

19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE
PARIS

11) N° de publication : **2 874 934**
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

21) N° d'enregistrement national : **04 09508**

51) Int Cl⁸ : C 25 D 19/00 (2006.01), C 25 D 17/10, 21/12

12)

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

22) Date de dépôt : 08.09.04.

30) Priorité :

43) Date de mise à la disposition du public de la demande : 10.03.06 Bulletin 06/10.

56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche préliminaire : *Se reporter à la fin du présent fascicule*

60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

71) Demandeur(s) : *ECL Société par actions simplifiée — FR.*

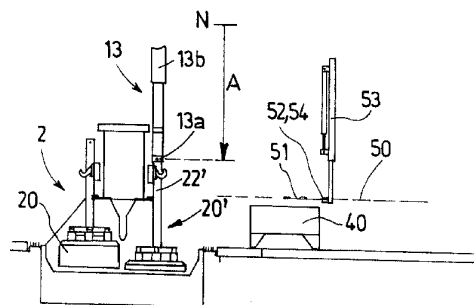
72) Inventeur(s) : VAN ACKER ALAIN et MARCHAND PATRICK.

73) Titulaire(s) :

74) Mandataire(s) : PECHINEY.

54) **PROCEDE DE CHANGEMENT D'ANODE DANS UNE CELLULE DE PRODUCTION D'ALUMINIUM PAR ELECTROLYSE INCLUANT UN AJUSTEMENT DE LA POSITION DE L'ANODE ET DISPOSITIF POUR LE METTRE EN OEUVRE.**

57) L'invention a pour objet un procédé de changement d'anode d'une cellule de production d'aluminium par électrolyse ignée (2) comportant une pluralité d'anodes (20, 20'). Selon l'invention, d'une part, on utilise au moins un outil de manutention d'anode (13) comprenant un organe de positionnement (13b), un organe de préhension (13a) et un capteur de position verticale de l'organe de préhension et on utilise le capteur de position pour mesurer les distances parcourues verticalement par l'organe de préhension (13a) par rapport à un niveau de référence N, et, d'autre part, on produit au moins un faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (51) dans un axe ou un plan de référence déterminé (50) et on utilise le passage de l'anode dans ledit faisceau pour mesurer lesdites distances. On détermine la position verticale de l'anode de remplacement dans la cellule à partir des valeurs obtenues pour lesdites distances parcourues et on place l'anode de remplacement à cette position dans l'emplacement initialement occupé par l'anode usée (20').



FR 2 874 934 - A1



**PROCÉDÉ DE CHANGEMENT D'ANODE DANS UNE CELLULE DE
PRODUCTION D'ALUMINIUM PAR ÉLECTROLYSE INCLUANT UN
AJUSTEMENT DE LA POSITION DE L'ANODE ET DISPOSITIF POUR LE
METTRE EN OEUVRE**

5

Domaine de l'invention

L'invention concerne la production d'aluminium par électrolyse ignée selon le
10 procédé de Hall-Héroult. Elle concerne plus particulièrement les changements
d'anode et les unités de service destinées à effectuer les changements d'anode dans
les usines de production d'aluminium.

Etat de la technique

15

L'aluminium est produit industriellement par électrolyse ignée dans des cellules
d'électrolyse suivant le procédé bien connu de Hall-Héroult. La demande de brevet
français FR 2 806 742 (correspondant au brevet américain US 6 409 894) décrit les
installations d'une usine d'électrolyse destinée à la production d'aluminium.


20

Selon la technologie la plus répandue, les cellules d'électrolyse comportent une
pluralité d'anodes dites "précuites" en matériau carboné qui sont consommées lors
des réactions de réduction électrolytique de l'aluminium. La consommation
progressive des anodes nécessite des interventions sur les cellules d'électrolyse
25 parmi lesquelles figure, notamment, le remplacement des anodes usées par des
anodes neuves.

Afin de limiter la perturbation du fonctionnement d'une cellule d'électrolyse lors d'un
changement d'anode, il est préférable de placer l'anode neuve de manière à ce que sa
30 surface inférieure soit au même niveau que celle des autres anodes de la cellule.

Il est connu d'opérer comme suit pour assurer une mise à niveau correcte des anodes neuves. La tige de l'anode usée est marquée d'un trait de craie à un endroit correspondant à un repère déterminé sur le cadre anodique. L'anode usée est extraite de la cellule et déposée sur une surface de référence, qui est typiquement un plateau
5 métallique. Le niveau du trait de craie sur la tige est relevé, l'anode usée est retirée et une anode neuve est placée sur la surface de référence. Un trait de craie est tracé sur la tige de l'anode neuve au niveau relevé. L'anode neuve est placée sur le cadre anodique de façon à ce que le trait de craie soit situé au niveau du repère déterminé sur le cadre anodique. Ces opérations, essentiellement manuelles, nécessitent
10 l'intervention d'un opérateur dans la zone d'action des outils de manutention des anodes et l'exposent aux risques inhérents à ces opérations, tels que les risques de décrochement de la charge et les projections de métal liquide.

Il est également connu de munir l'outil de manutention des anodes d'un capteur de
15 position. Dans ce cas, on mesure la distance parcourue par l'outil lors de la prise de l'anode usée, on dépose l'anode usée sur une surface de référence et on mesure la distance parcourue par l'outil au moment où l'anode repose sur la surface de référence. On retire l'anode usée, on dépose une anode neuve sur la surface de référence et on mesure la distance parcourue par l'outil au moment où l'anode repose
20 sur la surface de référence. L'écart entre les deux dernières distances mesurées est ajouté à la première distance mesurée afin de déterminer la distance à faire parcourir à l'outil de manutention lors du positionnement de l'anode neuve dans la cellule d'électrolyse.



25 Ces différentes façons de procéder nécessitent de multiples manipulations d'anode et le déplacement de la surface de référence d'une zone de travail à une autre. Le temps passé à ces opérations allonge considérablement les temps de cycle d'intervention sur les cellules d'électrolyse et la période de temps pendant laquelle les capots des cuves restent ouverts, ce qui réduit l'efficacité des moyens de captation des effluents
30 produits par les cellules d'électrolyse.

La demanderesse a donc recherché une procédure et des moyens qui permettent d'éviter ces inconvénients.

Description de l'invention

5

L'invention a pour objet un procédé de changement d'anode d'une cellule de production d'aluminium par électrolyse ignée comportant une pluralité d'anodes, ladite cellule contenant un bain électrolytique et comprenant au moins un bloc cathodique, chaque anode comprenant au moins un bloc anodique et une tige métallique et étant fixée de manière amovible à un cadre métallique mobile par des moyens de fixation mécaniques, chaque bloc anodique possédant une surface de référence, procédé par lequel on remplace au moins une anode usée déterminée par une anode de remplacement en utilisant au moins un outil de manutention d'anode comprenant un organe de positionnement, un organe de préhension et un capteur de position verticale de l'organe de préhension, et dans lequel on utilise le capteur de position du ou de chaque outil de manutention d'anode pour mesurer les distances parcourues verticalement par le ou chaque organe de préhension par rapport à un niveau de référence N, caractérisé en ce qu'on produit au moins un faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques dans un axe ou un plan de référence déterminé, et en ce que, pour chaque anode usée déterminée :

- 20 - on place un organe de préhension en position de saisie de la tige métallique de l'anode usée et on mesure la distance A parcourue par l'organe de préhension pour atteindre ladite position ;
- 25 - on retire l'anode usée de la cellule d'électrolyse, on fait passer le bloc anodique de cette anode à travers ledit faisceau en un mouvement vertical et on mesure la distance verticale B parcourue par l'organe de préhension au moment où la surface de référence de cette anode traverse ledit faisceau ;
- 30 - on saisit la tige métallique d'une anode de remplacement à l'aide d'un organe de préhension, on fait passer le bloc anodique de cette anode à travers ledit faisceau en un mouvement vertical et on mesure la distance verticale C parcourue par l'organe de préhension au moment où la surface de référence de cette anode traverse ledit faisceau ;

- on détermine la position verticale de l'anode de remplacement dans la cellule à partir des valeurs obtenues pour lesdites distances parcourues A, B et C, et on place l'anode de remplacement à cette position dans l'emplacement initialement occupé par l'anode usée.

5

L'invention a aussi pour objet un système de mesure comprenant un capteur de position pour mesurer les distances parcourues par un organe de préhension d'anode, un générateur de faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques, apte à produire au moins un faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques dans un axe ou un plan de
10 référence déterminé, au moins un détecteur d'ondes sonores ou électromagnétiques apte à détecter le passage d'une partie déterminée d'une anode à travers ledit faisceau et au moins un organe de positionnement auquel est fixé ledit générateur et/ou ledit détecteur.

15 L'invention a encore pour objet une machine de service destinée aux opérations de changement d'anode d'une série de cellules de production d'aluminium par électrolyse ignée, ladite machine comportant au moins un outil de manutention d'anode comprenant un organe de positionnement, un organe de préhension et un capteur de position verticale de l'organe de préhension, et étant caractérisée en ce
20 qu'elle comporte en outre ledit système de mesure.

L'invention a encore pour objet une unité de service d'une usine de production d'aluminium par électrolyse ignée comprenant un pont mobile et au moins une machine de service selon l'invention.

25

L'invention est décrite plus en détail ci-après à l'aide des figures annexées.

La figure 1 illustre, vue en section, une salle d'électrolyse typique destinée à la production d'aluminium et comprenant une unité de service représentée de manière
30 schématique.

La figure 2 illustre, vue en section transversale, une cellule d'électrolyse typique destinée à la production d'aluminium.

La figure 3 représente, de manière schématique, une machine de service vue de côté.

5

Les figures 4 et 7 illustrent un mode de réalisation du procédé de changement d'anode selon l'invention.

10 Les figures 8 à 10 représentent, de manière schématique, des modes de réalisation de la position d'une anode selon l'invention.

15 Les usines d'électrolyse destinées à la production d'aluminium comprennent une zone de production d'aluminium liquide qui comprend une ou plusieurs salles d'électrolyse (1). Tel qu'illustré à la figure 1, chaque salle d'électrolyse (1) comporte des cellules d'électrolyse (2) et au moins une unité de service (4). Les unités de service sont souvent appelées "machines de service électrolyse" ou "M.S.E" ("PTA" ou "Pot Tending Assembly" ou "PTM" ou "Pot Tending Machine" en langue anglaise).

20 Les cellules d'électrolyse (2) sont normalement disposées en rangées ou files, chaque rangée ou file comportant typiquement plus d'une centaine de cellules, et raccordées électriquement en série à l'aide de conducteurs de liaison. Les cellules (2) sont disposées de manière à dégager des voies de circulation (3) entre les cellules et le long de la salle d'électrolyse (1).

25

Tel qu'illustré à la figure 2, chaque cellule d'électrolyse (2) comprend une cuve (2'), une structure de support (35) appelée "superstructure" et une pluralité d'anodes (20, 20'). La cuve (2') comprend un caisson (26) en acier, un revêtement intérieur (27, 28), qui est généralement formé par des blocs en matériaux réfractaires, et un ensemble cathodique (29, 30), qui comprend des blocs en matériau carboné (29), appelés "blocs cathodiques", et des barres de raccordement métalliques (30) auxquelles sont fixés les conducteurs électriques (31) servant à l'acheminement du

30

courant d'électrolyse. Les anodes (20, 20') comportent au moins un bloc anodique (21, 21') en matériau carboné précuit et une tige métallique (22, 22'). Les blocs anodiques (21, 21') ont typiquement une forme parallélépipédique. La tige (22, 22') est typiquement fixée au(x) bloc(s) anodique(s) (21, 21') par l'intermédiaire d'un
5 élément de fixation (22a, 22a'), généralement appelé "multipode", qui est ancré dans le(s) bloc(s) anodique(s) (typiquement à l'aide de fonte). Les anodes (20, 20') sont fixées de manière amovible à un cadre métallique mobile (23), appelé "cadre anodique", par des moyens de fixation mécaniques (24, 25) comprenant typiquement un connecteur (24) et des crochets (25). Le cadre mobile (23) est porté par la
10 superstructure (35) et fixé à des conducteurs électriques (non illustrés) servant à l'acheminement du courant d'électrolyse.

Une cellule d'électrolyse (2) comporte généralement un système de capotage (36), comprenant typiquement une série de capots, pour confiner les effluents à l'intérieur
15 de la cellule, et des moyens (non illustrés) pour évacuer les effluents et les diriger vers un centre de traitement.

Le revêtement intérieur (27, 28) et les blocs cathodiques (29) forment, à l'intérieur de la cuve (2'), un creuset apte à contenir le bain d'électrolyte (33) et une nappe de métal
20 liquide (32) lorsque la cellule est en fonctionnement. En général, une couverture d'alumine et de bain solidifié (34) recouvre le bain d'électrolyte et tout ou partie des anodes.

Les anodes (20, 20'), et plus précisément des blocs anodiques (21, 21'), sont
25 partiellement immergées dans le bain d'électrolyte (33), qui contient de l'alumine dissoute. La surface inférieure (21a, 21a') des anodes est typiquement essentiellement plane et parallèle à la surface supérieure (29') des blocs cathodiques (29), qui est généralement horizontale. La distance entre la surface inférieure des anodes et la surface supérieure des blocs cathodiques, dite "distance anode-cathode", est un
30 paramètre important dans la régulation des cellules d'électrolyse. La distance anode-cathode est généralement contrôlée avec une grande précision.

Les blocs anodiques (21, 21') sont progressivement consommés en utilisation. Afin de compenser cette usure, il est de pratique courante d'abaisser progressivement les anodes (20, 20') en déplaçant régulièrement le cadre mobile (23) vers le bas. En outre, tel qu'illustré à la figure 2, les blocs anodiques (21, 21') sont généralement à des degrés d'usure différents. Par conséquent, la position de l'anode de remplacement (20''), communément appelé "anode neuve", par rapport au cadre mobile (23) est généralement ajustée à chaque changement d'anode. Plus précisément, la position des anodes est ajustée de façon à mettre sur un plan commun la surface dite "inférieure" (21a, 21a', 21a'') des blocs anodiques (21, 21', 21''), c'est-à-dire la surface des blocs anodiques qui est destinée à être immergée dans le bain électrolytique (33) contenu dans la cellule d'électrolyse (2) et à être parallèle à la surface supérieure (29') du ou des blocs cathodiques (29). En pratique, l'anode de remplacement (20'') est placée de manière à ce que, après avoir atteint sa température de fonctionnement, sa surface inférieure (21a'') se situe au niveau de la surface inférieure (21a') de l'anode usée (20') qu'elle remplace. Ladite surface inférieure (21a, 21a', 21a'') des blocs anodiques (21, 21', 21'') est généralement essentiellement plane.

L'unité de service (4) sert à effectuer des opérations sur les cellules (2) telles que les changements d'anode ou le remplissage des trémies d'alimentation en bain broyé et en AlF_3 des cellules d'électrolyse. Elle peut également servir à manutentionner des charges diverses, telles que des éléments de cuve, des poches de métal liquide ou des anodes.

Tel qu'illustré aux figures 1 et 3, l'unité de service (4) comprend un pont mobile (5) qui peut être translaté au-dessus des cellules d'électrolyse (2) et une machine de service (6). La machine de service (6) comporte un chariot mobile (7) et un module de service (8) équipé de plusieurs organes de manutention et d'intervention (10), tels que des outils (pelles, clés, piqueurs,...). Tel qu'illustré à la figure 3, le module de service (8) comporte typiquement une tourelle (8') montée sur le chariot (7) de manière à pouvoir pivoter autour d'un axe vertical V en utilisation. Les organes de manutention et d'intervention (10) sont typiquement fixés à la tourelle. Le module de service (8) peut également comporter une cabine de contrôle (16) pour les opérateurs.

Le pont mobile (5) repose et circule sur des chemins de roulement (9, 9') disposés parallèlement l'un à l'autre et à l'axe principal du hall (et de la file de cellules). Le pont mobile (5) peut ainsi être déplacé le long de la salle d'électrolyse (1). Le chariot mobile (7) peut être déplacé le long du pont mobile (5).

Tel qu'illustré à la figure 3, les machines de service (6) utilisées pour les opérations de changement d'anode sont équipées d'un ensemble déterminé d'outils (10), à savoir typiquement un piqueur (11a), une pelle à godets (12a), un organe de préhension d'anode (appelé "pince à anodes") (13a) et une trémie (14) munie d'un conduit escamotable (15). Le piqueur (11a) sert à briser la croûte d'alumine et de bain solidifié (34) qui couvre généralement tout ou partie des anodes de la cellule ; la pelle à godets (12a) sert à dégager l'emplacement de l'anode, après le retrait de l'anode usée, par enlèvement des matières solides (telles que des morceaux de croûte et de l'alumine) qui s'y trouvent ; la pince à anodes (13a) sert à saisir et à manipuler les anodes par leur tige, notamment pour l'enlèvement des anodes usées d'une cellule d'électrolyse et la mise en place d'anodes neuves dans la cellule d'électrolyse ; le conduit escamotable (15) sert à introduire de l'alumine et/ou du bain broyé dans la cellule d'électrolyse, de manière à reformer une couche de revêtement, après la mise en place d'une anode neuve. Le piqueur (11a), la pelle à godets (12a) et la pince à anodes (13a) sont typiquement montés à l'extrémité inférieure d'un organe de positionnement (11b, 12b, 13b), tel qu'un mât ou un bras télescopique. L'expression "outil de manutention d'anode" (13) désigne l'ensemble comprenant un organe de préhension d'anode (13a) et un organe de positionnement (13b).

25

Le procédé de changement d'une anode d'une cellule (2) de production d'aluminium par électrolyse comportant une pluralité d'anodes (20, 20') comporte typiquement les étapes de base suivantes :

- on place une machine de service à proximité de l'anode usée déterminée (20') ;
- 30 - on retire les capots (36) situés à proximité de l'anode usée (20') ;
- on immobilise le cadre mobile (23) auquel sont fixées les anodes (20, 20') ;

- on saisit la tige métallique de l'anode usée (20') à l'aide d'un outil de manutention d'anode (13), et plus précisément à l'aide d'un organe de préhension (13a) ;
 - on défait la fixation mécanique (24) de l'anode usée ;
 - on retire l'anode usée (20') de la cellule d'électrolyse à l'aide dudit outil de manutention (13) ;
 - 5 - on dépose l'anode usée (20') dans un endroit déterminé ;
 - on saisit une anode de remplacement (20'') à l'aide d'un outil de manutention (13), généralement le même outil que celui qui a servi à manutentionner l'anode usée ;
 - on détermine une position verticale pour l'anode de remplacement (20'') ;
 - 10 - on place l'anode de remplacement (20'') à la position verticale déterminée dans l'emplacement initialement occupé par l'anode usée ;
 - on fixe l'anode de remplacement (20'') sur le cadre mobile (23) à l'aide d'un moyen fixation mécanique (24).
- 15 Selon l'invention, on détermine une position verticale pour l'anode de remplacement (20'') à l'aide de mesures effectuées lors de la manutention des anodes. Ces mesures portent, d'une part, sur la position de l'outil de manutention d'anode et, d'autre part, sur le passage des anodes à travers un axe déterminé ou un plan déterminé hors de la cellule d'électrolyse. A cette fin, d'une part, on crée un axe ou un plan de référence
- 20 immatériel, délimités par des ondes sonores ou électromagnétiques, et on détecte le passage des anodes à travers cet axe ou ce plan à l'aide d'un système de détection d'ondes sonores ou électromagnétiques. D'autre part, on utilise un outil de manutention d'anode (13) comprenant un capteur de position verticale (13c) de l'organe de préhension (13a), et on mesure les déplacements de l'organe de
- 25 préhension au cours des opérations de manutention des anodes. On détermine la position verticale de l'anode de remplacement à partir des mesures de déplacement de l'organe de préhension à des moments déterminés, à savoir la prise de l'anode usée, le passage de l'anode usée à travers l'axe ou le plan déterminé et le passage de l'anode de remplacement à travers l'axe ou le plan déterminé.

30

Dans le mode de réalisation de l'invention qui est illustré aux figures 4 à 7, on procède comme suit :

- on produit au moins un faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (51) dans un axe déterminé ou un plan de référence déterminé (50) (figure 4) ;
- on positionne un outil de manutention d'anodes (13) comportant un capteur de position verticale (13c) de l'organe de préhension (13a) au niveau d'une anode usée déterminée (20') et on place un organe de préhension (13a) en position de saisie de la tige métallique (22') de cette anode (20') (figure 4) ;
- on saisit la tige métallique (22') d'une anode usée déterminée (20') à l'aide de l'organe de préhension (13a) d'un outil de manutention d'anode (13) et, à l'aide du capteur de position, on mesure une première distance A parcourue par l'organe de préhension (figure 4) ;
- on défait la fixation mécanique (24) de l'anode usée (20'), on retire l'anode usée (20') de la cellule d'électrolyse à l'aide dudit outil de manutention (13), on fait passer le(s) bloc(s) anodique(s) (21') de cette anode à travers ledit faisceau en un mouvement vertical et, à l'aide dudit capteur de position, on mesure une deuxième distance verticale B parcourue par l'organe de préhension au moment où la surface de référence (21a') de l'anode traverse ledit faisceau (figure 5) ;
- on saisit la tige métallique (22'') d'une anode de remplacement (20'') à l'aide d'un organe de préhension (13a), on fait passer le(s) bloc(s) anodique(s) (21'') de cette anode à travers ledit faisceau en un mouvement vertical et, à l'aide dudit capteur de position, on mesure une troisième distance verticale C parcourue par l'organe de préhension au moment où la surface de référence (21a'') de l'anode traverse ledit faisceau (figure 6) ;
- on détermine la position verticale de l'anode de remplacement (20'') dans la cellule à partir des valeurs obtenues pour lesdites première, deuxième et troisième distances parcourues (A, B et C), et on place l'anode de remplacement (20'') à cette position verticale dans l'emplacement initialement occupé par l'anode usée (figure 7) ;
- on fixe l'anode de remplacement (20'') sur le cadre mobile (23) à l'aide d'un moyen fixation mécanique (24).

Lesdites mesures de distance peuvent être effectuées pendant les manipulations normales de remplacement des anodes usées. L'invention permet ainsi de limiter

sensiblement les opérations de manutention requises pour déterminer la position de l'anode de remplacement.

De préférence, on utilise le même organe de préhension (13a) pour manutentionner
5 une anode usée déterminée (20') et l'anode de remplacement (20'') destinée à la
remplacer. Cette variante permet d'éviter un étalonnage des capteurs d'outils distincts
et les différences de mesure de distance inhérentes à l'utilisation d'outils distincts.
Dans ce cas, on dépose l'anode usée (20') dans un endroit déterminé avant de saisir la
10 tige métallique (22'') de l'anode de remplacement (20'') avec l'organe de préhension
(13a).

Ladite première distance (A) peut être mesurée avant ou après avoir saisi la tige (22')
de l'anode usée (20').

15 La surface de référence (21a, 21a', 21a'') des anodes est de préférence la surface dite
"inférieure" du (des) bloc(s) anodique(s) (21, 21', 21'').

Afin de limiter les mouvements de manutention des anodes, on mesure de préférence
ladite distance verticale B lors d'un mouvement vers le bas d'une anode usée (20'),
20 typiquement lors du dépôt de l'anode dans l'endroit déterminé, qui est généralement
une palette ou un véhicule (40, 40') destinés à son évacuation. Dans ce but, ledit
faisceau est disposé à une hauteur déterminée au-dessus dudit endroit déterminé.

Afin de limiter les mouvements de manutention des anodes, on mesure de préférence
25 ladite distance verticale C lors d'un mouvement vers le haut d'une anode de
remplacement (20''), typiquement lors de l'enlèvement de l'anode d'un endroit de
stockage temporaire, qui est généralement une palette ou un véhicule (40, 40'')
utilisés pour sa fourniture. Dans ce but, ledit faisceau est disposé à une hauteur
déterminée au-dessus dudit endroit de stockage.

30

La position verticale d'une anode de remplacement (20'') correspond à une distance
verticale A' parcourue par l'organe de préhension (13a) lors de la mise en place de

l'anode de remplacement dans l'emplacement initialement occupé par une anode usée déterminée. En pratique, lors de la mise en place l'anode de remplacement, on stoppe le mouvement de descente de l'organe de préhension lorsque la distance parcourue par celui-ci est égale à A'. La distance verticale A' est typiquement donnée par la
5 relation $A' = A - B + C + D$, où D est un terme de correction pour prendre en compte la mise en régime de fonctionnement de l'anode de remplacement dans la cellule.

Selon un mode de réalisation du procédé selon l'invention, on remplace les anodes usées (20') une à une par des anodes de remplacement (20").

10

Selon un autre mode de réalisation du procédé selon l'invention, on remplace au moins deux anodes usées (20') à la fois par des anodes de remplacement (20"). Dans ce cas, lesdites distances A, B et C sont mesurées, et ladite distance A' déterminée, pour chacun des couples anode usée (20') / anode de remplacement (20"). Ce mode
15 de réalisation de l'invention est avantageusement mis en oeuvre en utilisant une machine de service (6) comportant un nombre d'outils de manutention d'anode (13) au moins égal au nombre des anodes usées qui sont remplacées simultanément.

Le capteur de position (13c) sert à mesurer la distance parcourue verticalement par
20 l'organe de préhension (13a) lors des manutentions d'anodes. Les distances sont données par rapport à un niveau de référence N, qui peut être quelconque. Le niveau de référence N est de préférence le même pour toutes les mesures de distance lors d'un même changement d'anode afin de simplifier les calculs et d'éviter d'introduire des incertitudes dans la détermination de la position finale de l'anode de
25 remplacement.

Le capteur de position (13c) peut-être, par exemple, un encodeur à câble ou un télémètre laser. Le capteur de position est avantageusement intégré à l'outil de manutention d'anode (13). Typiquement, le capteur de position (13c) est fixé
30 rigidement à la partie fixe de l'organe de positionnement (13b) de l'outil de manutention d'anode (13) ; il permet de mesurer la distance relative d'un point déterminé solidaire de l'organe de préhension. Par exemple, le capteur de position

peut être fixé au coulissant d'un bras ou mât télescopique auquel est fixé l'organe de préhension.

5 Afin de compenser les jeux éventuels entre les composants de l'outil de manutention d'anode (13) et entre l'organe de préhension d'anode (13a) et une tige d'anode (22, 22'), il est avantageux d'effectuer ladite première mesure de distance parcourue A en traction, c'est-à-dire après avoir mis en tension la chaîne cinématique de l'outil (avant desserrement du connecteur (24) qui maintient la tige de l'anode sur le cadre mobile (23)), car les autres mesures de distance sont faites en traction dans le cadre de 10 l'invention (l'axe ou le plan de référence étant immatériels et l'anode de remplacement étant suspendue à l'organe de préhension lors de l'ajustement de sa position dans la cellule). Afin de pouvoir tenir compte desdits jeux, il est avantageux de munir l'outil de manutention d'anode (13) d'un moyen de mesure de la tension dans l'outil, tel qu'un dynamomètre axial, qui permet de connaître le moment où la 15 chaîne cinématique de l'outil est en traction et de déterminer le moment où les jeux mécaniques sont tous repris dans le même sens.

Lesdites ondes sonores sont typiquement des ondes ultrasonores.

20 Lesdites ondes électromagnétiques sont typiquement de la lumière visible, des infrarouges ou des ondes radio. Il est avantageux de générer ledit faisceau (51) à l'aide d'un laser.

25 Afin d'éviter les fausses mesures de distance parcourue provenant d'irrégularités de la surface de référence (21a, 21a', 21a"), on génère de préférence deux ou plusieurs (typiquement trois) faisceaux d'ondes sonores ou électromagnétiques (51) de façon à former un plan de référence déterminé (50). Dans cette variante, les distances parcourues (B et C) sont avantageusement données par la moyenne des distances parcourues mesurées pour chacun des faisceaux.

30

Ledit axe déterminé ou le plan de référence déterminé (50) est de préférence sensiblement horizontal.

Le moment où la surface de référence (21a', 21a'') d'une anode traverse ledit faisceau peut être déterminé de différentes manières. Selon une manière avantageuse de procéder, qui peut être aisément informatisée, on utilise un générateur (ou émetteur) d'ondes sonores ou électromagnétiques pour produire ledit faisceau et un détecteur (ou récepteur) pour détecter ledit faisceau. Selon un premier mode de réalisation de cette manière de procéder, qui est représenté schématiquement à la figure 8, on dispose un détecteur d'ondes sonores ou électromagnétiques (54) en regard d'un générateur de faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (52) de manière à ce que le détecteur puisse détecter le faisceau produit par le générateur (figure 8a). On détecte le moment où la surface de référence (21a', 21a'') d'une anode (20', 20'') traverse ledit faisceau lorsque le bloc anodique (21', 21'') interrompt la transmission dudit faisceau au détecteur (figure 8b).

15 Selon un autre mode de réalisation de cette manière de procéder, qui est représenté schématiquement à la figure 9, on dispose un détecteur d'ondes sonores ou électromagnétiques (54) et un générateur de faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (52) en regard d'une surface réfléchissante (55), tel qu'un miroir, de manière à ce que le détecteur puisse détecter le faisceau produit par le générateur et réfléchi par la surface réfléchissante (55) (figure 9a). Ces éléments peuvent être disposés en triangle de manière à former un plan. On détecte le moment où la surface de référence (21a', 21a'') d'une anode (20', 20'') traverse ledit faisceau lorsque le bloc anodique (21', 21'') interrompt la transmission dudit faisceau au détecteur (figure 9b).

25 Selon encore un autre mode de réalisation de cette manière de procéder, qui est représenté schématiquement à la figure 10, on dispose un détecteur d'ondes sonores ou électromagnétiques (54) et un générateur de faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (52) de manière à ce que le détecteur puisse détecter le faisceau produit par le générateur et réfléchi par le bloc anodique (21', 21'') (figure 10a). On détecte le moment où la surface de référence (21a', 21a'') d'une anode (20', 20'') traverse ledit faisceau lorsque le bloc anodique (21', 21'') réfléchit tout ou partie dudit faisceau vers le détecteur (figure 10b).

Le procédé selon l'invention peut être mis en oeuvre à l'aide d'un système de mesure comprenant un capteur de position (13c) pour mesurer les distances parcourues par un organe de préhension (13a) d'anode, un générateur de faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (52), apte à produire au moins un faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (51) dans un axe ou un plan de référence déterminé (50), au moins un détecteur d'ondes sonores ou électromagnétiques (54) apte à détecter le passage d'une partie déterminée (21a, 21a', 21a'') d'une anode (20, 20', 20'') à travers ledit faisceau et au moins un organe de positionnement (53) auquel est fixé ledit générateur et/ou ledit détecteur.

Dans un mode de réalisation de l'invention, le ou chaque organe de positionnement (53) du système de mesure est, directement ou indirectement, fixé à une voie de circulation (3) ou posé sur celle-ci.

Dans un autre mode de réalisation de l'invention, le système de mesure est intégré à une unité de service (4) destinée aux opérations de changement d'anodes. Ce mode de réalisation de l'invention facilite le déplacement et le positionnement du système de mesure. Le système de mesure selon l'invention est de préférence intégré à la machine de service (6) de ladite unité de service (4), et de préférence encore au module (8) de ladite machine de service (6). Dans ces variantes, le ou chaque organe de positionnement (53) du système de mesure est, directement ou indirectement, fixé à une unité de service (4), à une machine de service (6) ou à un module de service (8).

Le ou chaque organe de positionnement (53) du système de mesure est typiquement un bras ou un mât télescopique. Lorsque le système de mesure est intégré à une unité de service (4), le générateur (52) et/ou le détecteur (54) sont typiquement fixés dans la partie basse de l'organe de positionnement (53).

Les mesures de distance parcourue (A, B, C, A') peuvent être effectuées avec ou sans l'intervention d'un opérateur. Par exemple, le détecteur peut émettre un signal

électrique, lumineux ou sonore lorsque la surface de référence déterminée d'une anode traverse le ou les dits faisceaux et un opérateur peut enregistrer la valeur de distance parcourue par l'organe de préhension donnée par le capteur de position au moment de l'émission dudit signal. La détermination de la distance A' correspondant à la position de l'anode de remplacement peut également être effectuée par un opérateur à l'aide des valeurs obtenues pour les première, deuxième et troisième distances parcourues (A, B et C). Afin d'alléger la tâche des opérateurs et d'éviter les erreurs de calcul, la mesure des dites distances (A, B, C, A') est avantageusement effectuée en tout ou partie de manière informatique. Par exemple, le passage de la surface de référence (21a, 21a', 21a'') des anodes à travers ledit faisceau peut déclencher électriquement ou électroniquement la mesure du capteur de position et l'enregistrement de la distance correspondante. Le système de mesure comporte avantageusement un dispositif pour enregistrer les mesures effectuées et pour déterminer ladite position verticale de l'anode de remplacement (20").

15

Le générateur (52) et le détecteur (54) peuvent se situer sur un même organe de positionnement (53) ou sur des organes de positionnement distincts. Le générateur (52) et détecteur (54) peuvent éventuellement être intégrés dans un même dispositif.

REVENDICATIONS

- 5 1. Procédé de changement d'anode d'une cellule de production d'aluminium par
électrolyse ignée (2) comportant une pluralité d'anodes (20, 20', 20''), ladite
cellule (2) contenant un bain électrolytique (33) et comprenant au moins un bloc
cathodique (29), chaque anode comprenant au moins un bloc anodique (21, 21',
21'') et une tige métallique (22, 22', 22'') et étant fixée de manière amovible à un
10 cadre métallique mobile (23) par des moyens de fixation mécaniques (24, 25),
chaque bloc anodique possédant une surface de référence (21a, 21a', 21a''),
procédé par lequel on remplace au moins une anode usée déterminée (20') par
une anode de remplacement (20'') en utilisant au moins un outil de manutention
d'anode (13) comprenant un organe de positionnement (13b), un organe de
15 préhension (13a) et un capteur de position verticale (13c) de l'organe de
préhension, et dans lequel on utilise le capteur de position (13c) du ou de chaque
outil de manutention d'anode (13) pour mesurer les distances parcourues
verticalement par le ou chaque organe de préhension (13a) par rapport à un
niveau de référence N, caractérisé en ce qu'on produit au moins un faisceau
20 d'ondes sonores ou électromagnétiques (51) dans un axe ou un plan de référence
déterminé (50), et en ce que, pour chaque anode usée déterminée (20') :
- on place un organe de préhension (13a) en position de saisie de la tige
métallique (22') de l'anode usée (20') et on mesure la distance A parcourue par
l'organe de préhension (13a) pour atteindre ladite position ;
 - 25 - on retire l'anode usée (20') de la cellule d'électrolyse, on fait passer le bloc
anodique (21') de cette anode à travers ledit faisceau (51) en un mouvement
vertical et on mesure la distance verticale B parcourue par l'organe de
préhension (13a) au moment où la surface de référence (21a') de cette anode
traverse ledit faisceau ;
 - 30 - on saisit la tige métallique (22'') d'une anode de remplacement (20'') à l'aide
d'un organe de préhension, on fait passer le bloc anodique (21'') de cette anode à
travers ledit faisceau (51) en un mouvement vertical et on mesure la distance

verticale C parcourue par l'organe de préhension (13a) au moment où la surface de référence (21a'') de cette anode traverse ledit faisceau ;

- on détermine la position verticale de l'anode de remplacement (20'') dans la cellule à partir des valeurs obtenues pour lesdites distances parcourues A, B et C, et on place l'anode de remplacement (20'') à cette position dans l'emplacement initialement occupé par l'anode usée (20').
- 5
2. Procédé selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on utilise le même organe de préhension (13a) pour manutentionner l'anode usée (20') et l'anode de remplacement (20'') destinée à la remplacer.
- 10
3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que la surface de référence (21a, 21a', 21a'') des anodes est la surface dite "inférieure" du bloc anodique (21, 21', 21'') qui est destinée à être immergée dans le bain électrolytique (33) contenu dans la cellule d'électrolyse (2) et à être parallèle à la surface supérieure (29') du ou des blocs cathodiques (29).
- 15
4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que l'on mesure ladite distance verticale B lors d'un mouvement vers le bas de l'anode usée (20').
- 20
5. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que l'on mesure ladite distance verticale C lors d'un mouvement vers le haut de l'anode de remplacement (20'').
- 25
6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que ladite position verticale de l'anode de remplacement (20'') correspond à une distance verticale A' parcourue par l'organe de préhension (13a) lors de la mise en place de l'anode de remplacement dans l'emplacement initialement occupé par l'anode usée (20').
- 30

7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que la distance verticale A' est donnée par la relation $A' = A - B + C + D$, où D est un terme de correction pour prendre en compte la mise en régime de fonctionnement de l'anode de remplacement dans la cellule.
5
8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que le capteur de position (13c) est intégré à l'outil de manutention d'anode (13).
10
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, caractérisé en ce que l'outil de manutention d'anode (13) est muni d'un moyen de mesure de la tension dans l'outil, tel qu'un dynamomètre axial.
15
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que lesdites ondes électromagnétiques sont choisies parmi la lumière visible, les infrarouges ou les ondes radio.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, caractérisé en ce que ledit faisceau (51) est généré à l'aide d'un laser.
- 20 12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, caractérisé en ce que lesdites ondes sonores sont des ondes ultrasonores.
- 25 13. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, caractérisé en ce que l'on génère deux ou plusieurs faisceaux d'ondes sonores ou électromagnétiques (51) de façon à former un plan de référence déterminé (50).
- 30 14. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'on dispose un détecteur d'ondes sonores ou électromagnétiques (54) en regard d'un générateur de faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (52) de manière à ce que le détecteur puisse détecter le faisceau produit par le générateur et en ce qu'on détecte le moment où la surface de référence (21a', 21a'') d'une

anode (20', 20'') traverse ledit faisceau lorsque le bloc anodique (21', 21'') interrompt la transmission dudit faisceau au détecteur.

- 5 15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'on dispose un détecteur d'ondes sonores ou électromagnétiques (54) et un générateur de faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (52) en regard d'une surface réfléchissante (55) de manière à ce que le détecteur puisse détecter le faisceau produit par le générateur et réfléchi par la surface réfléchissante (55) et en ce qu'on détecte le moment où la surface de référence (21a', 21a'') d'une
- 10 anode (20', 20'') traverse ledit faisceau lorsque le bloc anodique (21', 21'') interrompt la transmission dudit faisceau au détecteur.
- 15 16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 13, caractérisé en ce qu'on dispose un détecteur d'ondes sonores ou électromagnétiques (54) et un générateur de faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (52) de manière à ce que le détecteur puisse détecter le faisceau produit par le générateur et réfléchi par le bloc anodique (21', 21'') et en ce qu'on détecte le moment où la surface de référence (21a', 21a'') d'une anode (20', 20'') traverse ledit faisceau lorsque le bloc anodique (21', 21'') réfléchit tout ou partie dudit faisceau vers le
- 20 détecteur.
17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 16, caractérisé en ce que ledit axe ou le plan de référence déterminé (50) est sensiblement horizontal.
- 25 18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérisé en ce qu'on remplace les anodes usées (20') une à une par des anodes de remplacement (20'').
- 30 19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 17, caractérisé en ce qu'on remplace au moins deux anodes usées (20') à la fois par des anodes de remplacement (20'').

20. Système de mesure comprenant un capteur de position (13c) pour mesurer les distances parcourues par un organe de préhension (13a) d'anode, un générateur de faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (52), apte à produire au moins un faisceau d'ondes sonores ou électromagnétiques (51) dans un axe ou un plan de référence déterminé (50), au moins un détecteur d'ondes sonores ou électromagnétiques (54) apte à détecter le passage d'une partie déterminée (21a, 21a', 21a'') d'une anode (20, 20', 20'') à travers ledit faisceau et au moins un organe de positionnement (53) auquel est fixé ledit générateur et/ou ledit détecteur.
21. Système de mesure selon la revendication 20, caractérisé en ce que le générateur (52) et le détecteur (54) se situent sur un même organe de positionnement (53).
22. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications 20 ou 21, caractérisé en ce que le générateur (52) et le détecteur (54) se situent sur des organes de positionnement distincts.
23. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications 20 à 22, caractérisé en ce que l'outil de manutention d'anode (13) est muni d'un moyen de mesure de la tension dans l'outil, tel qu'un dynamomètre axial.
24. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications 20 à 23, caractérisé en ce que le système de mesure comporte un dispositif pour enregistrer les mesures effectuées et pour déterminer ladite position verticale de l'anode de remplacement (20'').
25. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications 20 à 24, caractérisé en ce que le ou chaque organe de positionnement (53) est un bras ou un mât télescopique.
26. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications 20 à 25, caractérisé en ce que le ou chaque organe de positionnement (53) du système de

mesure est, directement ou indirectement, fixé à une voie de circulation (3) ou posé sur celle-ci.

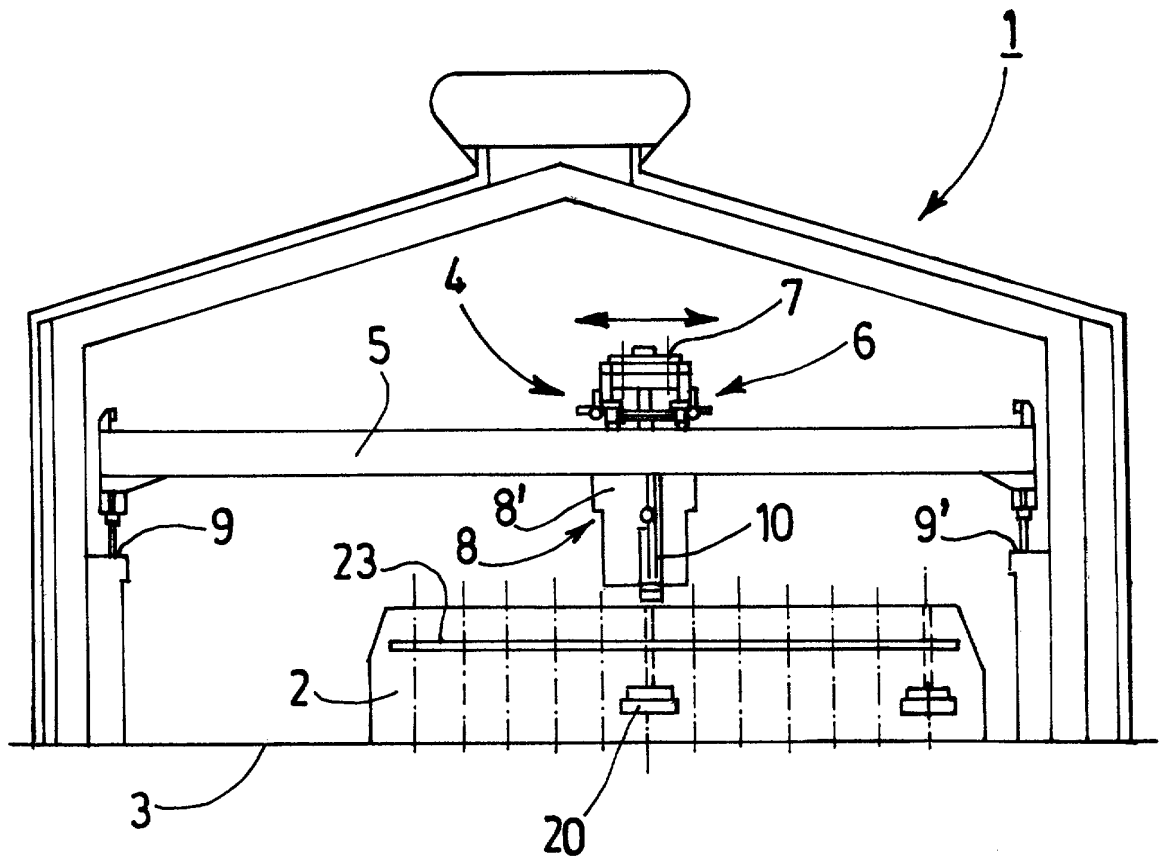
5 27. Système de mesure selon l'une quelconque des revendications 20 à 25, caractérisé en ce que le ou chaque organe de positionnement (53) du système de mesure est, directement ou indirectement, fixé à une unité de service (4), à une machine de service (6) ou à un module de service (8).

10 28. Machine de service (6) destinée aux opérations de changement d'anode d'une série de cellules de production d'aluminium par électrolyse ignée (2), comportant au moins un outil de manutention d'anode (13) comprenant un organe de positionnement (13b), un organe de préhension (13a) et un capteur de position verticale (13c) de l'organe de préhension, caractérisé en ce qu'il comporte un système de mesure selon l'une quelconque des revendications 20 à 25.

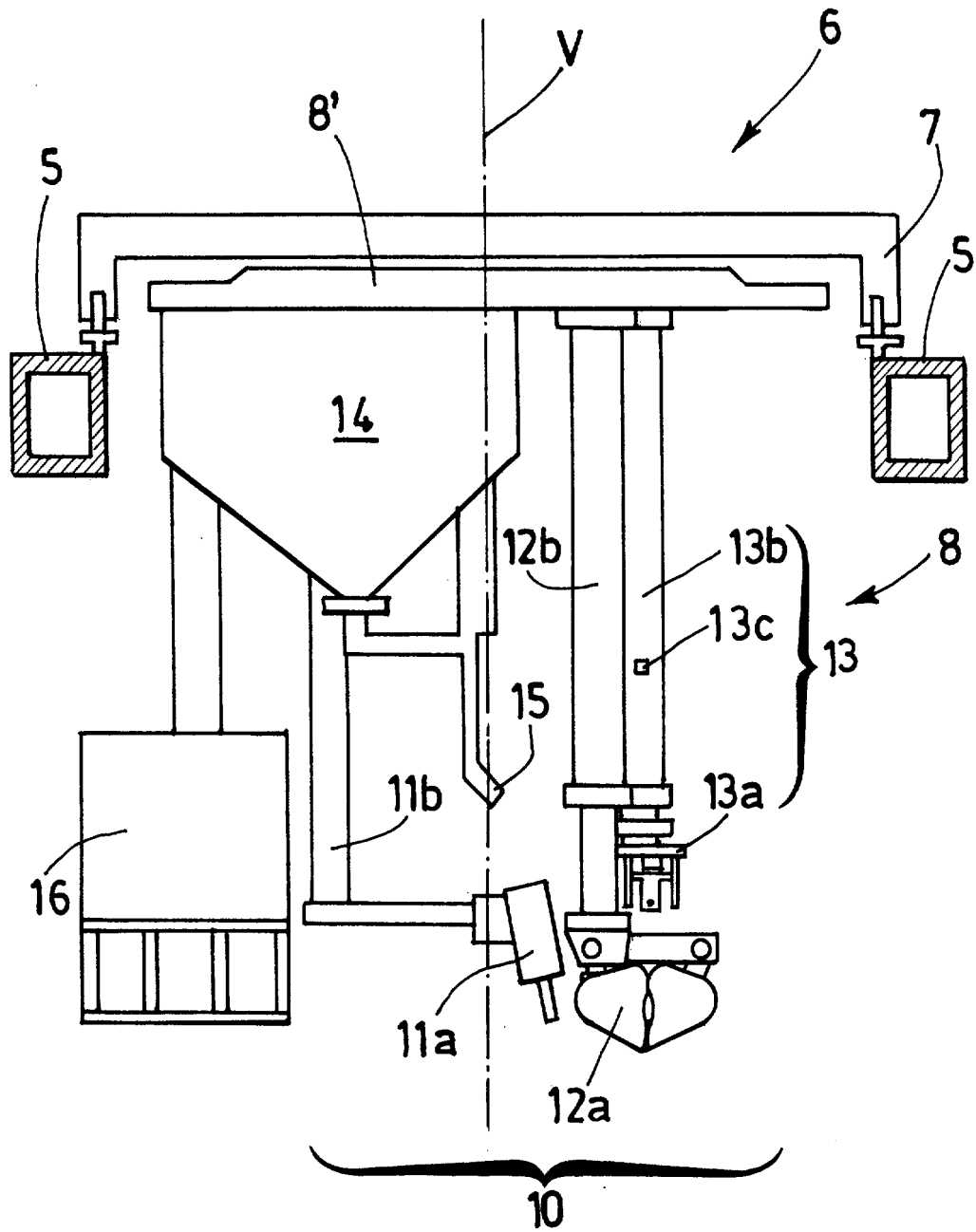
15

29. Unité de service (4) d'une usine de production d'aluminium par électrolyse ignée comprenant un pont mobile (5) et au moins une machine de service (6) selon la revendication 28.

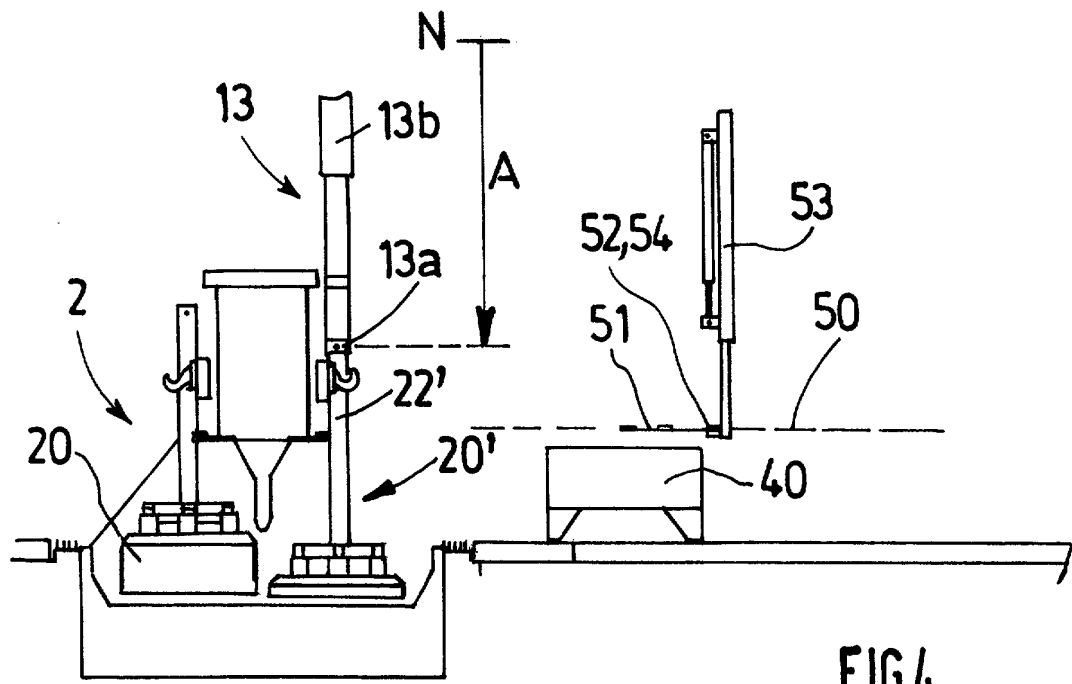
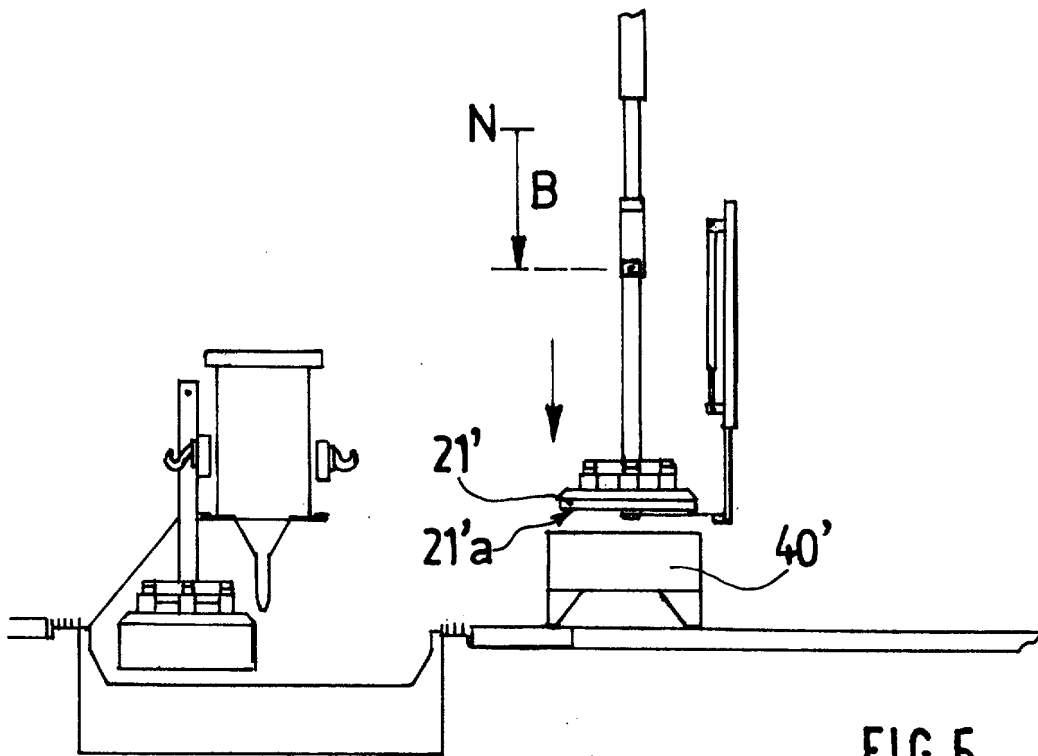
1/6

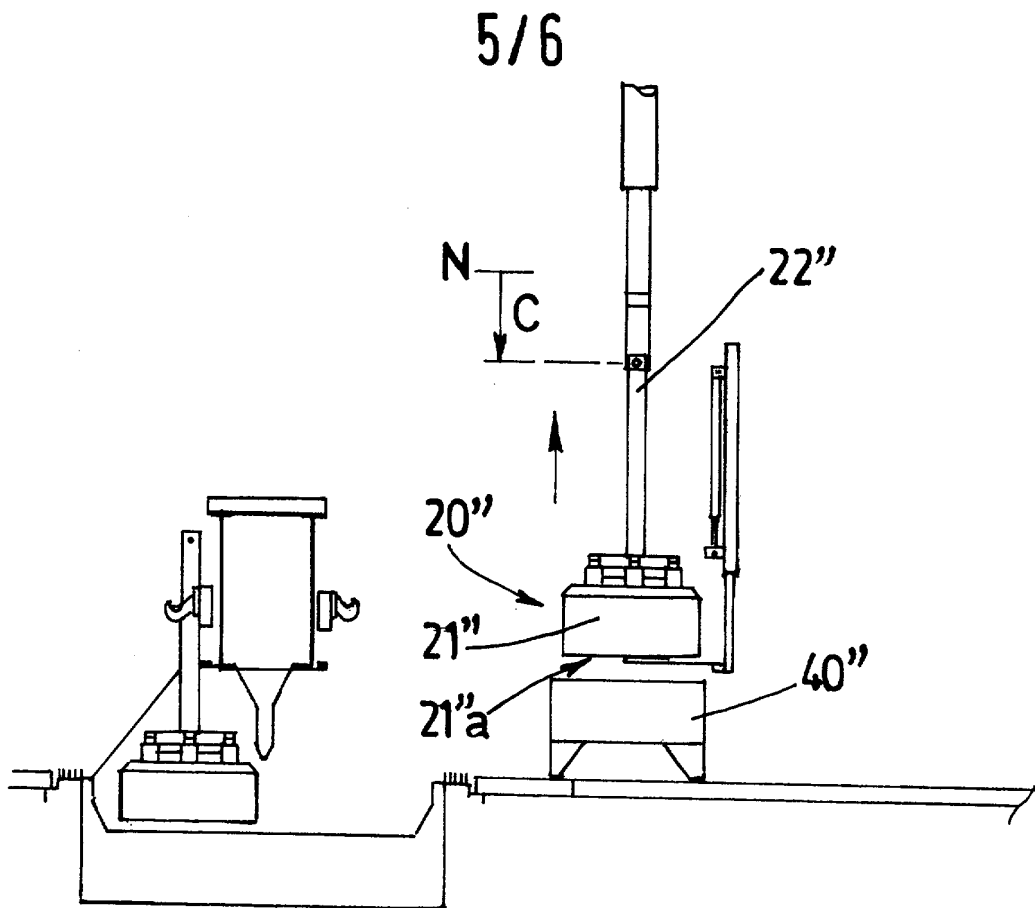
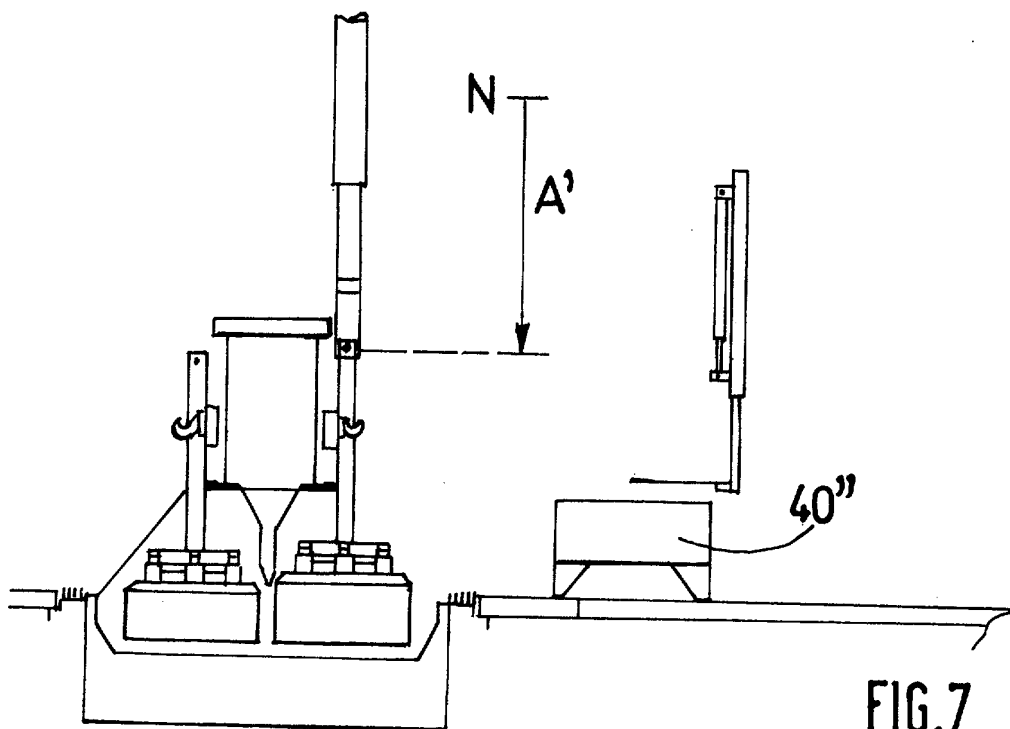
**FIG. 1**

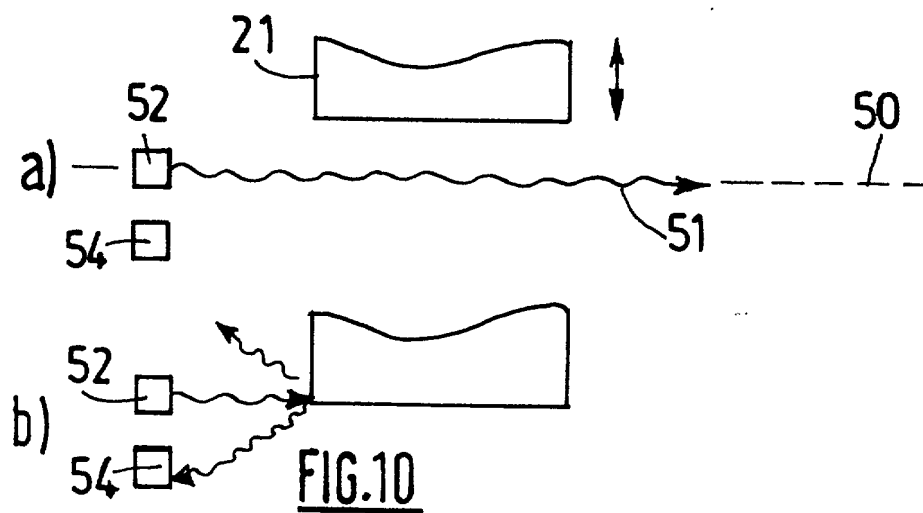
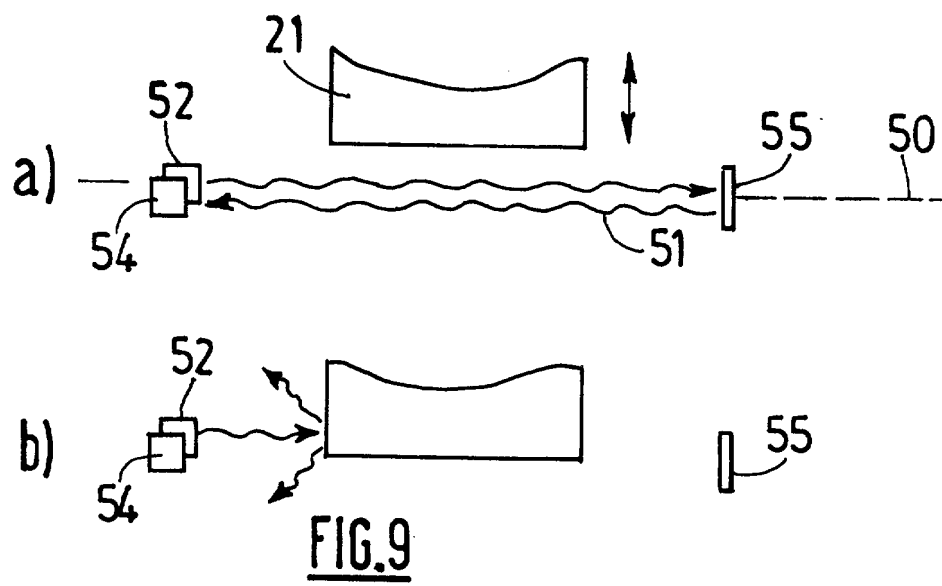
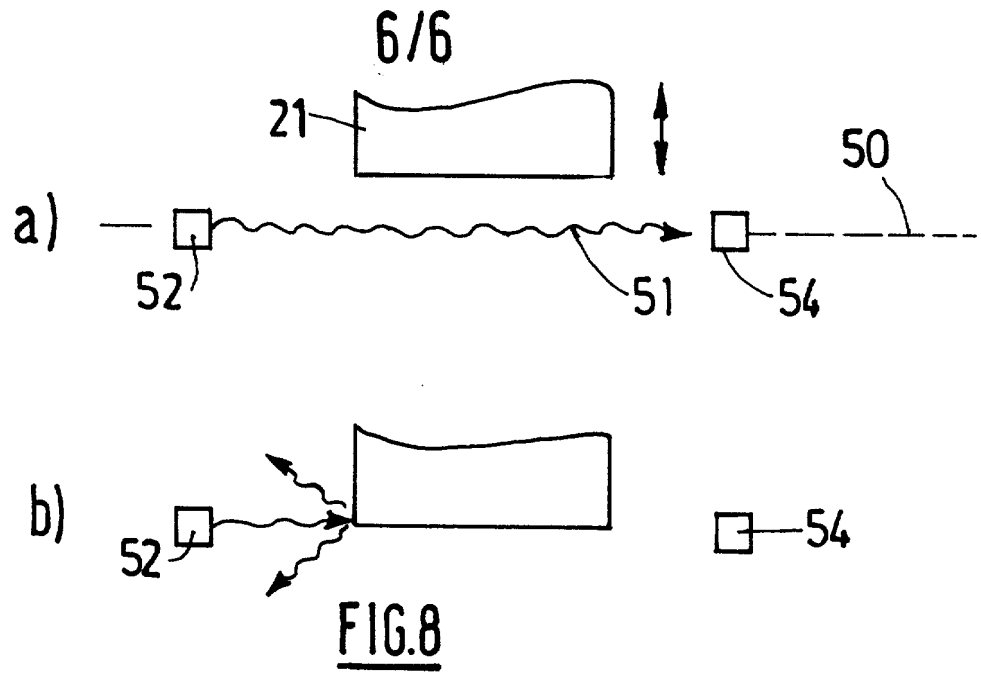
3/6

FIG. 3

4/6

FIG. 4FIG. 5

FIG. 6FIG. 7





**RAPPORT DE RECHERCHE
PRÉLIMINAIRE**
établi sur la base des dernières revendications
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement
national

FA 653669
FR 0409508

DOCUMENTS CONSIDÉRÉS COMME PERTINENTS		Revendication(s) concernée(s)	Classement attribué à l'invention par l'INPI
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes		
X	US 4 221 641 A (R. WEBER) 9 septembre 1980 (1980-09-09) * le document en entier * -----	1-3, 5-11,14, 17,18, 20,21,24	C25C21/12 C25C17/10 C25C19/00
A	EP 0 324 266 A (NORSK HYDR A.S.) 19 juillet 1989 (1989-07-19) * colonne 7; revendication 1 * -----	1	
A	US 4 540 474 A (ROBERT L. VOEGEL) 10 septembre 1985 (1985-09-10) * colonne 4 - colonne 6; revendications 1-5 * -----	1	
			DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHÉS (Int.CL.7)
			C25C
		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
		24 mars 2005	Groseiller, P
CATÉGORIE DES DOCUMENTS CITÉS		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE PRÉLIMINAIRE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET FRANÇAIS NO. FR 0409508 FA 653669**

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche préliminaire visé ci-dessus.

Les dits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du 24-03-2005

Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets, ni de l'Administration française

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 4221641 A	09-09-1980	AU 521362 B2	01-04-1982
		AU 4518879 A	18-10-1979
		CA 1111375 A1	27-10-1981
		DE 2819351 A1	04-10-1979
		FR 2421960 A1	02-11-1979
		GB 2018291 A	17-10-1979
		IT 1112430 B	13-01-1986
		JP 54155110 A	06-12-1979
		NL 7902182 A	05-10-1979
		NO 790970 A	04-10-1979
		ZA 7901521 A	25-06-1980
EP 0324266 A	19-07-1989	NO 875479 A	03-07-1989
		AU 2760688 A	06-07-1989
		BR 8806985 A	05-09-1989
		CA 1336701 C	15-08-1995
		DE 3875099 D1	05-11-1992
		DE 3875099 T2	18-02-1993
		EP 0324266 A1	19-07-1989
US 4540474 A	10-09-1985	AUCUN	