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

(11) Numéro de publication: **0 508 537 B1**

(12) # FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication de fascicule du brevet: **05.07.95** (51) Int. Cl.[6]: **C25B 9/04**, C25C 7/02

(21) Numéro de dépôt: **92200972.5**

(22) Date de dépôt: **04.04.92**

(54) **Conducteur électrique, procédé de fabrication d'un conducteur électronique et électrode pour cellule d'électrolyse.**

(30) Priorité: **10.04.91 BE 9100361**

(43) Date de publication de la demande:
14.10.92 Bulletin 92/42

(45) Mention de la délivrance du brevet:
05.07.95 Bulletin 95/27

(84) Etats contractants désignés:
AT BE CH DE DK ES FR GB IT LI NL PT SE

(56) Documents cités:
EP-A- 0 089 475
EP-A- 0 125 083
DE-A- 2 550 178
GB-A- 2 041 002

(73) Titulaire: **SOLVAY (Société Anonyme)**
Rue du Prince Albert, 33
B-1050 Bruxelles (BE)

(72) Inventeur: **Cabaraux, Emile**
Rue Reigersvliet 37
B-1040 Bruxelles (BE)
Inventeur: **Nicolas, Edgard**
Via Buozzi, 1
I-57013 Rosignano LI (IT)

(74) Mandataire: **Anthoine, Paul et al**
SOLVAY
Département de la Propriété Industrielle
310, rue de Ransbeek
B-1120 Bruxelles (BE)

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

EP 0 508 537 B1

Description

La présente invention concerne un conducteur électrique comprenant un barreau métallique chemisé d'un fourreau en un métal différent de celui du barreau.

Des conducteurs électriques de ce type sont communément utilisés dans la construction d'électrodes destinées aux cellules d'électrolyse de solutions aqueuses, notamment des solutions de chlorure de sodium. Dans cette application, ils comprennent habituellement un barreau en cuivre chemisé d'un fourreau en un métal inerte vis-à-vis de l'environnement chimique dans la cellule d'électrolyse et ils sont engagés horizontalement ou verticalement entre une paire de plaques métalliques verticales formant l'électrode proprement dite. Par exemple, dans le cas de cathodes destinées à la production électrolytique d'hydrogène et de solutions aqueuses d'hydroxyde de sodium, le métal du fourreau est généralement choisi parmi le fer, le nickel et leurs alliages. Le barreau en cuivre est utilisé pour sa haute conductibilité électrique et a dès lors pour fonction principale de véhiculer des densités de courant élevées, tandis que le fourreau sert à isoler le barreau en cuivre de l'action corrosive des électrolytes circulant dans la cellule d'électrolyse. Le fourreau exerce en outre la fonction supplémentaire d'assurer une circulation du courant électrique entre le barreau et les plaques de l'électrode. Il est dès lors souhaitable de réduire au minimum la résistance électrique de contact entre le barreau et le fourreau. Pour atteindre cet objectif, on a songé à utiliser des conducteurs électriques obtenus par une opération métallurgique de cofilage du barreau et du fourreau. Les conducteurs électriques obtenus par cette technique sont toutefois coûteux.

Dans le brevet US-A-4647358, on propose un procédé plus économique pour fabriquer un conducteur électrique destiné au raffinage électrolytique du cuivre. Selon ce procédé, on fabrique séparément le barreau en cuivre et le fourreau, ce dernier étant fendu sur toute sa longueur, on engage le barreau dans le fourreau et on soude les bords de la fente du fourreau l'un à l'autre. Les conducteurs électriques obtenus par ce procédé connus présentent toutefois un piètre conductibilité électrique à la surface de contact entre le barreau et le fourreau.

L'invention vise à remédier aux inconvénients précités, en fournissant un conducteur électrique formé d'un barreau chemisé d'un fourreau, qui présente une bonne conductibilité électrique dans la zone de contact entre le barreau et le fourreau et dont la fabrication est aisée et économique.

En conséquence, l'invention concerne un conducteur électrique comprenant un barreau métallique chemisé d'un fourreau en un métal différent de celui du barreau; selon l'invention, le barreau présente au moins une rainure longitudinale contenant un cordon en même métal que le fourreau, soudé au barreau, et le fourreau présente une ouverture en regard du cordon, ladite ouverture contenant une masse métallique soudée au cordon et au fourreau.

Dans le conducteur électrique selon l'invention, le barreau métallique a pour fonction principale de conduire le courant électrique. Le fourreau remplit deux fonctions : d'une part, il sert à isoler le barreau de l'environnement chimique dans lequel le conducteur électrique est utilisé; d'autre part, il sert à transférer le courant électrique dans le sens transversal au barreau entre celui-ci et un élément métallique (par exemple une électrode) relié au fourreau.

Le profil du barreau n'est pas critique. Il peut par exemple consister en un cylindre de section circulaire ou ovale, ou en un parallélépipède allongé, dont la section transversale est un carré, un rectangle, un trapèze ou un autre polygone régulier ou non. Pour une raison de facilité de construction, on utilise de préférence un barreau rectiligne de section transversale carrée ou rectangulaire. Selon l'invention, le barreau présente une rainure longitudinale. Celle-ci peut s'étendre sur la totalité de la longueur du barreau ou sur un fraction de celle-ci seulement. La rainure sert de réceptacle à un cordon métallique constitué du même métal ou alliage que le fourreau, ce cordon métallique étant soudé au barreau.

Le fourreau doit avoir un profil qui s'adapte au profil du barreau, de manière qu'il puisse l'envelopper sur approximativement la totalité de sa longueur. Le profil du fourreau et sa disposition autour du barreau doivent par ailleurs être tels que le fourreau présente une ouverture en regard du cordon métallique se trouvant dans la rainure du barreau. L'ouverture du fourreau peut être une fente qui s'étend sur la totalité de sa longueur ou sur un partie seulement de celle-ci. Elle sert de réceptacle à une masse métallique constituée du même métal ou alliage que le fourreau, cette masse métallique étant soudée au cordon et au fourreau.

Le métal du fourreau dépend de la destination du conducteur électrique. Il doit être choisi parmi ceux susceptibles d'être soudés au métal du barreau.

Dans une forme de réalisation particulière du conducteur électrique selon l'invention, le barreau métallique est en cuivre et le fourreau est en un métal choisi parmi le fer, le nickel, les alliages du fer et les alliages du nickel. Les alliages du fer comprennent les aciers ordinaires au carbone et les aciers alliés tels que, par exemple, les aciers inoxydables alliés au chrome, au nickel et au mo-

lybdène et les aciers au silicium qui présentent des propriétés électriques particulières. Des exemples d'alliages de nickel sont le monel (alliage de nickel, de cuivre, de fer, de manganèse, de silicium) et l'inconel (alliage de nickel, de manganèse, de fer, de silicium, de chrome, d'aluminium et de titane). Les conducteurs électriques conformes à cette forme de réalisation de l'invention trouve une application particulière dans la construction de cathodes destinées aux cellules d'électrolyse de solutions aqueuses de chlorure de métal alcalin.

Dans une autre forme de réalisation du conducteur électrique selon l'invention, le fourreau est une tôle métallique repliée autour du barreau de manière à envelopper celui-ci, et l'ouverture précitée est une fente délimitée entre les deux bords juxtaposés de la tôle.

Dans une forme de réalisation supplémentaire du conducteur électrique selon l'invention, le barreau présente deux rainures longitudinales contenant chacune un cordon en même métal que le fourreau, et le fourreau est formé de deux coques longitudinales distinctes en forme de gouttière, qui coiffent longitudinalement le barreau en ménageant entre leurs bords longitudinaux qui se font face, un écart constituant l'ouverture précitée en regard de chaque cordon. Dans cette forme de réalisation de l'invention, le fourreau présente dès lors deux ouvertures longitudinales en forme de fentes, qui sont situées en face des cordons et qui contiennent deux masses métalliques telles que définies plus haut, soudées respectivement aux deux cordons et aux deux coques.

Dans le conducteur électrique selon l'invention, le barreau est couplé au fourreau par un assemblage soudé, constitué du ou de chaque cordon précité et de la ou de chaque masse métallique précitée. Cet assemblage soudé assure un connexion électrique optimum entre le barreau et le fourreau et réduit en conséquence la résistance au passage du courant électrique entre le barreau et le fourreau.

L'invention concerne aussi un procédé de fabrication d'un conducteur électrique, par assemblage d'un barreau métallique et d'un fourreau en un métal différent de celui du barreau; selon l'invention, on ménage au moins une rainure longitudinale dans le barreau, on soude un cordon en même métal que le fourreau dans la rainure du barreau, on engage le barreau dans le fourreau en ménageant dans celui-ci une ouverture en regard du cordon et on soude le fourreau au cordon dans l'ouverture susdite.

Dans le procédé selon l'invention, le barreau peut par exemple être obtenu par une opération sidérurgique de laminage. La rainure peut être formée dans le barreau pendant le laminage, ou bien elle peut être formée ultérieurement par une opération d'usinage.

Le fourreau peut être obtenu par une opération de laminage du type de celles utilisées pour la fabrication des tubes métalliques, l'ouverture précitée dans le fourreau étant alors obtenue par usinage. On préfère toutefois, selon l'invention, mettre en oeuvre un fourreau obtenu par pliage ou cintrage d'une tôle métallique. A cet effet, dans une forme de réalisation particulière du procédé selon l'invention, on met en oeuvre un fourreau obtenu par cintrage ou pliage d'une tôle métallique, et on maintient entre les bords longitudinaux de la tôle cintrée, un écart formant l'ouverture précitée, destinée à contenir la masse métallique.

Dans une autre forme de réalisation du procédé selon l'invention, on ménage deux rainures longitudinales dans le barreau et on met en oeuvre un fourreau obtenu en accolant deux coques métalliques longitudinales de manière à maintenir un écartement entre leurs bords disposés en vis-à-vis, ledit écartement formant l'ouverture susdite. Dans cette forme de réalisation du procédé selon l'invention, les deux coques ont la forme d'une gouttière et sont par exemple obtenues par emboutissage d'une tôle métallique.

Le conducteur électrique selon l'invention est spécialement conçu pour le transport du courant électrique longitudinalement dans le barreau et transversalement à travers le fourreau. Il convient aussi bien pour le courant continu que pour le courant alternatif. Il trouve une application intéressante dans la construction d'électrodes destinées à des procédés d'électrolyse, telles que des cathodes en fer, en acier ou en nickel communément utilisées dans les procédés d'électrolyse de l'eau ou des solutions aqueuses de chlorures de métaux alcalins.

L'invention concerne dès lors aussi une électrode pour cellule d'électrolyse, comprenant au moins une plaque en un métal sélectionné parmi le fer, le nickel, les alliages du fer et les alliages du nickel, ladite plaque étant fixée à un conducteur électrique conforme à l'invention, dans lequel le barreau est en cuivre et le fourreau est en un même métal que la plaque. Cette électrode trouve une application comme cathode pour la production d'hydrogène et de solutions aqueuses d'hydroxyde de sodium dans une cellule d'électrolyse de solutions aqueuses de chlorure de sodium.

Dans l'électrode selon l'invention, la plaque peut être pleine ou ajourée. Elle peut être par exemple une tôle en métal déployé.

Des particularités et détails de l'invention vont ressortir de la description suivante des dessins annexés, qui représentent quelques formes de réalisation du conducteur électrique et de l'électrode selon l'invention.

La figure 1 montre, en section transversale, une forme de réalisation particulière du conducteur électrique selon l'invention.

La figure 2 montre une forme de réalisation particulière de l'électrode selon l'invention, en coupe selon le plan horizontal II-II de la figure 3.

La figure 3 est une section transversale verticale selon le plan III-III de la figure 2.

Dans ces figures, des mêmes notations de référence désignent des éléments identiques.

Le conducteur électrique représenté à la figure 1 comprend un barreau en cuivre 1, dans un fourreau en nickel 2. Le barreau en cuivre est un barreau rectiligne, de section rectangulaire qui a été obtenu par laminage. Il présente, sur deux faces opposées, deux rainures 3, 3'. Les rainures 3 et 3' sont remplies de cordons en nickel 4 et 4'. Les cordons en nickel ont été formés dans les rainures par dépôt à l'état fondu, au moyen d'une technique conventionnelle de soudure à l'arc en utilisant une baguette de soudure en nickel ou en alliage de nickel, de sorte qu'ils soient soudés au barreau 1.

Le fourreau 2 est constitué de deux coques 5 et 6, ayant la forme de gouttières venant épouser exactement le pourtour du barreau 1. Les coques 5 et 6 ont été obtenues par emboutissage de deux tôles en nickel. Leurs dimensions sont choisies de manière qu'une fente soit délimitée entre leurs bords longitudinaux 7 et 8 en regard du cordon 4 et qu'une seconde fente soit délimitée entre leurs autres bords longitudinaux 7' et 8' en regard du cordon 4'. Ces deux fentes sont remplies respectivement de deux masses en nickel 9 et 9'. Celles-ci sont obtenues par dépôt à l'état fondu, au moyen d'une technique conventionnelle de soudure à l'arc en utilisant une baguette de soudure en nickel ou en alliage de nickel, de sorte qu'elles soient soudées aux cordons 4, 4' et aux coques 5 et 6.

Dans le conducteur représenté à la figure 1, les cordons 4 et 4' et les masses métalliques 9 et 9' réalisent à la fois une fixation mécanique du fourreau 2 au barreau 1 et une jonction électrique de faible résistance entre le barreau 1 et le fourreau 2.

L'électrode représentée aux figures 2 et 3 comprend une paire de plaques verticales ajourée 10, 10' en nickel, disposées parallèlement et en regard l'une de l'autre, de part et d'autre d'un conducteur métallique horizontal désigné dans son ensemble par la notation de référence 11. Deux feuilles ondulées 12, 12' en nickel servent à relier les plaques 10 et 10' au conducteur 11.

Le conducteur 11 est conforme à celui représenté à la figure 1 et décrit plus haut.

La fixation des plaques 10 et 10' aux feuilles 12 et 12' est assurée par des points de soudure.

La fixation des feuilles 12 et 12' au conducteur 11 est également obtenue par une opération de soudage. Celle-ci est réalisée le long des masses métalliques 9 et 9' du conducteur électrique, de manière à minimiser la résistance électrique de la jonction entre les plaques 10, 10' et le barreau 1 du conducteur électrique 11.

Revendications

1. Conducteur électrique comprenant un barreau métallique (1) chemisé d'un fourreau (2) en un métal différent de celui du barreau, caractérisé en ce que le barreau (1) présente au moins une rainure longitudinale (3, 3') contenant un cordon (4, 4') en même métal que le fourreau, soudé au barreau, et en ce que le fourreau (2) présente une ouverture en regard du cordon (4, 4'), ladite ouverture contenant une masse métallique (9, 9') soudée au cordon (4, 4') et au fourreau (2).

2. Conducteur selon la revendication 1, caractérisé en ce que le barreau (1) présente deux rainures longitudinales (3, 3') contenant chacune un cordon (4, 4') en même métal que le fourreau, et en ce que le fourreau (2) est formé de deux coques longitudinales distinctes (5, 6), qui coiffent longitudinalement le barreau en ménageant entre leurs bords longitudinaux (7 et 8; 7' et 8') qui se font face, un écart constituant l'ouverture précitée en regard de chaque cordon (4, 4').

3. Conducteur selon la revendication 1 ou 2, caractérisé en ce que la ou chaque rainure longitudinale (3, 3') s'étend sur toute la longueur du barreau (1).

4. Conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que le barreau (1) est en cuivre et le fourreau (2) est en un métal sélectionné parmi le fer, le nickel, les alliages du fer et les alliages du nickel.

5. Procédé de fabrication d'un conducteur électrique, par assemblage d'un barreau métallique (1) et d'un fourreau (2) en un métal différent de celui du barreau, caractérisé en ce qu'on ménage au moins une rainure longitudinale (3, 3') dans le barreau (1), on soude un cordon (4, 4') en même métal que le fourreau dans la rainure du barreau, on engage le barreau (1) dans le fourreau (2) en ménageant dans celui-ci une ouverture en regard du cordon (4, 4') et on soude le fourreau (2) au cordon (4, 4') dans l'ouverture susdite.

6. Procédé selon la revendication 5, caractérisé en ce qu'on ménage deux rainures longitudinales (3, 3') dans le barreau (1) et on met en oeuvre un fourreau (2) obtenu en accolant deux coques métalliques longitudinales (5, 6) de manière à maintenir un écartement entre leurs bords (7 et 8; 7' et 8') disposés en vis-à-vis, ledit écartement formant l'ouverture susdite.

7. Procédé selon la revendication 5 ou 6, caractérisé en ce que le soudage du fourreau (2) au cordon (4, 4') est opéré par un apport de métal (9, 9') dans l'ouverture précitée.

8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce qu'on met en oeuvre un barreau (1) en cuivre et un fourreau (2) en un métal sélectionné parmi le fer, le nickel, les alliages du fer et les alliages du nickel et en ce que le soudage du fourreau au cordon est opéré avec apport (9, 9') de métal identique au métal du fourreau.

9. Electrode pour cellule d'électrolyse, comprenant au moins une plaque (10, 10') en un métal sélectionné parmi le fer, le nickel ou les alliages de ces métaux, fixée à un conducteur électrique (11), caractérisée en ce que le conducteur électrique (11) est conforme à la revendication 4.

10. Electrode selon la revendication 9, caractérisée en ce qu'elle est une cathode pour l'électrolyse de solutions aqueuses de chlorure de métal alcalin.

Claims

1. Electrical conductor comprising a metallic bar (1) jacketed with a sheath (2) made from a metal different from that of the bar, characterised in that the bar (1) exhibits at least one longitudinal groove (3, 3') containing a bead (4, 4') made from the same metal as the sheath, welded to the bar, and in that the sheath (2) exhibits an opening opposite the bead (4, 4'), the said opening containing a metallic mass (9, 9') welded to the bead (4, 4') and to the sheath (2).

2. Conductor according to Claim 1, characterised in that the bar (1) exhibits two longitudinal grooves (3, 3') each containing a bead (4, 4') made from the same metal as the sheath, and in that the sheath (2) is formed from two separate longitudinal shells (5, 6) which longitudinally cover the bar while providing, between their longitudinal edges (7 and 8; 7' and 8') which face each other, a gap constituting the abovementioned opening opposite each bead (4, 4').

3. Conductor according to Claim 1 or 2, characterised in that the or each longitudinal groove (3, 3') extends over the entire length of the bar (1).

4. Conductor according to any one of Claims 1 to 3, characterised in that the bar (1) is made from copper and the sheath (2) is made from a metal selected from iron, copper, nickel, alloys of iron and alloys of nickel.

5. Process for manufacturing an electrical conductor, by assembling a metallic bar (1) and a sheath (2) made from a metal different from that of the bar, characterised in that at least one longitudinal groove (3, 3') is made in the bar (1), a bead (4, 4') made from the same metal as the sheath is welded in the groove of the bar, the bar (1) is inserted into the sheath (2) by making an opening in the latter opposite the bead (4, 4') and the sheath (2) is welded to the bead (4, 4') in the abovementioned opening.

6. Process according to Claim 5, characterised in that two longitudinal grooves (3, 3') are made in the bar (1) and a sheath (2) obtained by placing two longitudinal metallic shells (5, 6) together is utilized in such a manner as to leave a gap between their opposingly disposed edges (7 and 8; 7' and 8'), the said gap forming the abovementioned opening.

7. Process according to Claim 5 or 6, characterised in that the welding of the sheath (2) to the bead (4, 4') is brought about by a build-up (9, 9') of metal in the abovementioned opening.

8. Process according to Claim 7, characterised in that a copper bar (1) and a sheath (2) made from a metal selected from iron, nickel, alloys of iron and alloys of nickel are utilised and in that the welding of the sheath to the bead is brought about by a build-up (9, 9') of metal identical to the metal of the sheath.

9. Electrode for an electrolysis cell, comprising at least one plate (10, 10') made from a metal selected from iron, nickel or alloys of these metals and fixed to an electrical conductor (11), characterised in that the electrical conductor (11) is in accordance with Claim 4.

10. Electrode according to Claim 9, characterised in that it is a cathode for the electrolysis of aqueous alkali metal chloride solutions.

Patentansprüche

1. Elektrischer Leiter, umfassend einen Metallstab (1), der mit einer Hülle (2) aus einem anderen Metall als demjenigen des Stabes ummantelt ist, dadurch gekennzeichnet, daß der Stab (1) mindestens eine Längsnut (3, 3') aufweist, die einen mit dem Stab verschweißten Strang (4, 4') aus demselben Metall wie die Hülle enthält, und daß die Hülle (2) gegenüber dem Strang (4, 4') eine Öffnung aufweist, wobei die besagte Öffnung eine mit dem Strang (4, 4') und der Hülle (2) verschweißte Metallmasse (9, 9') enthält

2. Leiter nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Stab (1) zwei Längsnuten (3, 3') aufweist, von denen jede einen Strang (4, 4') aus demselben Metall wie die Hülle enthält, und daß die Hülle (2) aus zwei getrennten Längsschalen (5, 6) gebildet ist, welche den Stab in Längsrichtung überdecken, wobei sie zwischen ihren einander gegenüberliegenden Längsrändern (7 und 8; 7' und 8') einen Abstand aussparen, welcher die vorgenannte Öffnung gegenüber jedem Strang (4, 4') bildet.

3. Leiter nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß sich die oder jede Längsnut (3, 3') über die gesamte Länge des Stabs (1) erstreckt.

4. Leiter nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Stab (1) aus Kupfer ist, und die Hülle (2) aus einem unter Eisen, Nickel, Eisenlegierungen und Nikkellegierungen ausgewählten Metall ist.

5. Verfahren zur Herstellung eines elektrischen Leiters durch Zusammenbau eines Metallstabs (1) und einer Hülle (2) aus einem anderen Metall als demjenigen des Stabs, dadurch gekennzeichnet, daß man mindestens eine Längsnut (3, 3') im Stab (1) ausspart, daß man einen Strang (4, 4') aus demselben Metall wie die Hülle in die Nut des Stabs einschweißt, daß man den Stab (1) in die Hülle (2) steckt, wobei man in derselben eine Öffnung gegenüber dem Strang (4, 4') ausspart, und daß man die Hülle (2) in der vorgenannten Öffnung mit dem Strang (4, 4') verschweißt.

6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß man zwei Längsnuten (3, 3') im Stab (1) ausspart, und daß man eine Hülle (2) verwendet, die man erhalten hat, indem man zwei in Längsrichtung verlaufende Metallschalen (5, 6) derart zuzammenfügt, daß zwischen ihren gegenüberliegenden Rändern (7 und 8; 7' und 8') ein Zwischenraum bewahrt wird, wobei der besagte Zwischenraum die vorgenannte Öffnung bildet.

7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß das Verschweißen der Hülle (2) mit dem Strang (4, 4') durch Einbringen von Metall (9, 9') in die vorgenannte Öffnung erfolgt.

8. Verfahren nach Anspruch 7, dadurch gekennzeichnet, daß man einen Stab (1) aus Kupfer und eine Hülle (2) aus einem unter Eisen, Nickel, Eisenlegierungen und Nickellegierungen ausgewählten Metall verwendet, und daß das Verschweißen der Hülle mit dem Strang mit Einbringen (9, 9') von Metall erfolgt, welches mit dem Metall der Hülle übereinstimmt.

9. Elektrode für Elektrolysezelle, umfassend mindestens eine an einem elektrischen Leiter (11) angebrachte Platte (10, 10') aus einem unter Eisen, Nickel oder Legierungen dieser Metalle ausgewählten Metall, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrische Leiter (11) gemäß Anspruch 4 ausgebildet ist.

10. Elektrode nach Anspruch 9, dadurch gekennzeichnet, daß sie eine Kathode für die Elektrolyse von wäßrigen Alkalimetallchloridlösungen ist.

FIG. 1

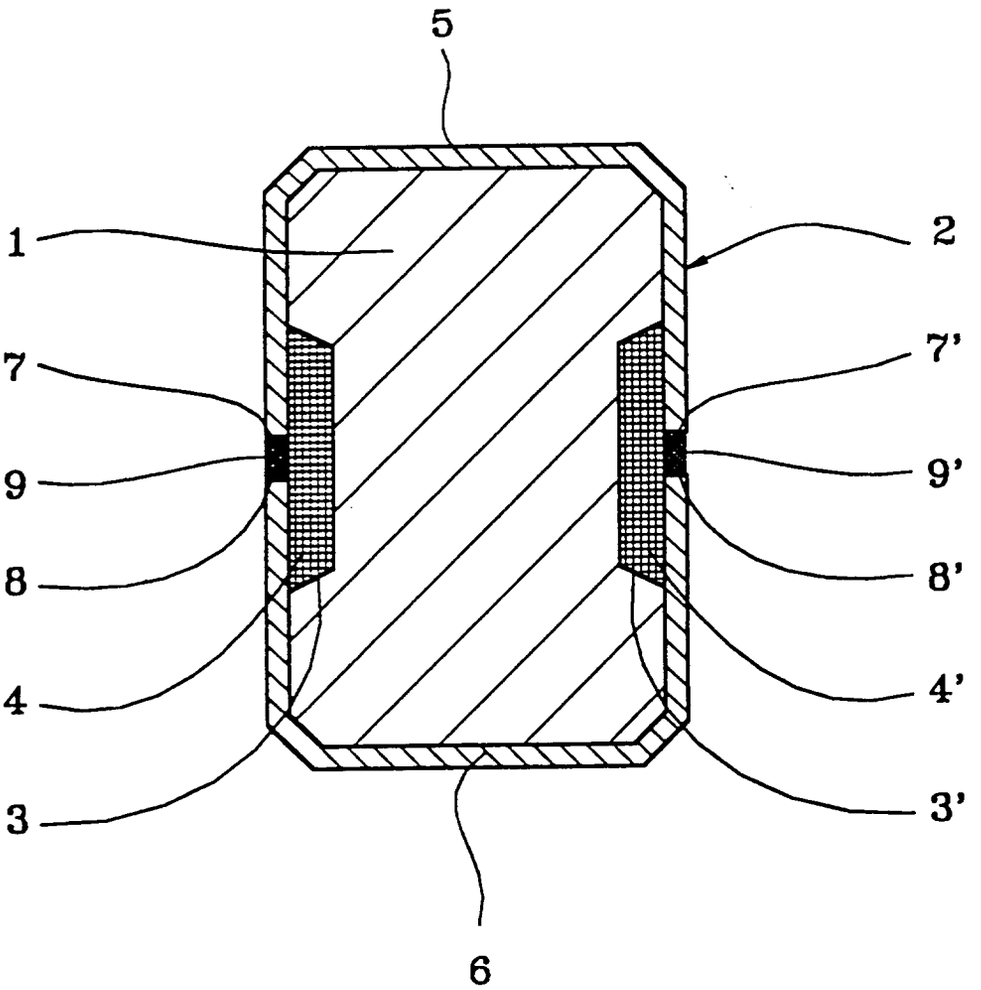


FIG. 2

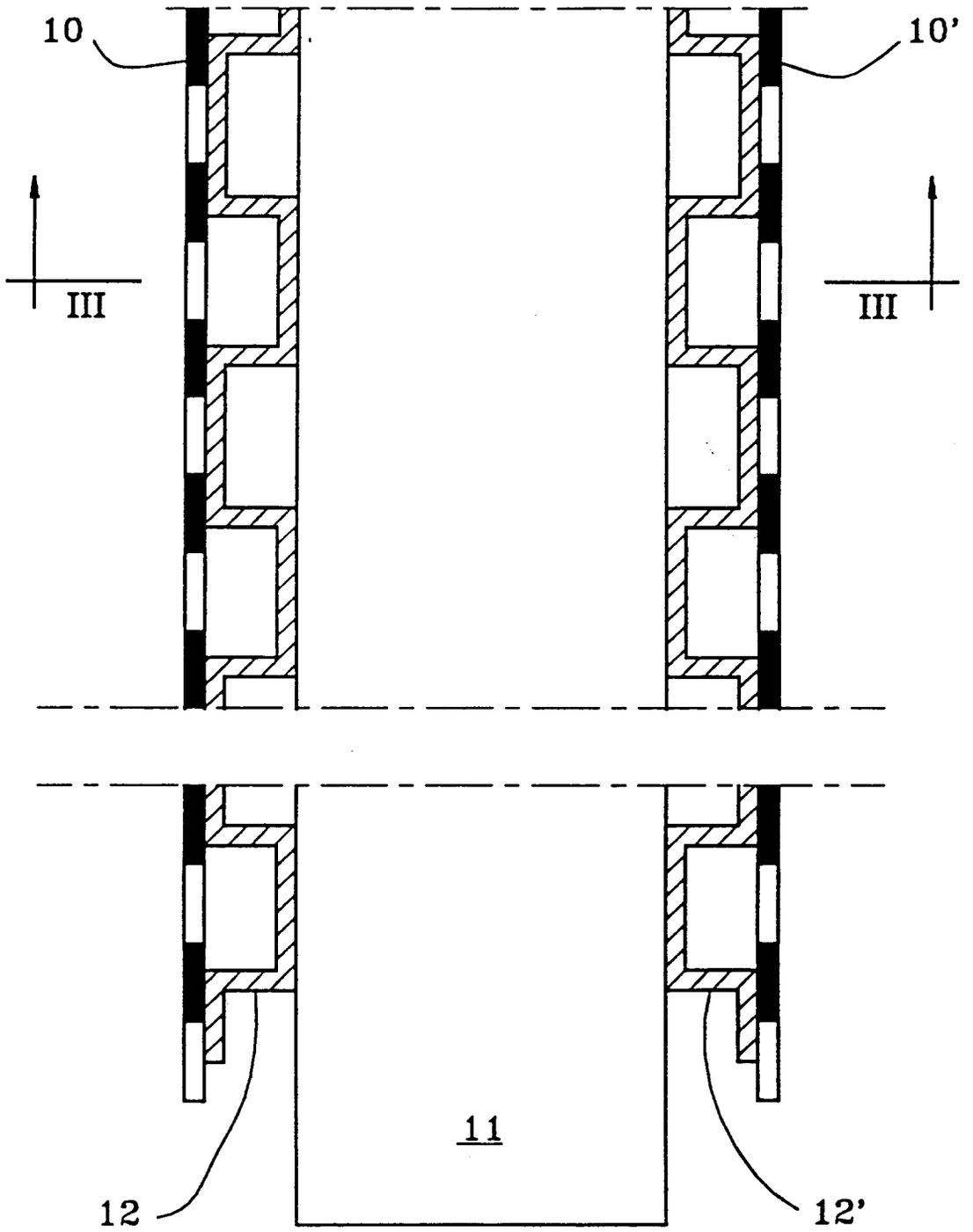


FIG. 3

