

(19)



(11)

EP 3 099 845 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:

24.07.2019 Bulletin 2019/30

(51) Int Cl.:

C25C 3/12 (2006.01)

C25C 3/16 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:

PCT/IB2015/000074

(21) Numéro de dépôt: **15740139.9**

(22) Date de dépôt: **23.01.2015**

(87) Numéro de publication internationale:

WO 2015/110906 (30.07.2015 Gazette 2015/30)

(54) **ENSEMBLE ANODIQUE ET PROCÉDÉ DE FABRICATION ASSOCIÉ**

ANODENANORDNUNG UND ZUGEHÖRIGES HERSTELLUNGSVERFAHREN

ANODE ASSEMBLY AND ASSOCIATED PRODUCTION METHOD

(84) Etats contractants désignés:

**AL AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB
GR HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MK MT NL NO
PL PT RO RS SE SI SK SM TR**

Etats d'extension désignés:

BA

• **VALLET, Julien**

F-74960 Cran-Gevrier (FR)

• **ALLANO, Bertrand**

F-38330 Saint Nazaire les Eymes (FR)

• **HACINI, Lyes**

Montreal, Quebec H2A 3K1 (CA)

(30) Priorité: **27.01.2014 FR 1400171**

(43) Date de publication de la demande:

07.12.2016 Bulletin 2016/49

(73) Titulaire: **Rio Tinto Alcan International Limited**

Montréal, QC H3B 0E3 (CA)

(74) Mandataire: **Malcoiffe, Julien**

Rio Tinto France SAS

725, rue Aristide Bergès

BP 25 Voreppe

38341 Moirans Cedex (FR)

(72) Inventeurs:

• **CARATINI, Yves**

F-73490 La Ravoire (FR)

• **LAROCHE, Denis**

Jonquièrre, Québec G7S 3C7 (CA)

(56) Documents cités:

EP-A1- 0 188 643

EP-A1- 2 006 419

WO-A1-2005/080641

WO-A1-2005/080641

WO-A1-2012/100340

DE-B1- 1 937 411

FR-A- 1 326 481

EP 3 099 845 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la publication de la mention de la délivrance du brevet européen au Bulletin européen des brevets, toute personne peut faire opposition à ce brevet auprès de l'Office européen des brevets, conformément au règlement d'exécution. L'opposition n'est réputée formée qu'après le paiement de la taxe d'opposition. (Art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

Description

Domaine technique

[0001] La présente invention concerne un ensemble anodique destiné aux cuves pour la production d'aluminium par électrolyse, ainsi qu'un procédé de fabrication d'un tel ensemble anodique.

[0002] Elle est particulièrement adaptée aux cuves d'électrolyse à anodes précuites.

Présentation de l'art antérieur

[0003] L'aluminium est essentiellement produit par électrolyse d'alumine dissoute dans un bain cryolithaïque. La cuve d'électrolyse qui permet cette opération est constituée par un caisson en acier et revêtu intérieurement par des produits isolants réfractaires.

[0004] Une cathode formée de blocs carbonés est placée dans le caisson. Elle est surmontée par une anode ou une pluralité d'anodes en carbone, ou blocs anodiques carbonés, plongeant dans le bain cryolithaïque. Cette (ou ces) anode(s) en carbone est (sont) oxydée(s) progressivement par l'oxygène provenant de la décomposition de l'alumine.

[0005] Le passage du courant s'effectue de l'anode vers la cathode à travers le bain cryolithaïque, maintenu à l'état liquide par effet Joule.

[0006] Les températures usuelles de fonctionnement d'une cuve étant comprises entre 930 et 980°C, l'aluminium produit est liquide et se dépose par gravité sur la cathode. Régulièrement l'aluminium produit, ou une partie de l'aluminium produit, est aspiré par une poche de coulée, et transvasé dans des fours de fonderie. Une fois les anodes usées, celles-ci sont remplacées par des anodes neuves.

[0007] Pour permettre sa manipulation et son alimentation en courant électrique, chaque anode est généralement associée à une structure pour former un ensemble anodique. Cette structure est généralement composée :

- d'une tige d'anode en matériau à haute conductivité électrique, tels que de l'aluminium ou du cuivre, et
- de moyens d'accrochage en matériaux résistants aux températures élevées d'utilisation de l'anode, tels que de l'acier.

[0008] Les moyens d'accrochage comprennent généralement un multipode formé d'une traverse solidaire de la base de la tige associée à une pluralité de rondins avantageusement cylindriques dont l'axe est parallèle à la tige.

[0009] Les rondins sont introduits en partie à l'intérieur d'évidements réalisés sur la face supérieure de l'anode, et les interstices existant entre les rondins et les évidements sont comblés en coulant un métal en fusion, typiquement de la fonte. Les douilles métalliques ainsi réa-

lisées permettent d'assurer un bon accrochage mécanique et une bonne liaison électrique entre la tige et l'anode.

[0010] Toutefois, on a constaté dans l'art antérieur que la présence de rondins induisait une chute ohmique à la connexion de l'anode, ainsi que des pertes thermiques à travers l'ensemble anodique.

[0011] C'est pourquoi le document WO 2012/100340 propose un ensemble anodique dans lequel l'ensemble composé de la traverse et des rondins est remplacé par une barre longitudinale de connexion. Lors du scellement, cette barre de connexion est introduite dans une gorge longitudinale réalisée sur la face supérieure de l'anode. De la fonte en fusion est ensuite déposée à la périphérie de la barre de connexion pour combler l'espace entre la barre de connexion et la gorge.

[0012] Cette solution permet d'améliorer la répartition des courants dans l'anode, de diminuer la chute ohmique de contact entre le carbone et la fonte et limiter les déperditions de chaleur, comme l'avait déjà enseigné le document FR 1 326 481 qui proposait une solution identique à WO 2012/100340.

[0013] Toutefois, si les ensembles anodiques de l'art antérieur comportaient de préférence des rondins cylindriques, c'est notamment pour limiter les risques de détérioration de l'anode du fait de la dilatation subie par les moyens d'accrochage lors de l'introduction de l'anode dans le bain cryolithaïque dont la température est comprise entre 930 et 980°C.

[0014] En effet, contrairement aux rondins cylindriques dont la dilatation induit l'application d'une force de dilatation thermique radiale sur l'anode, la dilatation thermique d'une barre métallique induit l'application de forces transversales et longitudinales sur l'anode tendant à fissurer celle-ci.

[0015] Aucune solution à ce problème de fissuration n'est proposée dans FR 1 326 481 ou dans WO 2012/100340.

[0016] Un but de la présente invention est de proposer un ensemble anodique plus robuste que ceux proposés dans les documents FR 1 326 481 et WO 2012/100340, cet ensemble anodique permettant d'améliorer la répartition des courants dans l'anode carbonée, de diminuer la chute ohmique de contact entre le carbone et la fonte ainsi que de limiter les pertes thermiques de la cuve d'électrolyse au travers des conducteurs d'acier pénétrant dans l'anode carbonée.

[0017] Un autre but de la présente invention est de proposer un procédé de fabrication d'un tel ensemble anodique robuste.

Résumé de l'invention

[0018] A cet effet, l'invention propose un procédé de fabrication d'un ensemble anodique destiné aux cuves pour la production d'aluminium par électrolyse, l'ensemble anodique étant du type comportant une tige d'anode, un élément longitudinal solidaire de l'une des extrémités

de la tige d'anode et une anode carbonée incluant un évidement dans lequel est logé l'élément longitudinal pour scellement de l'élément longitudinal à l'anode carbonée, remarquable en ce que le procédé comprend une phase de formation d'au moins une zone scellée remplie de matériau de scellement et d'au moins une zone non scellée dépourvue de matériau de scellement, ladite au moins une zone non scellée s'étendant à l'une des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal.

[0019] L'élément longitudinal est par conséquent scellé à l'anode carbonée pour établir accrochage mécanique et liaison électrique, et le fait que l'une des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal soit dépourvue de matériau de scellement permet de limiter les risques de fissuration de l'anode carbonée.

[0020] En effet, la présence d'un volume ne comportant pas de matériau de scellement à l'une des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal permet de limiter l'intensité des forces appliquées sur l'anode par l'élément longitudinal lors de sa dilatation, plus particulièrement la dilation selon la direction longitudinale de l'élément longitudinal.

[0021] Avantageusement, la phase de formation peut comprendre :

- la formation d'une zone scellée remplie de matériau de scellement, ladite zone scellée s'étendant entre des faces latérales longitudinales de l'élément longitudinal et des parois internes longitudinales de l'évidement, et
- la formation de deux zones non scellées aux deux extrémités longitudinales de l'élément longitudinal, chaque zone non scellée s'étendant entre une face latérale transversale de l'élément longitudinal et une paroi interne transversale de l'évidement.

[0022] Dans ce cas, l'ensemble anodique comprend deux zones non scellées, chaque zone non scellée s'étendant à une extrémité longitudinale respective de l'élément longitudinal. Les zones non scellées sont alors réparties de part et d'autre de la tige d'anode, ce qui permet d'une part une meilleure répartition de l'intensité des forces de dilatation, et d'autre part un meilleur équilibre des masses de l'ensemble anodique.

[0023] La phase de formation peut comprendre une étape de mise en place d'un matériau de coffrage dans un interstice entre l'élément longitudinal et des parois internes de l'évidement - telles que des parois internes longitudinales et éventuellement un fond de l'évidement - de sorte à définir au moins une zone de scellement et au moins une zone de non-scellement. Pour ce faire, le matériau de coffrage peut être placé à au moins l'une des extrémités de l'élément longitudinal de sorte que le matériau de coffrage s'étende sur les faces latérales longitudinales de l'élément longitudinal. Une fois le matériau de coffrage placé, l'élément longitudinal peut être inséré avec le matériau de coffrage dans l'évidement de sorte que le matériau de coffrage définisse, avec les parois

internes de l'évidement et les faces de l'élément longitudinal, les zones de scellement et de non-scellement. Le fait de disposer le matériau de coffrage sur l'élément longitudinal préalablement à son insertion dans l'évidement permet de faciliter la mise en place du matériau de coffrage. Cela assure en outre une meilleure maîtrise de la position du matériau de coffrage.

[0024] Dans une variante de réalisation, le matériau de coffrage est une natte. Celle-ci peut être fixée sur l'élément longitudinal par collage ou par nouage autour des faces latérales longitudinales et d'une face inférieure de l'élément longitudinal. Le fait que le matériau de coffrage s'étende sur la face inférieure de l'élément longitudinal permet de définir un espace sous l'élément longitudinal dans lequel du matériau de scellement peut être introduit. L'introduction de matériau de scellement entre la face inférieure de l'élément longitudinal et un fond de l'évidement permet d'améliorer la distribution de courant dans l'anode.

[0025] De préférence, la phase de formation comprend une étape de remplissage de la zone de scellement par coulage du matériau de scellement à l'état liquide ou visqueux. Le fait de couler le matériau de scellement à l'état liquide ou visqueux permet d'assurer une bonne répartition du matériau de scellement dans toute la zone de scellement.

[0026] La phase de formation peut également comprendre une étape de retrait du matériau de coffrage après l'étape de remplissage, et éventuellement une étape de garnissage de la zone non scellée avec du matériau de garnissage. Ceci permet de limiter les risques de colmatage de la (ou des) zone(s) non scellée(s) avec un matériau utilisé dans la fabrication d'aluminium, un tel colmatage pouvant dans certains cas induire une augmentation des risques de fissuration de l'anode.

[0027] L'invention concerne également un ensemble anodique destiné aux cuves pour la production d'aluminium par électrolyse, l'ensemble anodique comportant une tige d'anode, un élément longitudinal solidaire de l'une des extrémités de la tige d'anode et une anode carbonée incluant un évidement dans lequel est logé l'élément longitudinal, remarquable en ce que l'ensemble anodique comprend en outre un interstice entre l'évidement et l'élément longitudinal, l'interstice incluant au moins une zone scellée contenant un matériau de scellement et au moins une zone non scellée dépourvue de matériau de scellement, ladite et au moins une zone non scellée s'étendant à l'une des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal.

[0028] Des aspects préférés mais non limitatifs de l'ensemble anodique sont les suivants :

- l'ensemble anodique comprend au moins deux zones non scellées aux deux extrémités longitudinales de l'élément longitudinal, et au moins une zone scellée s'étendant entre des faces latérales longitudinales de l'élément longitudinal et des parois internes longitudinales de l'évidement,

- la zone scellée s'étend en outre entre une face inférieure de l'élément longitudinal et un fond de l'évidement,
- la zone non scellée comporte du matériau de garnissage, ledit matériau de garnissage étant comprimé à une valeur nominale suffisamment inférieure à son taux de compression maximal pour autoriser la dilatation de l'élément longitudinal,
- le matériau de garnissage est de la laine de roche.

[0029] Selon un mode de réalisation avantageux, l'ensemble anodique comprend un support auquel est fixée une pluralité de tiges d'anode, d'éléments longitudinaux et d'anodes carbonées. Le support s'étend plus particulièrement horizontalement de façon perpendiculaire par rapport aux éléments longitudinaux.

Brève description des figures

[0030] D'autres avantages et caractéristiques de l'ensemble anodique et de son procédé de fabrication associé ressortiront encore de la description qui va suivre de plusieurs variantes d'exécution, données à titre d'exemples non limitatifs, à partir des dessins annexés sur lesquels :

- la figure 1 est une vue en perspective d'un ensemble anodique,
- la figure 2 est une vue en perspective d'un élément longitudinal et d'une tige d'anode,
- la figure 3 est une vue en perspective d'une anode incluant un évidement dans sa face supérieure,
- les figures 4 à 6 sont des vues de dessus de différents exemples d'ensembles anodiques,
- la figure 7 est un schéma de principe d'un procédé de scellement d'un ensemble anodique ; plus précisément la figure 7 illustre des étapes d'une phase de formation du procédé de scellement, et
- la figure 8 illustre schématiquement un ensemble anodique incluant une pluralité d'anodes.

Description détaillée

[0031] On va maintenant décrire un exemple de procédé de fabrication d'un ensemble anodique ainsi que des exemples d'ensembles anodiques obtenus à partir du procédé. Dans ces différentes figures, les éléments équivalents portent les mêmes références numériques.

[0032] On utilisera dans la suite du texte les expressions « *face latérale* », « *face inférieure* », « *face supérieure* », « *parois latérales* » et « *fond* » en référence à une tige d'anode s'étendant le long d'un axe A-A'.

[0033] Le lecteur appréciera que l'on entend, dans le cadre de la présente invention, par :

- « *face inférieure* » ou « *face supérieure* », une face s'étendant dans un plan perpendiculaire à l'axe A-A', la face supérieure d'une pièce donnée étant plus

proche de la tige d'anode que la face inférieure,

- « *face/paroi latérale* », une face/paroi s'étendant dans un plan parallèle à l'axe A-A' de la tige d'anode,
- « *face/paroi longitudinale* », une face/paroi s'étendant parallèlement à un axe longitudinal d'un objet longitudinal (par exemple un évidement ou un élément longitudinal),
- « *face/paroi transversale* », une face/paroi s'étendant perpendiculairement à un axe longitudinal d'un objet longitudinal.

[0034] On a illustré à la figure 1 un exemple d'ensemble anodique selon l'invention. En référence aux figures 1 à 3, l'ensemble anodique comprend une tige d'anode 1, un élément longitudinal 2, et une anode carbonée 3.

[0035] La tige d'anode 1 est constituée dans un matériau électriquement conducteur. Elle s'étend selon l'axe A-A'. La tige d'anode est d'un type classiquement connu de l'homme du métier et ne sera pas décrite plus en détail dans la suite.

[0036] L'élément longitudinal 2 forme des moyens d'accrochage. L'élément longitudinal 2 est dans un matériau électriquement conducteur apte à supporter les températures importantes d'utilisation de l'ensemble anodique. Par exemple, l'élément longitudinal est en acier.

[0037] Les dimensions de l'élément longitudinal 2 peuvent être les suivantes :

- longueur L comprise entre 80 et 200 centimètres,
- largeur l et hauteur h comprises entre 5 et 50 centimètres.

[0038] Dans tous les cas, la longueur L est au moins deux fois supérieure à la largeur l de l'élément longitudinal 2.

[0039] L'élément longitudinal 2 est solidaire de la tige d'anode 1 à l'une de ses extrémités 11, et s'étend selon un axe longitudinal B-B' perpendiculaire à l'axe A-A'. L'élément longitudinal 2 comprend une face supérieure 23 en contact avec la tige d'anode 1, une face inférieure 24 opposée à la face supérieure 23, deux faces latérales longitudinales 22 et deux faces latérales transversales 21. L'élément longitudinal 2 est par exemple une barre, éventuellement rectangulaire, et peut comporter des dents, notamment à profil arrondi, sur ses faces latérales 21, 22 et/ou sa face inférieure 24.

[0040] L'anode 3 est un bloc anodique de matériau carboné précuré dont la composition et la forme générale sont connues de l'homme du métier et ne seront pas décrites plus en détail dans la suite. La face supérieure de l'anode 3 comporte un évidement 30 dans lequel est logé l'élément longitudinal 2.

[0041] Avantageusement, l'évidement 30 peut être de forme complémentaire à celle de l'élément longitudinal 2. Dans ce cas, l'évidement 30 comporte des parois internes latérales longitudinales 32, des parois internes latérales transversales 31, et un fond 34.

[0042] En variante l'évidement 30 peut consister en une gorge s'étendant entre deux bords latéraux 33 de l'anode 3. Ceci permet de faciliter le procédé de formation de l'évidement 30.

[0043] La largeur l de l'évidement ou de la gorge est prévue supérieure à la largeur l de l'élément longitudinal 2 pour permettre l'insertion de l'élément longitudinal 2.

[0044] L'ensemble anodique comprend en outre, des zones scellées remplies d'un matériau de scellement 41. Les zones scellées s'étendent entre les parois internes longitudinales 32 de l'évidement 30, et les faces latérales longitudinales 22 de l'élément longitudinal 2.

[0045] On entend, dans le cadre de la présente invention, par « matériau de scellement », un matériau permettant la formation d'une liaison rigide et conductrice entre une anode et un élément longitudinal, cette liaison étant typiquement assurée par un métal coulé entre l'élément longitudinal et l'anode tel que de la fonte, ou par une pâte conductrice.

[0046] Comme illustré aux figures 1 et 4 à 6, le matériau de scellement 41 ne recouvre pas toutes les faces latérales 21, 22 de l'élément longitudinal 2. Au contraire, le matériau de scellement 41 recouvre uniquement les faces latérales longitudinales 22, à l'exception éventuellement de portions périphériques des faces latérales longitudinales situées au niveau des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal 2.

[0047] En d'autres termes, la structure anodique comporte des zones non scellées aux extrémités longitudinales de l'élément longitudinal 2, chaque extrémité étant composée d'une face latérale transversale 21 et éventuellement d'une portion d'extrémité des faces latérales longitudinales 22.

[0048] Eventuellement la face inférieure 24 peut également être recouverte de matériau de scellement 41, à l'exception éventuellement de portions périphériques de la face inférieure 24 situées au niveau des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal 2. Le fait que la face inférieure 24 soit au moins partiellement recouverte de matériau de scellement 41 permet d'améliorer la conduction du courant entre l'élément longitudinal 2 et l'anode 3.

[0049] Les zones non scellées sont donc dépourvues de matériau de scellement 41. Ceci permet de définir un espace libre suffisant pour garantir que les forces appliquées longitudinalement par l'élément longitudinal 2 lors de sa dilatation soient inférieures à une valeur limite de fissuration de l'anode 3.

[0050] En effet, on rappelle à titre indicatif qu'un élément longitudinal en acier de longueur égale à 1 mètre peut subir une dilatation longitudinale allant jusqu'à 2 centimètres à 1000°C. On comprend alors que cette dilatation longitudinale peut induire une détérioration très importante de l'anode 3 (fissures, éclatement, etc.) lorsque l'élément longitudinal 2 est recouvert de matériau de scellement 41 sur toutes ses faces latérales 21, 22.

[0051] Les zones non scellées peuvent être laissées vides.

[0052] En variante, les zones non scellées peuvent être garnies, en tout ou partie, d'un matériau de garnissage 42 compressible, éventuellement à retour de forme, tel que de la laine de roche. Ceci permet d'éviter les risques de colmatage des zones non scellées par des amas de matériau non compressible issus par exemple de poudres de produit de couverture, qui pourraient transmettre les contraintes de dilatation de l'élément longitudinal à l'anode 3.

[0053] De préférence, le matériau de garnissage 42 est comprimé à une valeur nominale suffisamment inférieure à son taux de compression maximal pour autoriser la dilatation de l'élément longitudinal tout en limitant les efforts appliqués sur l'anode 3.

[0054] Outre le matériau de garnissage 42, les zones non scellées peuvent comprendre un matériau de coffrage 43 entre les matériaux de scellement 41 et de garnissage 42. Ce matériau de coffrage 43 est utilisé pour définir un volume de confinement correspondant à une zone de scellement (i.e. zone à sceller) dans laquelle le matériau de scellement 41 est introduit lors du procédé de fabrication de l'ensemble anodique qui sera décrit plus en détail dans la suite.

[0055] Le matériau de coffrage 43 est de préférence un matériau compressible résistant aux hautes températures sans se dégrader ou brûler, tel que des fibres vitreuses, réfractaires, céramiques ou avantageusement biosolubles telles que par exemple l'Insulfrax® Fiberfrax®.

[0056] En référence aux figures 4 à 6, on a illustré différents modes de réalisation de l'ensemble anodique en vue de dessus.

[0057] Comme illustré à la figure 4, l'interstice entre l'évidement 30 et l'élément longitudinal 2 peut comprendre uniquement des zones scellées remplies de matériau de scellement 41 et des zones non scellées dépourvues de matériau. Pour ce faire, le matériau de coffrage 43 est retiré de l'ensemble anodique après remplissage des zones de scellement, et aucun matériau de garnissage n'est introduit au niveau des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal 2.

[0058] Comme illustré à la figure 5, l'interstice entre l'évidement 30 et l'élément longitudinal 2 peut comprendre des zones scellées remplies de matériau de scellement 41 et des zones non scellées contenant uniquement du matériau de garnissage 42 (i.e. absence de matériau de coffrage). Pour ce faire, le matériau de coffrage 43 est retiré après avoir formé les zones scellées et un matériau de garnissage 42 est introduit au niveau des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal 2.

[0059] Enfin et comme illustré à la figure 6, l'ensemble anodique peut comporter un ou plusieurs évidements 30 et éléments longitudinaux 2 associés. Chaque interstice peut comprendre des zones scellées remplies de matériau de scellement 41, des zones non scellées composées de matériau de garnissage 42 et de matériau de coffrage 43.

[0060] Quel que soit le mode de réalisation, l'ensemble

anodique comprend au moins une zone non scellée située à l'une des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal 2, cette zone non scellée étant dépourvue (i.e. ne comprenant pas) de matériau de scellement.

[0061] De préférence, et comme illustré aux différentes figures, l'ensemble anodique comprend deux zones non scellées, chaque zone non scellée s'étendant à une extrémité respective de l'élément longitudinal. Ceci permet notamment une meilleure répartition des courants dans l'anode, de l'intensité des forces de dilatation, et un meilleur équilibrage des masses de l'ensemble anodique en améliorant sa symétrie par rapport à l'axe A-A'.

[0062] On va maintenant décrire un exemple de procédé de scellement d'un élément longitudinal 2 à une anode carbonée 3 pour obtenir un ensemble anodique. Plus spécifiquement, on décrira dans la suite en référence à la figure 7 une phase de formation 5 de zones scellée et non scellée du procédé de scellement.

[0063] Cette phase de formation 5 peut être appliquée pour former une unique zone non scellée et une unique zone scellée, la zone non scellée s'étendant à l'une des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal 2 et la zone scellée s'étendant sur tout le reste du volume défini entre l'évidement 30 et l'élément longitudinal.

[0064] En variante, cette phase de formation 5 peut être appliquée pour former deux zones non scellées aux extrémités longitudinales de l'élément longitudinal 2, et une (ou plusieurs) zone(s) scellée(s).

[0065] Dans la suite, on suppose la fabrication d'un ensemble anodique incluant deux zones non scellées associées chacune à une extrémité longitudinale respective de l'élément longitudinal 2. On suppose également que l'évidement 30 de l'anode 3 a été préalablement réalisé, par moulage ou par toute autre technique connue de l'homme du métier.

[0066] Dans une étape 50 du procédé, un matériau de coffrage 43 est mis en place pour définir :

- au moins une « zone de scellement » (i.e. zone à sceller) dans laquelle on souhaite introduire le matériau de scellement, et
- deux « zones de non-scellement » (i.e. zone à ne pas sceller) dans lesquelles on souhaite éviter la présence de matériau de scellement.

[0067] Le matériau de coffrage 43 peut être mis en place soit sur l'élément longitudinal 2, soit directement dans l'évidement 30.

[0068] Ce matériau de coffrage 43 peut être une natte de fibres vitreuses dont le diamètre est supérieur ou égal à la distance entre les faces latérales longitudinales 22 et les parois internes longitudinales 32 en regard. L'utilisation d'une natte permet de faciliter l'opération de mise en place du matériau de coffrage 43.

[0069] Cette natte peut par exemple être placée 501 - éventuellement par collage ou nouage - sur l'élément longitudinal 2, préalablement à son insertion dans l'évidement 30.

[0070] Une fois la natte placée, l'élément longitudinal 2 est introduit 502 dans l'évidement 30. La natte est comprimée entre les faces latérales longitudinales et les parois internes longitudinales.

[0071] Avantagusement, la natte peut présenter une élasticité radiale non nulle. Ceci permet de garantir que la natte soit en contact d'une part avec l'élément longitudinal 2 et d'autre part avec les parois internes de l'évidement 30, même lorsqu'une (ou plusieurs) rainure(s) d'accrochage sont ménagées dans les parois internes longitudinales 32 de l'évidement 30 pour améliorer l'accrochage entre le matériau de scellement et l'anode.

[0072] Avantagusement, la natte peut être disposée sur la face inférieure de l'élément longitudinal 2 (en plus des faces latérales longitudinales). Une fois l'élément longitudinal 2 introduit dans l'évidement 30, ceci permet de créer un espace entre la face inférieure 24 et le fond 34. Grâce à la formation de cet espace, il est possible de déposer du matériau de scellement 41 entre le fond 34 et la paroi inférieure 24. Ceci permet d'améliorer les performances électriques de l'ensemble anodique ainsi obtenu.

[0073] Les faces latérales longitudinales 22, les parois internes longitudinales 32 et le matériau de coffrage 43 - et éventuellement la face inférieure 24 et le fond 34 - définissent un volume de confinement correspondant à la zone de scellement. Les faces latérales transversales 21, les parois internes transversales 31 et la natte 43 définissent deux zones de non-scellement aux extrémités longitudinales de l'élément longitudinal 2.

[0074] Dans une autre étape 51, un matériau de scellement 41 à l'état liquide ou visqueux, est introduit dans la zone de scellement, éventuellement par coulage. Le matériau de scellement 41 se dépose entre les faces latérales longitudinales 22 et les parois internes longitudinales 32.

[0075] Une fois le matériau de scellement 41 solidifié, la natte peut être retirée (étape 52) pour former des zones non scellées dépourvues de matériau de coffrage 43.

[0076] En variante, la natte peut être laissée en place dans les zones non scellées.

[0077] Les zones de non-scellement peuvent ensuite être remplies (étape 53) avec un matériau de garnissage 42.

[0078] On obtient ainsi un ensemble anodique comprenant au moins une zone non scellée localisée à l'une des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal. Ceci permet de limiter les risques de fissures et/ou d'éclatement de l'anode 3 lors de son introduction dans un bain cryolithaire.

[0079] Comme illustré à la figure 8, le procédé décrit ci-dessus peut être utilisé pour réaliser un ensemble anodique de grande largeur. Un tel ensemble anodique est alors composé d'un support longitudinal 6 s'étendant horizontalement incluant un contacteur électrique 61 à au moins une de ses extrémités pour l'alimentation électrique de sous-ensembles anodiques suspendus au support 6, chaque sous-ensemble anodique étant fixé au

support 6 par l'intermédiaire de sa tige d'anode 1 associée, les éléments longitudinaux 2 s'étendant transversalement par rapport au support 6 de sorte qu'un axe longitudinal I-I' du support est perpendiculaire aux faces latérales longitudinales 22 des éléments longitudinaux 2. Le support s'étend avantageusement d'un côté à l'autre de la cuve d'électrolyse et est supporté et connecté électriquement au niveau de ses extrémités.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un ensemble anodique destiné aux cuves pour la production d'aluminium par électrolyse, l'ensemble anodique étant du type comportant une tige d'anode (1), un élément longitudinal (2) solidaire de l'une (11) des extrémités de la tige d'anode (1) et une anode carbonée (3) incluant un évidement (30) dans lequel est logé l'élément longitudinal (2) pour scellement de l'élément longitudinal (2) à l'anode carbonée (3), **caractérisé en ce que** le procédé comprend une phase de formation (5) d'au moins une zone scellée remplie de matériau de scellement (41) et d'au moins une zone non scellée dépourvue de matériau de scellement, ladite au moins une zone non scellée s'étendant à l'une des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal (2).

2. Procédé de fabrication selon la revendication 1, dans lequel la phase de formation (5) comprend :

- la formation d'une zone scellée remplie de matériau de scellement (41), ladite zone scellée s'étendant entre des faces latérales longitudinales (22) de l'élément longitudinal (2) et des parois internes longitudinales (32) de l'évidement (30), et
- la formation de deux zones non scellées aux deux extrémités longitudinales de l'élément longitudinal (2), chaque zone non scellée s'étendant entre une face latérale transversale (21) de l'élément longitudinal (2) et une paroi interne transversale de l'évidement (30).

3. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 ou 2, dans lequel la phase de formation (5) comprend une étape de mise en place (50) d'un matériau de coffrage (43) dans un interstice entre l'élément longitudinal (2) et des parois internes de l'évidement (30) de sorte à définir au moins une zone de scellement et au moins une zone de non-scellement.

4. Procédé selon la revendication 3, dans lequel l'étape de mise en place (50) comprend :

- une sous-étape de placement (501) du matériau de coffrage (43) à au moins l'une des ex-

trémités de l'élément longitudinal (2) de sorte que le matériau de coffrage (43) s'étend sur les faces latérales longitudinales (22) de l'élément longitudinal (2), et

- une sous-étape d'insertion (502) de l'élément longitudinal (2) avec le matériau de coffrage (43) dans l'évidement (30) de sorte que le matériau de coffrage (43) définit, avec les parois internes (31, 32, 34) de l'évidement (30) et les faces (21, 22, 24) de l'élément longitudinal (2), les zones de scellement et de non-scellement.

5. Procédé de fabrication selon la revendication 4, dans lequel la sous-étape de fixation (501) du matériau de coffrage (43) comprend le collage ou le nouage d'au moins une natte autour des faces latérales longitudinales (22) et d'une face inférieure (24) de l'élément longitudinal (2).

6. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 3 à 5, dans lequel la phase de formation (5) comprend en outre une étape de remplissage (51) de la zone de scellement par coulage du matériau de scellement (41) à l'état liquide ou visqueux.

7. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 3 à 6, dans lequel la phase de formation (5) comprend en outre une étape de retrait (52) du matériau de coffrage (43) après l'étape de remplissage (51).

8. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 3 à 7, dans lequel la phase de formation (5) comprend en outre une étape de garnissage (53) de la zone non scellée avec du matériau de garnissage (42).

9. Ensemble anodique destiné aux cuves pour la production d'aluminium par électrolyse, l'ensemble anodique comportant une tige d'anode (1), un élément longitudinal (2) solidaire de l'une (11) des extrémités de la tige d'anode (1) et une anode carbonée (3) incluant un évidement (30) dans lequel est logé l'élément longitudinal (2) pour scellement de l'élément longitudinal (2) à l'anode carbonée (3), **caractérisé en ce que** l'ensemble anodique comprend en outre un interstice entre l'évidement (30) et l'élément longitudinal (2), l'interstice incluant au moins une zone scellée contenant un matériau de scellement (41) et au moins une zone non scellée dépourvue de matériau de scellement, ladite et au moins une zone non scellée s'étendant à l'une des extrémités longitudinales de l'élément longitudinal (2).

10. Ensemble anodique selon la revendication 9, lequel comprend au moins deux zones non scellées aux deux extrémités longitudinales de l'élément longitudinal (2), et au moins une zone scellée s'étendant

entre des faces latérales longitudinales (22) de l'élément longitudinal (2) et des parois internes longitudinales (32) de l'évidement (30).

11. Ensemble anodique selon la revendication 10, dans lequel la zone scellée s'étend en outre entre une face inférieure (24) de l'élément longitudinal (2) et un fond (34) de l'évidement (30). 5
12. Ensemble anodique selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, dans lequel la zone non scellée comporte du matériau de garnissage (42), ledit matériau de garnissage étant comprimé à une valeur nominale suffisamment inférieure à son taux de compression maximal pour autoriser la dilatation de l'élément longitudinal. 10
13. Ensemble anodique selon la revendication 12, dans lequel le matériau de garnissage est de la laine de roche. 15
14. Ensemble anodique selon l'une quelconque des revendications 9 à 13, comprenant un support (6) auquel est fixée une pluralité de tiges d'anode (1), d'éléments longitudinaux (2) et d'anodes carbonées (3). 20
15. Ensemble anodique selon la revendication 14, dans lequel le support (6) s'étend horizontalement de façon perpendiculaire par rapport aux éléments longitudinaux (2). 25

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Anodenanordnung für Zellen zur Gewinnung von Aluminium durch Elektrolyse, wobei die Anodenanordnung von der Art ist, die einen Anodenstab (1), ein mit einem (11) der Enden des Anodenstabs (1) fest verbundenes Längselement (2) und eine Kohlenstoffanode (3) mit einer Aussparung (30) umfasst, in welcher das Längselement (2) zur dichten Befestigung des Längselements (2) an der Kohlenstoffanode (3) untergebracht ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Verfahren eine Phase der Ausbildung (5) mindestens eines mit Dichtungsmaterial (41) gefüllten abgedichteten Bereichs und mindestens eines nicht abgedichteten Bereichs ohne Dichtungsmaterial umfasst, wobei sich der mindestens eine nicht abgedichtete Bereich an einem der Längsenden des Längselements (2) erstreckt. 35
2. Herstellungsverfahren nach Anspruch 1, wobei die Ausbildungsphase (5) umfasst: 40
 - die Ausbildung eines mit Dichtungsmaterial (41) gefüllten abgedichteten Bereichs, wobei

sich der abgedichtete Bereich zwischen Längsseitenflächen (22) des Längselements (2) und Längsinnenwänden (32) der Aussparung (30) erstreckt, und

- die Ausbildung zweier nicht abgedichteter Bereiche an den beiden Längsenden des Längselements (2), wobei sich jeder nicht abgedichtete Bereich zwischen einer Querseitenfläche (21) des Längselements (2) und einer Querinnenwand der Aussparung (30) erstreckt.
3. Verfahren nach irgendeinem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Ausbildungsphase (5) einen Schritt der Platzierung (50) eines Schalungsmaterials (43) in einen Spalt zwischen dem Längselement (2) und den Innenwänden der Aussparung (30) umfasst, um mindestens einen Dichtungsbereich und mindestens einen nicht abgedichteten Bereich zu definieren.
 4. Verfahren nach Anspruch 3, wobei der Platzierungsschritt (50) umfasst:
 - einen Teilschritt der Platzierung (501) des Schalungsmaterials (43) an mindestens einem Ende des Längselements (2), so dass sich das Schalungsmaterial (43) über die Längsseitenflächen (22) des Längselements (2) erstreckt, und
 - einen Teilschritt des Einsetzens (502) des Längselements (2) mit dem Schalungsmaterial (43) in die Aussparung (30), so dass das Schalungsmaterial (43) mit den Innenwänden (31, 32, 34) der Aussparung (30) und den Flächen (21, 22, 24) des Längselements (2) den Dichtungsbereich und den nicht abgedichteten Bereich definiert.
 5. Herstellungsverfahren nach Anspruch 4, wobei der Teilschritt der Befestigung (501) des Schalungsmaterials (43) das Verkleben oder Verknoten mindestens einer Matte um die Längsseitenflächen (22) und eine Unterseite (24) des Längselements (2) herum umfasst.
 6. Herstellungsverfahren nach irgendeinem der Ansprüche 3 bis 5, wobei die Ausbildungsphase (5) ferner einen Schritt des Füllens (51) des Dichtungsbereichs durch Vergießen des Dichtungsmaterials (41) im flüssigen oder viskosen Zustand umfasst.
 7. Herstellungsverfahren nach irgendeinem der Ansprüche 3 bis 6, wobei die Ausbildungsphase (5) ferner einen Schritt des Entfernens (52) des Schalungsmaterials (43) nach dem Füllschritt (51) umfasst.
 8. Herstellungsverfahren nach irgendeinem der Ansprüche 3 bis 7, wobei die Ausbildungsphase (5) ferner einen Schritt des Auskleidens (53) des nicht ver-

schlossenen abgedichteten Bereichs mit Auskleidungsmaterial (42) umfasst.

9. Anodenanordnung für Zellen zur Gewinnung von Aluminium durch Elektrolyse, wobei die Anodenanordnung einen Anodenstab (1), ein mit einem (11) der Enden des Anodenstabs (1) fest verbundenes Längselement (2) und eine Kohlenstoffanode (3) mit einer Aussparung (30) umfasst, in welcher das Längselement (2) zur dichten Befestigung des Längselements (2) an der Kohlenstoffanode (3) untergebracht ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anodenanordnung ferner einen Spalt zwischen der Aussparung (30) und dem Längselement (2) aufweist, welcher Spalt mindestens einen Dichtungsmaterial (41) enthaltenden Dichtungsbereich und mindestens einen nicht abgedichteten Bereich ohne Dichtungsmaterial einschließt, wobei sich der mindestens eine nicht abgedichtete Bereich an einem der Längsenden des Längselements (2) erstreckt.
10. Anodenanordnung nach Anspruch 9, welche mindestens zwei nicht abgedichtete Bereiche an den beiden Längsenden des Längselements (2) und mindestens einen abgedichteten Bereich umfasst, der sich zwischen Längsseitenflächen (22) des Längselements (2) und Längsinnenwänden (32) der Aussparung (30) erstreckt.
11. Anodenanordnung nach Anspruch 10, wobei sich der abgedichtete Bereich ferner zwischen einer Unterseite (24) des Längselements (2) und einem Boden (34) der Aussparung (30) erstreckt.
12. Anodenanordnung nach irgendeinem der Ansprüche 9 bis 11, wobei der nicht abgedichtete Bereich Auskleidungsmaterial (42) aufweist, welches Auskleidungsmaterial auf einen Nennwert komprimiert ist, der ausreichend genug unter seinem maximalen Kompressionsgrad liegt, um die Ausdehnung des Längselements zu gestatten.
13. Anodenanordnung nach Anspruch 12, wobei das Auskleidungsmaterial Steinwolle ist.
14. Anodenanordnung nach irgendeinem der Ansprüche 9 bis 13, umfassend einen Träger (6), an dem eine Vielzahl von Anodenstäben (1), Längselementen (2) und Kohlenstoffanoden (3) befestigt ist.
15. Anodenanordnung nach Anspruch 14, wobei sich der Träger (6) horizontal quer zu den Längselementen (2) erstreckt.

Claims

1. A method of manufacturing an anode assembly in-

tended for cells for the production of aluminum by electrolysis, the anode assembly being of the type having an anode rod (1), a longitudinal member (2) interdependent with one (11) end of the anode rod (1) and a carbon anode (3) including a cavity (30) in which is housed the longitudinal member (2) for sealing the longitudinal member (2) to the carbon anode (3), **characterized in that** the method comprises a formation (5) phase of at least one sealed area filled with sealing material (41) and at least one unsealed area devoid of sealing material, said at least one unsealed area extending to one of the longitudinal ends of the longitudinal member (2).

2. Manufacturing method according to claim 1, wherein the formation phase (5) comprises:
 - formation of a sealed area filled with sealing material (41), said sealed area extending between the longitudinal side faces (22) of the longitudinal member (2) and the longitudinal internal walls (32) of the cavity (30), and
 - formation of two unsealed areas at both longitudinal ends of the longitudinal member (2), each unsealed area extending between a transverse side face (21) of the longitudinal member (2) and a transverse internal wall of the cavity (30).
3. Method according to any of claims 1 or 2, wherein the formation phase (5) includes a step involving fitting (50) a shuttering material (43) into a gap between the longitudinal member (2) and the internal walls of the cavity (30) so as to define at least one sealing area and at least one non-sealing area.
4. Method according to claim 3, wherein the fitting step (50) comprises:
 - a sub-step involving placement (501) of the shuttering material (43) at at least one end of the longitudinal member (2) so that the shuttering material (43) extends on the longitudinal side faces (22) of the longitudinal member (2), and
 - a sub-step involving inserting (502) the longitudinal member (2) with the shuttering material (43) into cavity (30) so that the shuttering material (43) defines, with the internal walls (31, 32, 34) of the cavity (30) and the faces (21, 22, 24) of the longitudinal member (2) sealing and non-sealing areas.
5. Manufacturing method according to claim 4, wherein the sub-step involving fixing (501) of the shuttering material (43) comprises gluing or tying of at least one mat around the longitudinal side faces (22) and a lower side (24) of the longitudinal member (2).

6. Manufacturing method according to any one of claims 3 to 5, wherein the formation phase (5) further comprises a step involving filling (51) of the sealing area by casting of the sealing material (41) in liquid or viscous state. 5
7. Manufacturing method according to any one of claims 3 to 6, wherein the formation step (5) further comprises a step involving removing (52) the shuttering material (43) after the filling step (51). 10
8. Manufacturing method according to any one of claims 3 to 7, wherein the formation phase (5) further comprises a step involving packing (53) the unsealed area with packing material (42). 15
9. Anode assembly intended for cells for the production of aluminum by electrolysis, the anode assembly having an anode rod (1), a longitudinal member (2) interdependent with one (11) of the ends of the anode rod (1) and a carbon anode (3) including a cavity (30) in which is housed the longitudinal member (2) for sealing the longitudinal member (2) to the carbon anode (3), **characterized in that** the anode assembly further comprises a gap between the cavity (30) and the longitudinal member (2), the gap including at least one sealed area containing a sealing material (41) and at least one unsealed area devoid of sealing material, said and at least one unsealed area extending to one of the longitudinal ends of the longitudinal member (2). 20 25 30
10. Anode assembly according to claim 9, which comprises at least two unsealed areas at both longitudinal ends of the longitudinal member (2), and at least one sealed area between the longitudinal side faces (22) of the longitudinal member (2) and the longitudinal internal walls (32) of the cavity (30). 35
11. Anode assembly according to claim 10, wherein the sealed area further extends between a lower face (24) of the longitudinal member (2) and a base (34) of the cavity (30). 40
12. Anode assembly according to any one of claims 9 to 11, wherein the unsealed area comprises packing material (42), said packing material being compressed to a nominal value sufficiently lower than its maximum compression ratio to allow expansion of the longitudinal member. 45 50
13. Anode assembly according to claim 12, wherein the packing material is rock wool.
14. Anode assembly according to any of claims 9 to 13, comprising a support (6) to which is attached a plurality of anode rods (1), longitudinal members (2) and carbon anodes (3). 55
15. Anode assembly according to claim 14, wherein the support (6) extends horizontally perpendicular to the longitudinal members (2).

FIG. 1

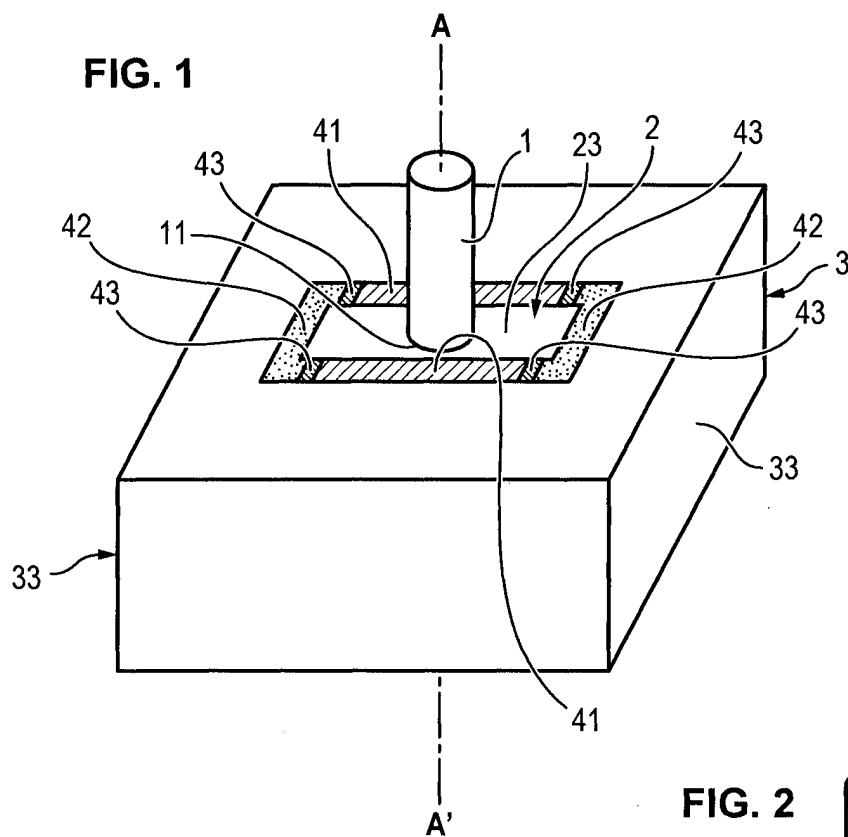


FIG. 2

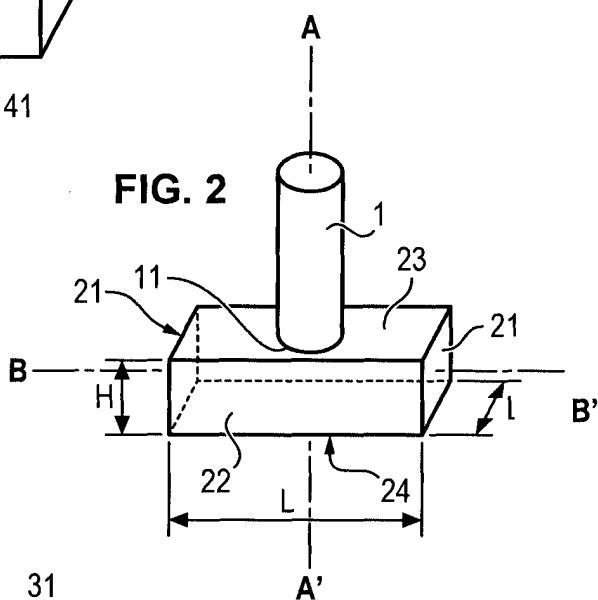


FIG. 3

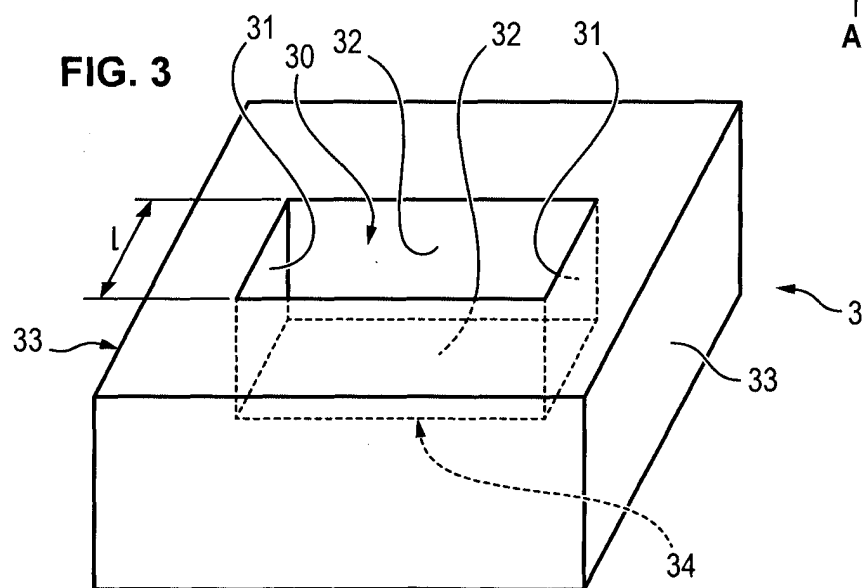


FIG. 4

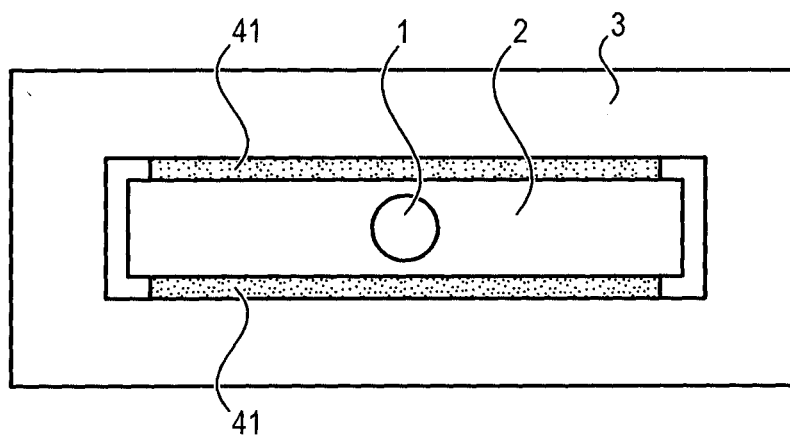


FIG. 5

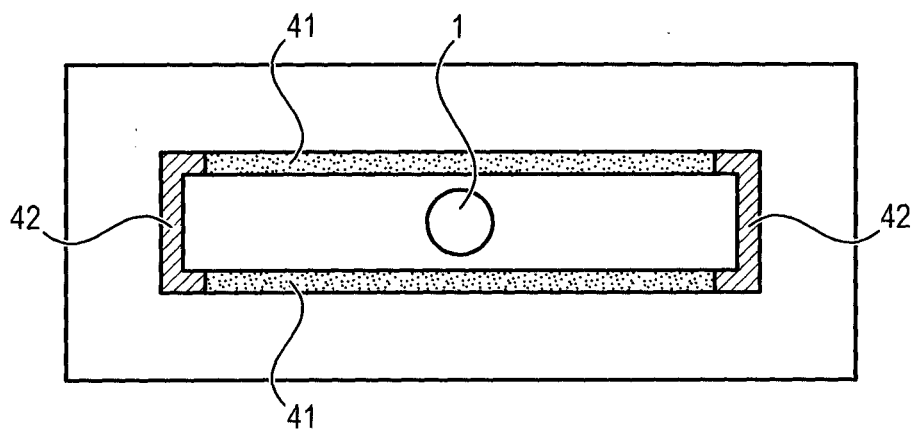


FIG. 6

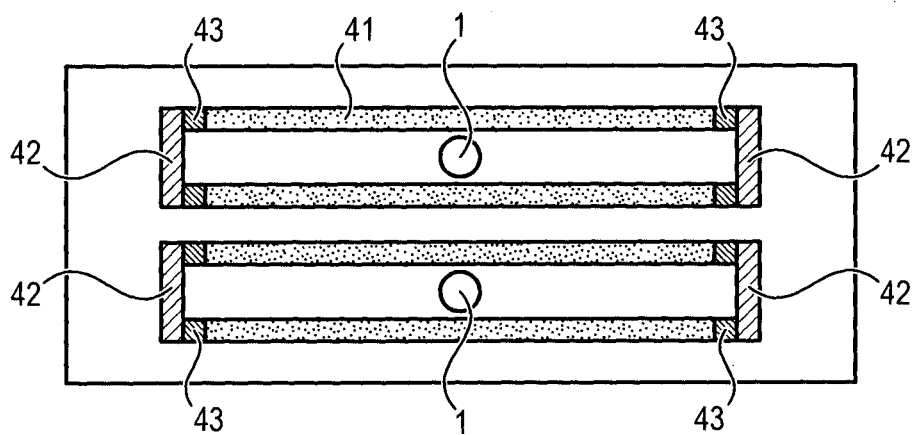


FIG. 7

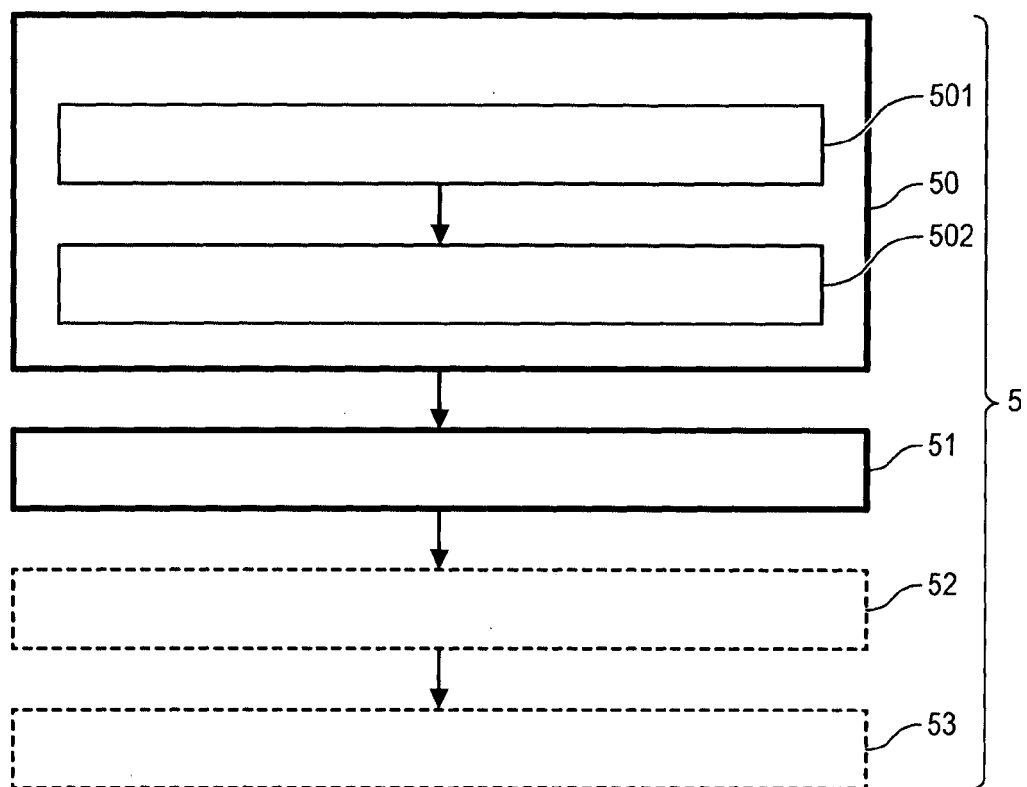
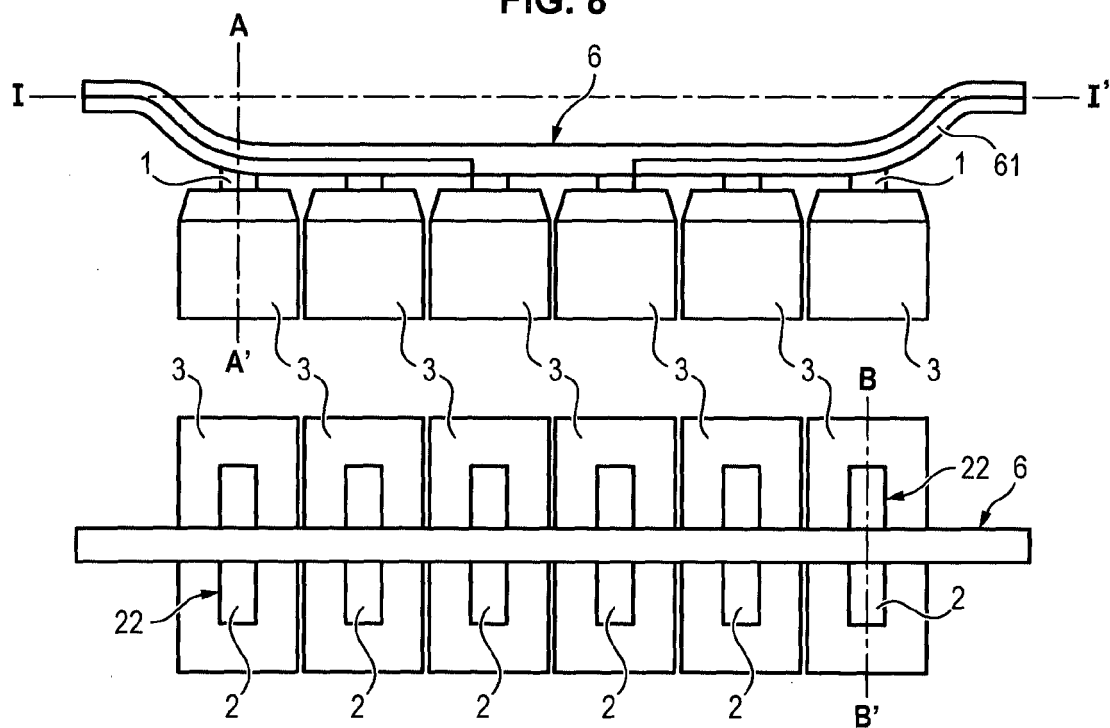


FIG. 8



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- WO 2012100340 A [0011] [0012] [0015] [0016]
- FR 1326481 [0012] [0015] [0016]