

(19)



(11)

EP 2 544 190 A1

(12)

DEMANDE DE BREVET EUROPEEN

(43) Date de publication:
09.01.2013 Bulletin 2013/02

(51) Int Cl.:
H01B 3/10 (2006.01) **H01B 7/29 (2006.01)**
H01B 3/00 (2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **12174688.7**

(22) Date de dépôt: **03.07.2012**

(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 ME

(72) Inventeurs:
• **Sumera, Rodrigue**
 62860 Epinoy (FR)
• **Brismalein, Christophe**
 62800 Lieven (FR)

(30) Priorité: **04.07.2011 FR 1156011**
 04.07.2011 FR 1156016

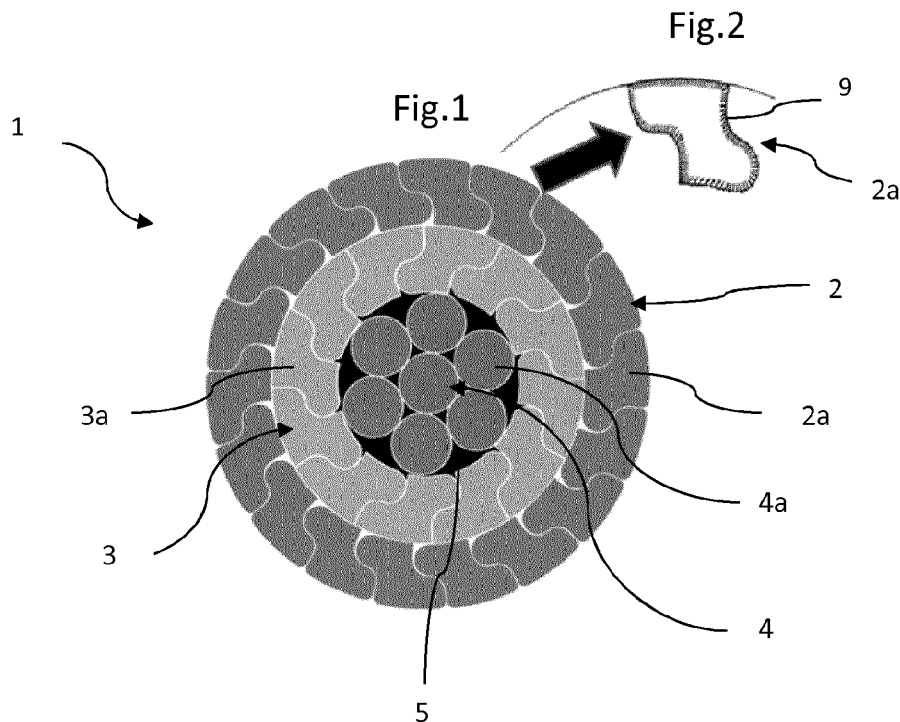
(74) Mandataire: **Peguet, Wilfried et al**
Feray Lenne Conseil
Le Centralis
63, avenue du Général Leclerc
92340 Bourg-la-Reine (FR)

(71) Demandeur: **Nexans**
75008 Paris (FR)

(54) **Câble électrique à corrosion limitée et à résistance au feu améliorée**

(57) La présente invention concerne un câble électrique (1) comprenant un élément allongé (4) entouré par une première couche (2) comprenant un assemblage

d'au moins deux brins (2a) métalliques, caractérisé en ce que tout le pourtour desdits au moins deux brins métalliques comporte une couche d'alumine hydratée (9).



EP 2 544 190 A1

Description

- 5 [0001] La présente invention se rapporte au domaine des câbles électriques. Elle s'applique typiquement, mais non exclusivement, aux câbles de transmission électrique à haute tension ou câbles aériens de transport d'énergie, bien connus sous l'anglicisme "OverHead Lines" (OHL).
- [0002] Les câbles OHL sont traditionnellement constitués par des éléments électriquement conducteurs nus, tendus sur un ensemble approprié de pylônes. Ces lignes sont classiquement destinées au transport de l'énergie électrique sous une haute tension alternative (225 à 800 kV).
- 10 [0003] La présente invention concerne un câble électrique présentant une résistance à la corrosion élevée, de sorte à résister aux conditions atmosphériques rudes comme l'atmosphère salée près des côtes ou l'atmosphère soufrée des milieux urbains industrialisés.
- [0004] Les câbles OHL sont généralement fabriqués à base d'aluminium. Ce matériau présente en effet un poids assez faible par rapport à d'autres matériaux conducteurs. Cependant ce dernier possède une résistance à la corrosion assez faible. Il a en effet été constaté, qu'au bout de 2-3 ans dans une atmosphère très corrosive (atmosphère salée ou soufrée), un conducteur en aluminium ou en alliage d'aluminium présentait des fissures pouvant entraîner à la longue, la chute de la ligne aérienne (cassure des brins formant le câble).
- 15 [0005] C'est pourquoi, il est connu de protéger les câbles d'aluminium ou en alliage d'aluminium en appliquant une couche de graisse sur leur surface extérieure. Cependant, cette solution n'est pas satisfaisante étant donné que la couche de graisse a une action limitée dans le temps. De plus, la couche de graisse engendre un effet couronne provoquant lui-même une nuisance sonore qui est désagréable pour la population installée au voisinage de la ligne.
- 20 [0006] Le brevet FR 676 889 décrit un câble électrique haute tension comprenant un élément conducteur central formé de fils métalliques ronds en aluminium et recouvert d'une couche externe formée de fils métalliques en forme de Z également en aluminium. Cependant, un tel type de câble électrique ne permet pas de résister suffisamment dans le temps à des atmosphères chargées en sel ou en soufre.
- 25 [0007] La présente invention concerne également un câble électrique apte à résister à la chaleur, générée par exemple par un incendie.
- [0008] Les câbles en aluminium ou en alliage d'aluminium, du fait de leur faible résistance à la chaleur (le point de fusion de l'aluminium étant en effet de 658°C), ne sont pas utilisés dans des applications électriques où la température peut être élevée, par exemple où une résistance au feu est requise (e.g : lampe de sortie de secours).
- 30 [0009] Lorsqu'une telle exigence est requise, il est connu d'utiliser dans l'art antérieur des câbles électriques à base de cuivre. Le point de fusion du cuivre est en effet plus élevé que celui de l'aluminium et est de l'ordre de 1083°C.
- [0010] La présente invention a pour but de proposer un nouveau câble électrique qui évite tout ou partie des inconvénients précités. En particulier, le câble électrique selon l'invention a pour but de résister à des conditions atmosphériques sévères et d'éviter ainsi la corrosion des lignes aériennes. Il a également pour but de résister à des hautes températures, telles que des températures d'incendie qui peuvent être de l'ordre de 600 à 1200°C, tout en permettant une continuité du signal électrique.
- 35 [0011] A cet effet, l'invention a pour objet un câble électrique comprenant un élément allongé, entouré par une première couche comprenant un assemblage d'au moins deux brins métalliques (ou fils métalliques), caractérisé en ce qu'au moins une partie du pourtour desdits au moins deux brins métalliques, et de préférence tout le pourtour desdits au moins deux brins métalliques comporte une couche d'alumine hydratée. En d'autres termes, lesdits au moins deux brins métalliques sont chacun entourés au moins en partie, voire totalement, par une couche d'alumine hydratée.
- 40 [0012] La Demanderesse a découvert de manière surprenante que la première couche de l'invention, formée avec des brins métalliques dont la bordure ou périphérie desdits brins métalliques est faite d'alumine hydratée, présente une résistance à la corrosion extrêmement élevée.
- 45 [0013] En outre, ladite première couche de l'invention présente une résistance à la température améliorée, tout en permettant une continuité du signal électrique. Le câble électrique de l'invention est ainsi capable de résister à des incendies, et ce notamment malgré le faible point de fusion de l'aluminium ou des alliages d'aluminium susceptible de former le câble. En effet, en considérant que les brins métalliques constitutifs de la première couche sont en aluminium ou en alliage d'aluminium, la couche d'alumine hydratée permet de chemiser l'aluminium ou l'alliage d'aluminium, même lorsque celui-ci est en fusion. En outre, la couche d'alumine hydratée suivra directement la dilatation de l'aluminium ou de l'alliage d'aluminium en fusion augmentant ainsi la malléabilité et la déformabilité des brins formant le câble lors de chocs thermiques. C'est pourquoi, du fait de cette dilatation, la continuité du signal électrique a toujours lieu (les brins métalliques constituant le câble ne se rompent pas sous l'effet de la chaleur).
- 50 [0014] Dans un mode de réalisation particulier, chacun des brins métalliques constitutifs de l'assemblage de la première couche comprend une couche d'alumine sur tout leur pourtour.
- 55 [0015] De ce fait, l'ensemble de la surface extérieure de la première couche est recouverte d'une couche d'alumine. En d'autres termes, la surface extérieure de la première couche comprend ladite couche d'alumine, cette couche s'étendant notamment le long de l'axe longitudinale du câble électrique.

[0016] On entend par « surface extérieure » la surface qui est la plus éloignée de l'élément allongé.

[0017] De préférence, les brins métalliques constitutifs de la première couche sont apte à conférer à ladite première couche une surface sensiblement régulière, chacun des brins constitutifs de la première couche pouvant notamment présenter une section transversale de forme complémentaire au(x) brin(s) qui lui est/sont adjacent(s).

[0018] Selon l'invention, par « brins métalliques apte à conférer à ladite première couche une surface sensiblement régulière, chacun des brins constitutifs de la première couche pouvant notamment présenter une section transversale de forme complémentaire au(x) brin(s) qui lui est/sont adjacent(s) », on entend que : la juxtaposition ou l'emboîtement de l'ensemble des brins constitutifs de la première couche, forme une enveloppe continue (sans irrégularités), par exemple de section circulaire ou ovale ou encore carrée.

[0019] Ainsi, les brins de section transversale en forme de Z ou en forme de trapèze conviennent pour la présentent invention, tandis que des brins de section circulaire (dont l'assemblage ne permet pas d'obtenir une enveloppe régulière), ne rentrent pas dans la définition ci-dessus. En particulier, des brins de section transversale en forme de Z sont préférés.

[0020] De manière encore plus préférée, la première couche présente une section transversale en forme d'anneau.

[0021] Selon une première variante de réalisation, la première couche est une couche externe. Selon l'invention, on entend par « couche externe » du câble électrique, la dernière couche du câble électrique (i.e. la couche la plus à l'extérieure du câble électrique), en particulier, celle qui est destinée à être en contact avec le milieu extérieur au câble, c'est-à-dire généralement avec l'atmosphère. De ce fait, le câble électrique de l'invention ne comprend pas d'autres couches entourant la première couche. Ainsi, lorsque tous les brins métalliques constitutifs de la première couche sont entourés de ladite couche d'alumine, et que la première couche est la couche externe, la surface extérieure du câble électrique de l'invention comprend ladite couche d'alumine le long de son axe longitudinal.

[0022] Selon une deuxième variante de réalisation, la première couche est recouverte d'une couche électriquement isolante ou d'une gaine isolante.

[0023] Dans l'invention, la couche d'alumine hydratée est une couche d'hydroxyde d'oxyde d'aluminium ou en d'autres termes une couche d'hydroxyde d'alumine.

[0024] Selon une première variante, la couche d'alumine hydratée est une couche monohydratée.

[0025] A titre d'exemple, on peut citer, comme alumine monohydratée, la boémite, qui est le polymorphe gamma de $\text{AlO}(\text{OH})$ ou $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$; ou la diaspore, qui est le polymorphe alpha de $\text{AlO}(\text{OH})$ ou $\text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

[0026] Selon une deuxième variante, la couche d'alumine hydratée est une couche polyhydratée, et de préférence une couche trihydratée.

[0027] A titre d'exemple, on peut citer, comme alumine trihydratée, le gibbsite ou hydrargillite, qui est le polymorphe gamma de $\text{Al}(\text{OH})_3$; la bayerite qui est le polymorphe alpha de $\text{Al}(\text{OH})_3$; ou la nordstrandite, qui est le polymorphe bêta de $\text{Al}(\text{OH})_3$.

[0028] La couche d'alumine de l'invention (i.e. couche d'alumine hydratée) est une couche dont l'épaisseur est contrôlée. En d'autres termes, elle est obtenue par un procédé de fabrication permettant d'obtenir une épaisseur sensiblement constante et homogène sur tout le pourtour du ou des brin(s) métallique(s). A titre d'exemple, on peut obtenir cette couche d'alumine hydratée par anodisation (cf. oxydation contrôlée).

[0029] Dans une première variante de réalisation, ladite couche d'alumine hydratée n'est pas présente sur une ou plusieurs portions du câble électrique destinée(s) au raccordement électrique et ce, pour faciliter son installation.

[0030] Dans une seconde variante de réalisation, la couche d'alumine hydratée est apte à se briser au niveau d'une zone de raccordement (e.g. jonction électrique ou ancrage électrique), de sorte à éviter, en configuration opérationnelle du câble, toute surchauffe de celui-ci au niveau dudit raccordement.

[0031] Classiquement, les raccordements au niveau d'une jonction électrique (raccordement câble-câble) ou au niveau d'un ancrage électrique (poteau-câble) s'effectuent par l'intermédiaire d'un manchon en matériau conducteur, tel qu'en acier ou en aluminium. Par exemple, au niveau d'une jonction, l'extrémité de deux câbles (d'une longueur d'environ 80 cm), est insérée à l'intérieur du manchon qui est ensuite comprimé par un moyen de serrage. Dans la zone de raccordement, les extrémités du câble sont ainsi protégées de la corrosion par le manchon.

[0032] Les câbles électriques de l'art antérieur ne comprennent pas de couche d'alumine hydratée sur leur surface externe, le courant circulant dans le câble est évacué du matériau de la couche externe vers le matériau conducteur du manchon.

[0033] Dans le câble électrique selon l'invention, la couche d'alumine hydratée, qui recouvre de manière préférée le pourtour extérieur de la première couche du câble électrique, est un isolant électrique (1 μm d'alumine permet d'isoler électriquement une tension de 40V). On pouvait donc penser qu'elle occasionne une surchauffe au niveau de la première couche en ne permettant pas l'évacuation du courant circulant dans le câble électrique vers le manchon. Ceci serait d'autant plus préjudiciable que la norme CEI 61284 spécifie à cet effet que la température d'un conducteur ne doit pas dépasser 105°C au risque d'entraîner un fluage du conducteur (au-delà de cette température est en effet observé un traitement de revenu qui modifie les caractéristiques mécaniques du câble, notamment quand celui-ci est à base d'alliage d'aluminium) et de provoquer le fléchissement des lignes aériennes qui pourraient alors être en contact avec des toits d'habitation ou en contact d'arbres.

[0034] Toutefois, la Demanderesse a découvert que la présence de la couche d'alumine hydratée, notamment au niveau de ladite zone de raccordement, n'était pas contraignante et n'entraînait pas de surchauffe étant donné que celle-ci se brise lors de l'installation du câble électrique. En effet, la compression exercée (selon les normes en vigueur) sur le manchon par l'intermédiaire du moyen de serrage est suffisante pour briser la couche d'alumine et ainsi faire passer le courant électrique entre la première couche et le manchon, notamment lorsque la première couche est une couche externe.

[0035] De préférence, l'épaisseur de cette couche d'alumine (cf. brins de la première couche) est d'au plus 20 μm , et de préférence d'au moins 5 μm . De façon particulièrement préférée, l'épaisseur de la couche d'alumine peut aller de 6 à 15 μm , et de manière encore plus préférée, de 8 à 12 μm (bornes incluses).

[0036] L'élément allongé du câble électrique de l'invention peut être de préférence positionné au centre du câble (i.e. position centrale). Il peut être un élément électriquement conducteur, et/ou un élément de renforcement mécanique.

[0037] Selon une caractéristique de l'invention, entre l'élément allongé et la couche externe est disposée une deuxième couche. On peut parler plus particulièrement d'une deuxième couche dite couche interne.

[0038] Selon une première variante de réalisation, la couche interne comprend un assemblage de brins métalliques, chacun des brins constitutifs de la couche interne présentant une section transversale de forme complémentaire au(x) brin(s) qui lui est/sont adjacent(s). De manière préférée, les brins de la couche interne, une fois assemblés forment ainsi une enveloppe externe présentant une section régulière, par exemple circulaire, ovale ou carré. De manière encore plus préférée, les brins de la couche interne, une fois assemblés présentent une section transversale en forme d'anneau. A titre d'exemple, les brins de la couche interne peuvent présenter une section transversale en forme de Z ou de trapèze, la forme en Z étant préférée.

[0039] Dans une variante de réalisation, les brins de la couche interne peuvent présenter une section transversale de forme ronde.

[0040] Selon un mode de réalisation, au moins une partie du pourtour des brins métalliques, et de préférence tout le pourtour des brins métalliques de la couche interne est formé également d'une couche d'alumine, et de préférence d'une couche d'alumine monohydratée.

[0041] L'épaisseur de cette couche d'alumine (cf. brins de la deuxième couche) varie également de 5 à 20 μm , de manière préférée de 6 à 15 μm , et de manière encore plus préférée de 8 à 12 μm (bornes incluses).

[0042] En particulier, l'élément allongé, la première couche (ou plus particulièrement les brins métalliques constitutifs de la première couche) et/ou la deuxième couche (ou plus particulièrement les brins métalliques constitutifs de la deuxième couche) sont de préférence en aluminium ou en alliage d'aluminium.

[0043] Par « alliage d'aluminium », on entend les alliages d'aluminium définis dans la Directive Aluminium Association de Washington DC 2086 ou les alliages répondant à la norme européenne EN573. Ces normes définissent plusieurs classes d'alliage d'aluminium présentant les références allant de 1000 à 8000.

[0044] De préférence, le câble électrique de l'invention est un câble de transmission électrique à haute tension (OHL).

[0045] Un autre objet de l'invention concerne un câble électrique comprenant au moins un brin métallique (ou fil métallique), notamment en aluminium ou en alliage d'aluminium, caractérisé en ce que ledit brin métallique comprend sur toute sa périphérie une couche d'alumine hydratée, ledit brin métallique et la couche d'alumine hydratée étant tels que définis dans la présente description. Ce brin métallique entouré de sa couche d'alumine hydratée peut être notamment obtenu par l'étape a du procédé de fabrication décrit ci-après, et plus particulièrement par oxydation contrôlée.

[0046] Ainsi, le ou les brins métalliques dont la bordure ou périphérie est entourée totalement d'alumine hydratée, présente d'une part une résistance à la corrosion extrêmement élevée, et d'autre part une résistance à la température améliorée, tout en permettant une continuité du signal électrique.

[0047] Ce brin métallique peut être classiquement entouré par une couche électriquement isolante ou une gaine isolante.

[0048] Dans la présente invention, quelque soit l'objet de l'invention pris en considération, le ou les brins métalliques ne comprennent de préférence pas de couche d'alumine céramique, et plus généralement ne comprennent pas de couche de céramique, entourant la couche d'alumine hydratée. Ainsi, la résistance au feu peut être optimisée par la non-présence d'une couche d'alumine céramique, ou la non-présence d'une couche de céramique, autour de la couche d'alumine hydratée.

[0049] En effet, lors d'un incendie, une couche d'alumine céramique entourant la couche d'alumine hydratée pourrait endommager de façon significative le brin métallique. La couche d'alumine céramique limiterait ainsi, lors d'un incendie, la continuité du signal électrique du câble électrique en question, c'est-à-dire lorsque le ou les brins métalliques sont en fusion.

[0050] Le câble électrique ainsi défini dans cet autre objet de l'invention peut être utilisé notamment dans le domaine de l'aéronautique, dans le domaine ferroviaire ou dans celui des bâtiments, par exemple pour alimenter une lampe d'un panneau de sorti de secours.

[0051] La présente invention a également pour objet un procédé de fabrication d'un câble électrique tel que décrit ci-dessus, caractérisé en ce qu'il comporte les étapes suivantes:

a) réaliser une oxydation contrôlée sur la surface d'au moins un brin métallique, de manière à former une couche d'alumine hydratée sur au moins une partie du pourtour dudit brin métallique, et de préférence sur tout le pourtour dudit brin métallique, et

5 b) assembler plusieurs brins obtenus selon l'étape a) afin de former la première couche, et optionnellement la deuxième couche, autour de l'élément allongé.

10 **[0052]** L'oxydation contrôlée permet d'obtenir une couche d'alumine hydratée dont l'épaisseur est sensiblement constante et homogène sur le pourtour du brin métallique, contrairement à ce que l'on pourrait obtenir avec une oxydation dite « à l'air libre ».

[0053] A titre d'exemple, l'oxydation contrôlée peut être réalisée par anodisation. L'anodisation est plus particulièrement une oxydation contrôlée et électrochimique de la surface d'un matériau, tel qu'un matériau en aluminium ou en alliage d'aluminium.

15 **[0054]** De préférence, le brin métallique obtenu à l'étape a) peut subir un colmatage de la couche d'alumine hydratée, afin d'améliorer sa compacité.

[0055] Ce colmatage peut par exemple être réalisée en réalisant une hydratation à chaud du brin métallique obtenu à l'étape a), en plongeant ledit brin dans de l'eau bouillante. Cette étape de colmatage est réalisée préalablement à l'étape b).

[0056] Avantagusement, le brin obtenu à l'étape a) ou le brin obtenu après colmatage, est rincé à l'eau osmosée.

20 **[0057]** Dans un mode de réalisation préféré, dans la première couche, et optionnellement dans la deuxième couche, chaque brin présente une section transversale de forme complémentaire au(x) brin(s) qui lui est adjacent, et étant apte à conférer à la couche en question une surface sensiblement régulière.

[0058] L'invention sera mieux comprise, et d'autres buts, détails, caractéristiques et avantages de celle-ci apparaîtront plus clairement au cours de la description suivante de modes de réalisation particuliers de l'invention, donnés uniquement à titre illustratif et non limitatif, en référence aux dessins annexés.

25 **[0059]** Sur ces dessins :

- La figure 1 est une vue schématique de section d'un câble électrique selon un mode de réalisation de la présente invention ;
- 30 - La figure 2 est une vue agrandie de la couche externe du câble électrique selon la figure 1 ;
- La figure 3 est une vue schématique de section d'un câble électrique selon un autre mode de réalisation de la présente invention ;
- La figure 4 est une vue agrandie de la couche externe du câble électrique selon la figure 3 ;
- La figure 5 est une photographie montrant la couche d'alumine hydratée, formée selon le procédé de l'invention ;
- 35 - La figure 6 est un schéma de principe d'un test de corrosion accélérée mené par le présent demandeur ;
- La figure 7 est une photographie montrant la surface d'un câble électrique selon l'art antérieur (« OHL standard avec graisse intérieur ») après que celui-ci ait subi le test de corrosion de la figure 6 ;
- La figure 8 est une photographie montrant la surface d'un câble électrique selon l'invention après que ledit câble électrique ait subi le test de corrosion de la figure 6 ;
- 40 - La figure 9 est un graphique montrant l'évolution de la corrosion (profondeur moyenne de brèches formées par la corrosion en fonction du temps) pour trois câbles électriques : un premier câble électrique selon l'art antérieur comprenant une couche externe comportant des brins de section transversale en Z (« OHL standard sans graisse intérieure »), un second câble électrique selon l'art antérieur comprenant une couche externe comportant des brins de section transversale en Z avec un bourrage intérieur en graisse (« OHL standard »), et un autre câble électrique selon l'invention (« OHL Solution ») ;
- 45 - La figure 10 est une photo macroscopique d'un fil d'alliage d'aluminium brut ayant subi un test thermique (puissance thermique de 440 watt); et
- La figure 11 est une photo macroscopique d'un fil d'alliage d'aluminium anodisé selon l'invention ayant subi le même test thermique que le fil de la figure 10 (puissance thermique de 440 watt).

50 **[0060]** Pour des raisons de clarté, seuls les éléments essentiels pour la compréhension de l'invention ont été représentés de manière schématique sur ces figures, et ceci sans respect de l'échelle

[0061] Le câble électrique 1, illustré sur les figures 1 et 2, correspond à un câble électrique de transmission électrique à haute tension du type OHL.

55 **[0062]** Ce câble électrique 1 comprend : un élément électriquement conducteur central 4 allongé et, successivement et coaxialement autour de cet élément conducteur central 4, une couche interne 3, et une couche externe 2. Les couches interne 3 et externe 2 sont également électriquement conductrices. En particulier, l'élément central 4 est en contact avec la couche interne 3, qui est elle-même en contact avec la couche externe 2.

[0063] L'élément conducteur 4 est formé de brins cylindriques ronds 4a d'aluminium ou d'alliage d'aluminium au nombre de sept, chaque brin 4a étant recouvert de graisses 5. Cette graisse 5 remplit ainsi à la fois les interstices présents entre les brins cylindriques 4a et entre les brins 4a et la couche interne 3.

[0064] La couche interne 3 et la couche externe 2 sont constituées d'un assemblage de brins (3a et 2a) également en aluminium ou en alliage d'aluminium dont la section transversale est en forme de Z (ou en de forme « S » selon l'orientation du Z). La géométrie des brins en forme de « Z » permet ainsi d'obtenir une surface quasiment pourvue d'aucuns interstices pouvant générer des accumulations d'humidité et donc des pôles de corrosion. Telle que représentée sur la figure 1, la couche interne 3 comprend 13 brins 3a et la couche externe 18 brins 2a. La couche interne 3 diffère de la couche externe 2 en ce que la couche externe est composée de brins 2a dont le pourtour (de chaque brin) est formé d'une couche d'alumine 9, de préférence monohydratée. Cette couche d'alumine 9 est généralement formée par anodisation. La géométrie particulière des brins 2a (section transversale en Z) et leur protection par la couche d'alumine 9 forment ainsi une barrière contre la corrosion et ce, même si le conducteur électrique 1 se trouve dans des conditions sévères d'exposition marine et industrielle (présence dans l'air d'éléments : sodium, chlorure, soufre...). Cela sera d'ailleurs démontré dans l'essai 1 ci-après.

[0065] Le câble électrique 1, illustré sur les figures 3 et 4, correspond à un câble électrique de transmission électrique à haute tension du type OHL, mais de structure légèrement différente à celle du câble électrique décrit dans les figures 1 et 2.

[0066] Ce câble électrique 1 comprend : un élément électriquement conducteur central 4 allongé et, successivement et coaxialement autour de cet élément conducteur central 4, une couche interne 3, et une couche externe 2. Les couches interne 3 et externe 2 sont également électriquement conductrices. En particulier, l'élément central 4 est en contact avec la couche interne 3, qui est elle-même en contact avec la couche externe 2.

[0067] L'élément allongé 4 est formé de brins cylindriques ronds 4a d'aluminium ou d'alliage d'aluminium au nombre de 19, chaque brin 4a pouvant être recouvert de graisses.

[0068] La couche interne 3 et la couche externe 2 sont constituées d'un assemblage de brins (3a et 2a) également en aluminium ou en alliage d'aluminium dont la section transversale est trapézoïdale. La géométrie des brins en forme de trapèze permet présente l'avantage d'obtenir une surface quasiment pourvue d'aucuns interstices pouvant générer des accumulations d'humidité et donc des pôles de corrosion. Telle que représentée sur la figure 3, la couche interne 3 comprend 18 brins 3a et la couche externe 24 brins 2a. La couche interne 3 est composée de brins 2a dont le pourtour (de chaque brin) est formé d'une couche d'alumine hydratée 9, de préférence d'une boémite (voir figures 4 ou 5). Cette couche d'alumine 9 est généralement formée par anodisation. La couche d'alumine 9 forme ainsi une enveloppe apte à contenir l'aluminium ou l'alliage d'aluminium lorsque celui-ci est en fusion à cause de hautes température. Cet effet sera d'ailleurs démontré dans l'essai 3 ci-dessous.

[0069] Dans des variantes de modes de réalisation représentés sur les figures 1 à 4, il est possible de modifier le nombre de brins 3a, 2a de la couche interne et externe, leur forme, le nombre de couches internes ou encore le nombre de fils ronds, ainsi que la nature de l'aluminium.

[0070] Un procédé de fabrication du câble électrique selon l'invention va maintenant être décrit.

[0071] Ce procédé comprend plusieurs étapes : une étape de dégraissage-décapage de brins, une première étape de rinçage, une étape de neutralisation, une seconde étape de rinçage, une étape d'anodisation sous courant dans un électrolyte à base d'acide sulfurique, une troisième étape rinçage, une étape de colmatage des pores par de l'eau chaude et une quatrième étape de rinçage.

[0072] Le matériau de départ est par exemple un brin ou fil de section transversale en Z en alliage d'aluminium type AGS (aluminium, magnésium, silice, portant la référence 6201 de la norme européenne EN573), la hauteur du Z est de 2,9 mm soit un diamètre équivalent de 3,2 mm. Le fil est conditionné sur bobine. Ces fils sont commercialisés avec un film de graisse lié au procédé de tréfilage. C'est pourquoi, pour le procédé de fabrication, il est généralement nécessaire de procéder à une étape de dégraissage.

[0073] Le dégraissage et le décapage des fils sont effectués la plupart du temps par voie chimique ou aidée par voie électrolytique. Les opérations de dégraissage ont pour but d'éliminer les différents corps et particules contenus dans les graisses tandis que l'opération de décapage sert à éliminer les oxydes présents sur le métal. Il existe plusieurs méthodes de décapage : chimique, électrolytique ou mécanique. Ces méthodes sont connues de l'homme du métier. Le décapage chimique consiste à éliminer les oxydes par dissolution, voir éclatement de la couche, sans attaquer le métal sous-jacent. Pour le dégraissage/décapage, il est possible par exemple d'utiliser une solution industrielle à 45ml/L de GARDOCLEAN® (Société CHEMETALL). La solution est essentiellement composée de soude (environ 30g/L à 45ml/L) et de tensioactifs.

[0074] L'étape de neutralisation des fils permet de ne pas polluer le bain permettant l'anodisation. De plus, cette étape permet d'éliminer certaines traces d'oxydes pouvant nuire à l'anodisation. Cette étape se fait dans un bain identique au bain d'anodisation. Une solution d'acide sulfurique H₂SO₄ à 200g/L à température ambiante permettra d'éliminer les éventuels résidus de soude liés au dégraissage. La neutralisation permet de mettre la surface de l'aluminium au même pH que le bain anodique.

[0075] Ensuite, les brins sont anodisés. L'anodisation est basée sur le principe de l'électrolyse de l'eau. Dans une cuve remplie de traitement permettant le processus, c'est-à-dire dans un milieu acide tel que l'acide sulfurique, la pièce est placée à l'anode d'un générateur de courant continu. La cathode du système est généralement en plomb (inerte au milieu). Elle peut également être en aluminium ou inox, dans certaines installations. Lors de l'électrolyse la couche d'oxyde s'élabore à partir de la surface vers le coeur du métal, contrairement à un dépôt électrolytique. Pour l'aluminium, il se forme une couche d'alumine qui a un pouvoir d'isolant électrique. Ainsi le courant n'arrive plus jusqu'au substrat, et il est alors protégé.

[0076] Les réactions sont les suivantes :

- à la cathode : $2\text{H}^+ + 2\text{e}^- \rightarrow \text{H}_2$
- à l'anode : $\text{Al} \rightarrow 3\text{e}^- + \text{Al}^{3+}$, puis : $2\text{Al}^{3+} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 6\text{H}^+$
- Équation bilan : $2\text{Al} + 3\text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Al}_2\text{O}_3 + 3\text{H}_2$

[0077] Ces réactions provoquent donc une formation d'une couche d'oxyde d'aluminium 9, l'alumine qui est un isolant. Le courant n'arrive donc plus vers la couche. C'est pour cette raison qu'il faut utiliser un électrolyte qui dissout la couche tel que l'acide sulfurique, acide phosphorique, acide chromique ou encore acide oxalique. On obtient alors des sphères équipotentielles qui progressent en produisant des structures hexagonales poreuses. Le processus d'anodisation dépend de la vitesse de dissolution. En effet :

- si $V_{\text{dissolution}} > V_{\text{oxydation}}$, on a un décapage
- si $V_{\text{dissolution}} = V_{\text{oxydation}}$, on a un polissage électrolytique
- si $V_{\text{dissolution}} < V_{\text{oxydation}}$, on a une anodisation.

[0078] La couche d'alumine hydratée 9 en anodisation sulfurique se forme vers de l'extérieur vers l'intérieur. La coloration s'effectue par imprégnation du colorant par absorption dans les pores.

[0079] Les paramètres électrolytiques sont imposés par une densité de courant et une conductivité du bain. Pour l'épaisseur souhaitée sur le fil prototype est de 8-10 μm , la densité de courant sera fixée à 55-65A/dm² et la tension sera fixée à 20-21 V et une intensité de 280-350A. On obtient ainsi le brin ou fils 2a.

[0080] Le colmatage est la technique permettant l'obturation ou la fermeture, des porosités existantes dans chaque cellule de la couche d'oxyde. Cette obturation est obtenue par transformation de l'alumine hydratée constituant la couche anodique, entraînant une dilatation et donc une fermeture progressive des pores. Cette opération est réalisée en immergeant les pièces anodisées dans l'eau en ébullition (eau osmosée présentant une température supérieure à 80°C) pour favoriser la cinétique de réaction. Le colmatage favorise ainsi une bonne tenue à la corrosion.

[0081] Les différents rinçages sont définis par 3 étapes : rinçage grossier, rinçage propre, séchage à l'air comprimé. Le rinçage se fait par de l'eau osmosée.

[0082] Enfin, les brins 2a de section transversale en Z sont assemblés de manière standard de manière à obtenir un câble électrique d'une section de 455 mm². Ce dernier se compose d'un élément conducteur central formé de 19 fils ronds en AGS 6201, sur lequel est disposée une couche interne composée de 18 brins/fils de section transversale en Z d'alliage d'aluminium AGS 6201 et sur laquelle est disposée une couche externe comportant 24 fils également de section en Z obtenus selon le procédé décrit ci-dessus.

[0083] Le câble électrique selon l'invention permet d'obtenir des caractéristiques anticorrosion supérieures au conducteur standard comme cela sera démontré ci-dessous.

Essai 1 : test anticorrosion

[0084] Un test anticorrosion a été mené afin de comparer la résistance mécanique du câble électrique selon l'invention avec des câbles standards de l'art antérieur.

[0085] Pour cela, le câble électrique selon l'invention « OHL solution » testé est le câble électrique obtenu selon le procédé ci-dessus et présentant pour rappel les caractéristiques ci-dessous : un élément électriquement conducteur central en AGS 6201 composé de 19 fils ronds, sur lequel est disposé une couche interne formée de 18 brins de section en Z d'AGS 6201 et sur laquelle est disposée une couche externe comprenant 24 brins de section en Z d'AGS 6201 dont leur bord est formée d'une couche d'alumine monohydratée de 8 à 10 μm d'épaisseur (nommé ci-après conducteur AEROZ 1) .

[0086] Le câble électrique « OHL standard sans graisse intérieure » est un câble électrique comprenant un élément électriquement conducteur central formé de 19 fils ronds d'AGS 6201, entouré d'une première couche formée de 18 brins de section en Z d'AGS 6201 sur laquelle est disposée une seconde couche de 24 brins de section en Z d'AGS 6201. Le conducteur présente une section de 455mm². Pour ce câble, la graisse a été enlevée.

[0087] Le câble électrique « OHL standard » est le même câble électrique que celui précédemment décrit hormis que

la graisse intérieure a été laissée.

[0088] Le test de corrosion accéléré combine deux essais normalisés: l'essai en brouillard salin et l'essai de kersternich. Le brouillard salin met en évidence une corrosion humide avec la présence de chlorure de sodium (NaCl) permettant une augmentation de la conductivité de l'humidité par conséquent un échange d'ions plus important accélérant le phénomène de corrosion. Le test de Kersternich permet de mettre en évidence une corrosion observable en milieu industriel ou urbain par l'injection de produits souffrés dans une atmosphère humide.

[0089] L'essai mis en place réunis les deux tests comme cela est illustré sur la figure 6. Une solution de NaCl à 5% est disposée au fond d'une enceinte fermée et est chauffée à 50-60°C afin de reproduire le brouillard salin tandis que l'apport de produits souffrés sous forme gazeuse est créé à partir d'une dissolution de cuivre dans de l'acide sulfurique et est pulvérisée dans l'enceinte. Les échantillons 6 sont placés dans l'enceinte de manière ordonnée, permettant une circulation homogène de l'environnement pollué.

[0090] Les paramètres de suivi permettant d'obtenir un test reproductible sont : la température de la solution de NaCl, la concentration de la solution en NaCl, le débit d'air injecté dans l'acide sulfurique pour un renvoi dans l'enceinte, la quantité de cuivre dissout et la concentration de l'acide sulfurique permettant la dissolution du cuivre.

[0091] On obtient les résultats figurant sur les figures 7 à 9.

[0092] Comme le montre le graphique de la figure 9, le câble électrique selon l'invention ne présente aucune marque/brèche de corrosion ce qui n'est pas le cas des câbles électriques selon l'art antérieur. Au bout de 120 jours dans une atmosphère saline et soufrée, le câble électrique de l'art antérieur sans graisse présente plus de 350 microns de profondeurs de piqûres de corrosion observées, plus de 150 pour le câble électrique avec graisse et aucune ou quasi aucune pour le câble électrique selon l'invention. Ce graphique montre également le rôle important de la graisse qui de par son point de goutte va couler vers l'extérieur du câble électrique afin de le protéger de la corrosion.

[0093] Les photographies de figures 7 et 8 montrent les surfaces extérieures du câble électrique selon l'invention (figure 8) et du câble électrique selon l'art antérieur avec graisse (figure 7) après que ceux-ci aient été exposés plus de 200 jours à l'atmosphère hostile de l'enceinte d'expérimentation. On constate que la surface du câble électrique selon l'invention n'est pas abîmée contrairement à celle du câble électrique selon l'art antérieur. De nombreuses érosions, brèches sont en effet visibles sur la figure 7. Par conséquent, le câble électrique selon l'invention résiste de façon efficace à une atmosphère très corrosive.

Essai 2 : Test de validité selon la norme CEI61284

[0094] Des essais ont été menés par un laboratoire indépendant, société DERVAUX, afin de mesurer la température du câble électrique selon l'invention.

[0095] Pour ces essais, le conducteur AEROZ 1 a été testé, ainsi qu'un conducteur AEROZ 2 (conducteur identique à AEROZ 1 hormis que les brins de section en Z de la couche interne présente également une épaisseur d'alumine de 8 à 10 µm).

[0096] Afin de mesurer la température, la société DERVAUX a suivi le protocole énoncé dans la norme CEI61284.

[0097] Cette société indépendante a trouvé que pour les deux types de conducteur selon l'invention, la température n'excédait pas 105°C et étaient donc conforme à la norme CEI61284.

[0098] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec un mode de réalisation particulier, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

[0099] Le câble électrique selon l'invention permet également d'obtenir des caractéristiques anti-feu supérieures au conducteur standard.

Essai 3 : Test de tenue à la chaleur

[0100] Pour réaliser le test de tenue à la chaleur, des fils d'aluminium brut ont été comparés à des fils selon l'invention, en particulier à des fils en alliage d'aluminium AGS 6201 recouverts d'une couche de boémite. L'épaisseur de la couche d'alumine hydratée variait de 7 à 10 µm le long du fil. Les fils testés présentent tous un diamètre de 8 mm.

[0101] Le principe du test qui a été effectué sur les fils (échantillons) repose sur l'induction. Via une bobine, un champ magnétique est créé autour des échantillons. Par un principe physique, les électrons de la matière (l'aluminium) vont être excités. Cette excitation va générer de la chaleur jusqu'à obtenir en un point donné (au milieu de la bobine), la fusion du substrat. La température de fusion de l'aluminium (658°C) est alors atteinte.

[0102] Les paramètres de chauffe des échantillons vont dépendre de la puissance émise par l'inducteur.

[0103] Pour cet essai, on fait varier cette puissance et on relève le temps que met l'échantillon pour atteindre la fusion et éventuellement se casser.

[0104] Pendant le test, une caméra permet de mesurer le temps exact où les échantillons vont éventuellement se casser.

EP 2 544 190 A1

[0105] Les différents résultats obtenus sont émis dans le tableau I ci-dessous.

Fil en aluminium		Fil selon l'invention	
Puissance thermique (watt)	Temps avant rupture du fil (min)	Puissance thermique	Temps avant rupture du fil
467	1 min 26 sec	440	8 min 10 sec
436	1 min 55 sec	436	> 10 min
440	1 min 23sec	440	> 15 min
440	1 min 32sec	440	> 15 min
720	30 sec	720	>2 min
720	3 5sec	720	1 min 34 sec
720	36 sec	720	1 min 45 sec

Tableau I : Résultats comparatifs à même puissance de la tenue à la fusion de la tenue à la fusion entre un fil d'alliage d'aluminium et un fil d'alliage d'aluminium anodisé.

[0106] Comme le montre le test ci-dessus, les brins selon l'invention résistent à de hautes températures (figure 11) et ne se coupent pas, contrairement aux brins en aluminium pur (figure 10).

[0107] Bien que l'invention ait été décrite en liaison avec des modes de réalisation particuliers, il est bien évident qu'elle n'y est nullement limitée et qu'elle comprend tous les équivalents techniques des moyens décrits ainsi que leurs combinaisons si celles-ci entrent dans le cadre de l'invention.

Revendications

1. Câble électrique (1) comprenant un élément allongé (4) entouré par une première couche (2) comprenant un assemblage d'au moins deux brins (2a) métalliques, **caractérisé en ce que** tout le pourtour desdits au moins deux brins métalliques comporte une couche d'alumine (9) hydratée.
2. Câble électrique (1) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** la surface extérieure de la première couche comprend ladite couche d'alumine (9).
3. Câble électrique (1) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** l'assemblage des brins métalliques est apte à conférer à ladite première couche une surface sensiblement régulière.
4. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** chacun des brins (2a) métalliques constitutifs de la première couche présente une section transversale de forme complémentaire au(x) brin(s) qui lui est/sont adjacent(s).
5. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la première couche est une couche externe.
6. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche d'alumine (9) est une couche d'alumine monohydratée.
7. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche d'alumine (9) est une couche de boémite.
8. Câble électrique (1) selon l'une des revendications 1 à 5, dans lequel la couche d'alumine (9) est une couche d'alumine polyhydratée.
9. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la section transversale des brins (2a) métalliques présente une forme de Z ou de trapèze.

EP 2 544 190 A1

10. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche d'alumine est apte à se briser au niveau d'une zone de raccordement.
- 5 11. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche d'alumine (9) présente une épaisseur d'au plus 20 μm .
12. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la couche d'alumine (9) présente une épaisseur d'au moins 5 μm .
- 10 13. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel entre l'élément allongé (4) et la première couche (2) est disposée une deuxième couche, dite couche interne (3).
14. Câble électrique (1) selon la revendication 13, dans lequel la couche interne (3) comprend un assemblage de brins (3a) métalliques, chacun des brins (3a) constitutifs de la couche interne présentant une section transversale de forme complémentaire au(x) brin(s) qui lui est/sont adjacent(s).
- 15 15. Câble électrique (1) selon la revendication 14, dans lequel au moins une partie du pourtour des brins (3a) métalliques, et de préférence tout le pourtour des brins métalliques (3a) de la couche interne (3), est formé d'une couche d'alumine hydratée.
- 20 16. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'élément allongé (4), la première couche (2) et/ou la deuxième couche (3), sont en aluminium ou en alliage d'aluminium.
- 25 17. Câble électrique (1) selon l'une des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** est un câble de transmission électrique à haute tension (OHL).
- 30 18. Câble électrique comprenant au moins un brin métallique en aluminium ou en alliage d'aluminium, **caractérisé en ce que** ledit brin métallique comprend sur toute sa périphérie une couche d'alumine hydratée, ledit brin métallique et la couche d'alumine hydratée étant définis dans l'une quelconque des revendications précédentes.
- 35 19. Câble électrique selon la revendication 18, **caractérisé en ce que** le brin métallique ne comprend pas de couche de céramique entourant la couche d'alumine hydratée.
- 40 20. Procédé de fabrication d'un câble électrique (1) selon l'une des revendications 1 à 17, **caractérisé en ce qu'il** comporte les étapes suivantes:
- a) réaliser une oxydation contrôlée sur la surface d'au moins un brin métallique (2a), de manière à former une couche d'alumine hydratée (9) sur tout le pourtour dudit brin métallique ; et
- b) assembler plusieurs brins (2a) obtenus selon l'étape a) afin de former la première couche, et optionnellement la deuxième couche, autour de l'élément allongé (4).
- 45 21. Procédé de fabrication d'un câble électrique (1) selon la revendication 20, **caractérisé en ce que** l'étape d'oxydation contrôlée est une étape d'anodisation.
- 50
- 55

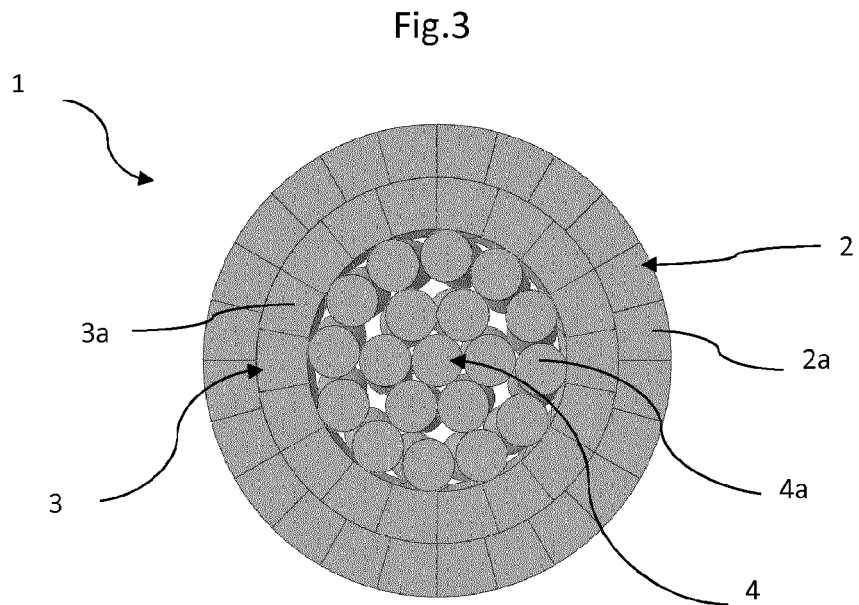
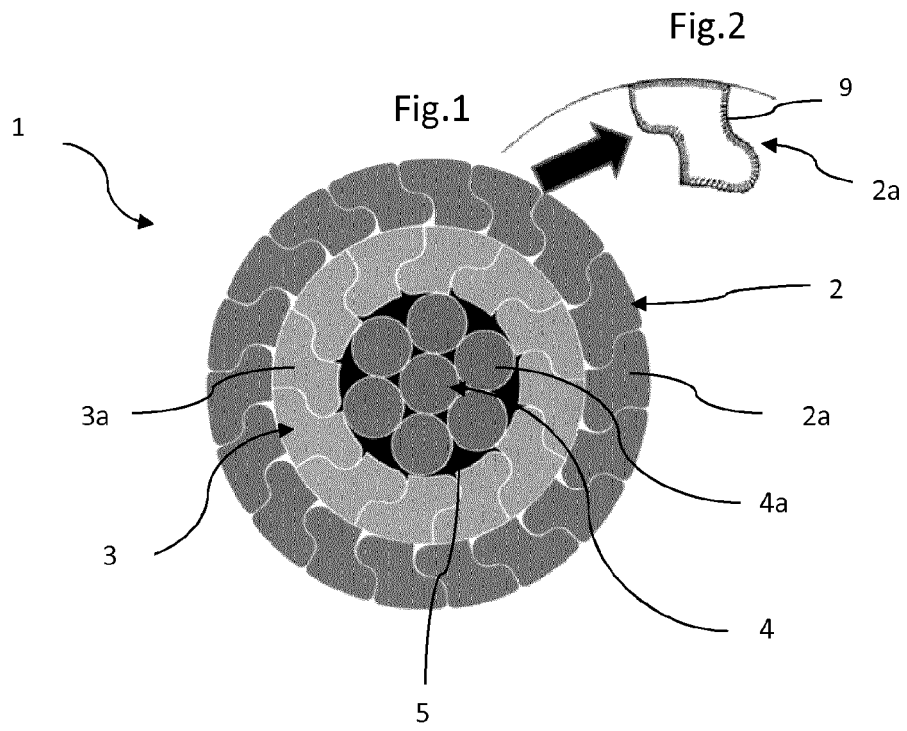


Fig.4

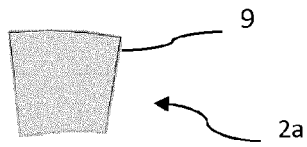


Fig.5

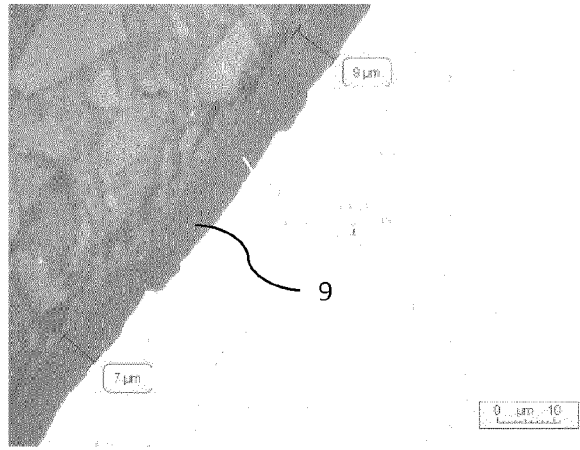


Fig.6

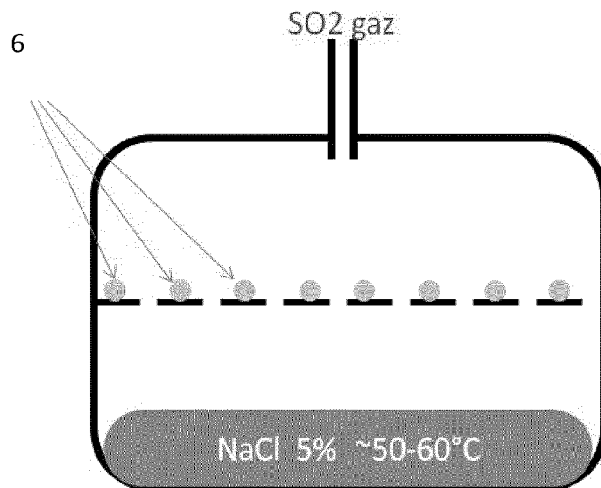


Fig.7

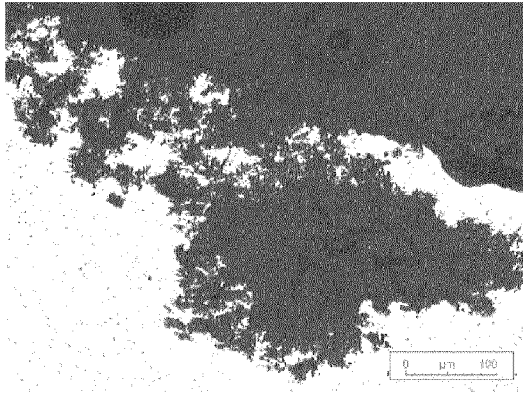


Fig.8

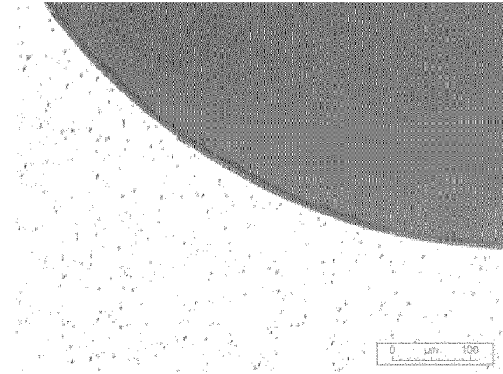


Fig.9

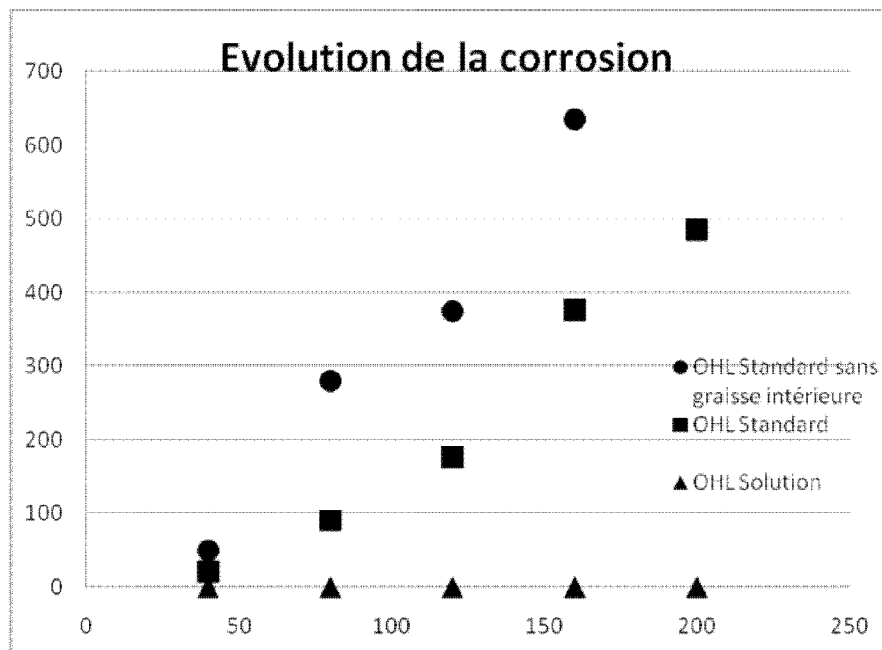


Fig.10

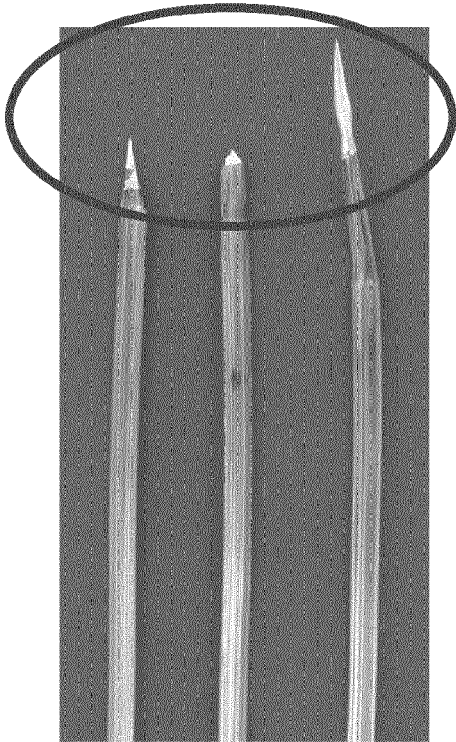
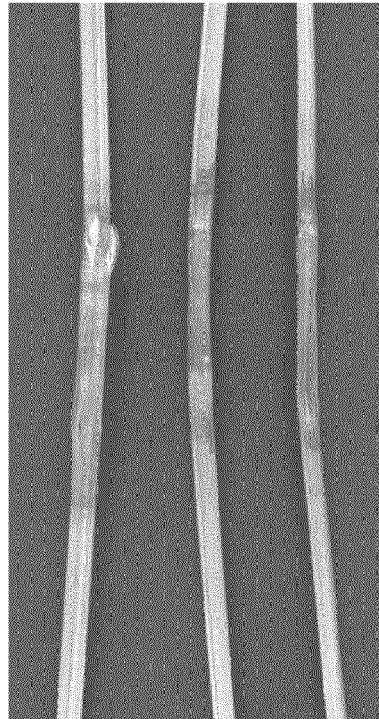


Fig.11





RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

 Numéro de la demande
EP 12 17 4688

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	DATABASE WPI Week 200933 Thomson Scientific, London, GB; AN 2009-H97233 XP002667379, & JP 2009 099450 A (YAZAKI CORP) 7 mai 2009 (2009-05-07) * abrégé *	18,19	INV. H01B3/10 H01B7/29 H01B3/00
A	----- * abrégé *	1-17	
X	JP 63 192895 A (SUMITOMO ELECTRIC INDUSTRIES) 10 août 1988 (1988-08-10) * abrégé *	18,19	
X	US 4 759 805 A (SARUWATARI KOHICHI [JP] ET AL) 26 juillet 1988 (1988-07-26) * colonne 2, ligne 1-9,39-43 * * colonne 3, ligne 5-30,42-51; revendication 1; figures 1,1a,3 * * colonne 4, ligne 36-54 *	18,19	
A	FR 676 889 A (METALLGESELLSCHAFT AG) 28 février 1930 (1930-02-28) * le document en entier *	1-21	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC) H01B
A	DE 11 67 932 B (JOHANN ZAGORSKI DR ING) 16 avril 1964 (1964-04-16) * le document en entier *	1-21	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 25 septembre 2012	Examineur Vanier, Cécile
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant	
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			

1
EPO FORM 1503 03 82 (P/MC02)

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 12 17 4688

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

Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du

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

25-09-2012

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
JP 2009099450	A	07-05-2009	AUCUN	

JP 63192895	A	10-08-1988	AUCUN	

US 4759805	A	26-07-1988	CA 1198074 A1	17-12-1985
			JP 56134411 A	21-10-1981
			US 4759805 A	26-07-1988

FR 676889	A	28-02-1930	FR 676889 A	28-02-1930
			GB 314340 A	13-02-1930

DE 1167932	B	16-04-1964	AUCUN	

EPO FORM P0460

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

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

- FR 676889 [0006]