars 1996	Groseiller, P

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

X : particulièrement pertinent à lui seul
Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie
A : arrière-plan technologique
O : divulgation non-écrite
P : document intercalaire

T : théorie ou principe à la base de l'invention
E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date
D : cité dans la demande
L : cité pour d'autres raisons

& : membre de la même famille, document correspondant

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)