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

(11) EP 1 647 996 A9

(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN CORRIGEE**

Avis: La bibliographie est mise à jour

(15) Information de correction:
Version corrigée no 1 (W1 A1)
Corrections, voir page(s) 5

(48) Corrigendum publié le:
05.07.2006 Bulletin 2006/27

(43) Date de publication:
19.04.2006 Bulletin 2006/16

(21) Numéro de dépôt: **05356180.9**

(22) Date de dépôt: **05.10.2005**

(51) Int Cl.:
H01B 1/02 *(2006.01)* ***H01B 13/00*** *(2006.01)*
H01B 9/02 *(2006.01)*

(84) Etats contractants désignés:
AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU LV MC NL PL PT RO SE SI SK TR
Etats d'extension désignés:
AL BA HR MK YU

(30) Priorité: **12.10.2004 FR 0411024**

(71) Demandeur: **F.S.P. - One**
38230 Pont de Cheruy (FR)

(72) Inventeurs:
- **Michel, épouse Allaire Isabelle**
  69680 Chassieu (FR)
- **Salvat, Louis**
  38230 Tignieu Jameyzieu (FR)

(74) Mandataire: **Poncet, Jean-François**
Cabinet Poncet,
7, chemin de Tillier,
B.P. 317
74008 Annecy Cédex (FR)

(54) **Cable toronne en aluminium cuivre, et procede pour sa fabrication**

(57) Un conducteur électrique selon l'invention comprend un câble toronné formé de torons à base de fils (1) à âme (2) d'aluminium recouverte d'une couche intermédiaire (3) de cuivre elle-même recouverte d'une couche superficielle (4) de nickel. La couche superficielle (4) de nickel a une épaisseur (E) comprise entre 1,3 μm et 3 μm environ, et elle présente une continuité suffisante pour résister à un bain de polysulfure pendant au moins trente secondes sans laisser apparaître de zones d'attaque du cuivre visibles selon un grossissement x 10. Un tel conducteur est particulièrement adapté en petit diamètre pour la conduction de l'électricité dans les avions ou les véhicules automobiles.

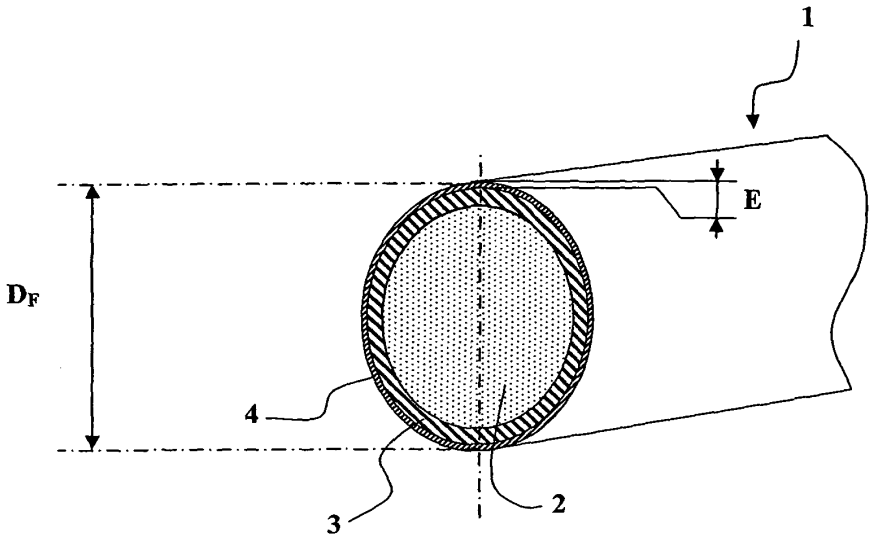


FIG. 1

EP 1 647 996 A9

Description

[0001] La présente invention concerne les conducteurs en aluminium ou en alliage d'aluminium cuivré et nickelé. Elle concerne plus spécialement les câbles électriques comprenant au moins un conducteur à âme en aluminium ou en alliage d'aluminium recouverte d'une couche de cuivre elle-même recouverte d'une couche de nickel.

[0002] Dans la description et les revendications qui suivent, le mot "aluminium" désigne au sens large l'aluminium et ses alliages. Le mot "conducteur" désigne un corps électriquement conducteur de forme allongée, dont la longueur est grande par rapport à sa section transversale, et qui est généralement sous forme d'un fil.

[0003] Les conducteurs électriques à base d'aluminium sont largement utilisés dans le transport de l'énergie électrique. Des fils et câbles électriques à âme en aluminium peuvent comprendre un revêtement en matériau isolant, et des fils ou brins unitaires peuvent être assemblés pour former l'âme conductrice d'un câble.

[0004] Dans le transport et la distribution d'énergie électrique, des conducteurs en aluminium peuvent être utilisés à l'état brut, c'est-à-dire sans traitement particulier de la surface du conducteur. Toutefois, on a déjà prévu de revêtir le conducteur en aluminium d'une couche de nickel, de manière à améliorer les propriétés de contact électrique.

[0005] Des câbles électriques à torons de fils en aluminium revêtus de nickel ont déjà été utilisés par exemple dans les applications de l'aéronautique. On trouve plus de cent kilomètres de tels câbles dans certains avions de ligne actuels.

[0006] Par rapport à la solution traditionnelle de câbles à âme en cuivre, l'aluminium présente l'avantage d'une réduction du poids : pour la même résistance électrique, un conducteur en aluminium pèse environ la moitié du poids d'un conducteur en cuivre.

[0007] Malgré le gain de poids, les applications des conducteurs en aluminium dans l'industrie aéronautique sont toutefois restées minoritaires, notamment à cause d'une plus faible conductivité, d'une plus faible charge à la rupture, de moins bonnes performances de flexibilité, de la présence d'oxydes non conducteurs en superficie du conducteur, et des difficultés d'industrialisation.

[0008] Ainsi, le document DE 196 33 615 A1 décrit l'utilisation d'un fil d'aluminium ayant un revêtement de cuivre sur lequel est appliquée une couche externe de nickel.

[0009] Le document FR 2 083 323 décrit un câble pour aéronef, ayant des fils d'aluminium à revêtement de cuivre lui-même recouvert d'une couche de nickel. Chaque conducteur est isolé par une ou plusieurs couches de matière plastique.

[0010] Les documents ci-dessus ne précisent pas l'épaisseur et la résistance de la couche de nickel, ni l'intérêt et les moyens pour garantir à la fois une conductivité suffisante, une charge à la rupture suffisante, et une flexibilité suffisante pour une utilisation en conditions difficiles et atmosphère agressive.

[0011] Le document US 3,915,667 A enseigne de revêtir un conducteur en aluminium avec un revêtement interne d'étain ou de zinc, puis avec une couche à base de cuivre, puis avec un revêtement de nickel, puis enfin avec une couche externe d'étain ou d'argent. La couche intermédiaire de nickel a une épaisseur comprise entre environ 2,5 μm et 12,7 μm. Il n'est pas précisé l'intérêt d'une couche superficielle résistante de nickel, ni les moyens pour la réaliser.

[0012] Dans le domaine des câbles de petit diamètre, il y a un besoin d'améliorer le compromis entre la conductivité du câble, sa charge à la rupture, et sa flexibilité, de façon à satisfaire les conditions d'usage des câbles qui doivent être passés dans des gaines non linéaires et relativement longues, sans risque de détérioration ou de blocage. En outre, il y a un besoin de protection à long terme de tels câbles contre l'apparition d'oxydes non conducteurs en surface, dans des conditions d'usage sévères, par exemple des écarts de température importants et répétés, des atmosphères agressives. Egalement, il y a un besoin d'assurer une bonne connexion électrique des conducteurs sans détériorer leur structure par serrage mécanique.

[0013] Le but de l'invention est de proposer une nouvelle structure de câble multibrins pour conduction de courant électrique présentant à la fois une faible résistivité électrique, une bonne flexibilité, une charge à la rupture suffisamment grande, de bonnes propriétés de contact électrique, de bonnes propriétés anticorrosion pour un usage à long terme en conditions agressives, et de bonnes capacités pour absorber les serrages mécaniques de connexion électrique.

[0014] Un problème est en particulier de réaliser une couche superficielle protectrice de nickel qui présente une qualité satisfaisante, à la fois en étanchéité et en adhérence sur la couche inférieure du conducteur, mais qui ne perturbe pas sensiblement les autres propriétés du conducteur telles que la conductance électrique, la flexibilité, le poids, la charge à la rupture.

[0015] Pour cela, l'invention propose un conducteur électrique de type câble aluminium comprenant au moins un toron à base de fils conducteurs ayant une âme en aluminium recouverte d'une couche intermédiaire de cuivre, la couche intermédiaire de cuivre étant elle-même recouverte d'une couche superficielle de nickel. L'invention prévoit une telle couche superficielle de nickel selon une épaisseur comprise entre 1,3 μm et 3,0 μm environ, cette couche superficielle de nickel présentant une continuité suffisante pour résister à un test de continuité par bain de polysulfure pendant au moins 30 secondes sans laisser apparaître de zones d'attaque du cuivre visibles selon un grossissement x 10.

[0016] Le test de continuité par bain de polysulfure est défini par la norme ASTM B298 établie par l'organisme American Society for Testing and Materials.

[0017] Le détail de ce test de continuité par bain de

polysulfure est donné dans la description qui suit.

[0018] De préférence, l'épaisseur de la couche superficielle de nickel est comprise entre 2 μm et 3 μm environ.

[0019] De bons résultats peuvent être obtenus avec une couche superficielle de nickel dont l'épaisseur est de 2,3 μm environ.

[0020] On pourra ainsi constituer un câble de sept torons de 10 ou 15 fils chacun, les fils ayant un diamètre unitaire de 0,51 mm environ.

[0021] Selon une autre application, on pourra constituer un câble comprenant sept torons de 19 fils chacun, les fils ayant un diamètre unitaire de 0,275 mm environ.

[0022] Selon une autre application, on pourra constituer un câble comprenant un toron de 61 fils ayant chacun un diamètre de 0,32 mm environ.

[0023] Selon une autre application, on pourra constituer un câble comprenant un toron de 37 fils de 0,32 ou 0,25 mm de diamètre environ.

[0024] Selon une autre application, le câble pourra comporter un toron de 19 fils de 0,30 ou 0,25 ou 0,20 mm de diamètre environ.

[0025] Pour augmenter la résistance mécanique du câble, dans les petits diamètres, on pourra avantageusement prévoir un fil central d'alliage de cuivre nickelé, entouré de six fils d'aluminium cuivré nickelé de 0,25 ou 0,20 mm de diamètre environ.

[0026] Le câble peut être toronné selon un ou plusieurs fils ou torons concentriques vrais, ou concentriques unilay. Le ou les torons et/ou le câble peuvent ensuite être recouverts d'une couche isolante en polyimide, et d'une couche externe en polytétrafluoroéthylène.

[0027] Une difficulté est de réaliser industriellement, à faible coût, la couche de nickel continue, adhérente et étanche. Pour cela, l'invention propose une procédure de fabrication de fil cuivré et nickelé comportant les étapes suivantes :

a) prévoir un fil d'ébauche à âme en aluminium recouverte d'une couche de cuivre représentant 10 % à 20 % en volume, de diamètre compris entre 2 fois et 5 fois le diamètre final désiré du fil,
b) dégraisser le fil d'ébauche,
c) procéder à un mordançage du fil d'ébauche à l'acide sulfamique,
d) déposer sur le fil d'ébauche une couche de nickel par électrolyse dans un bain d'électrolyse au sulfamate de nickel aqueux,
e) rincer le fil obtenu à l'eau déminéralisée,
f) tréfiler le fil obtenu en huile entière jusqu'au diamètre final,
g) toronner plusieurs fils ainsi obtenus en faisceaux de fils,
h) procéder à un recuit sous gaz neutre.

[0028] Ce procédé permet notamment d'éviter l'apparition d'oxydes aux interfaces entre les couches, notamment sous la couche de nickel, oxydes susceptibles ensuite de provoquer, pendant le tréfilage, des discontinuités dans la couche superficielle de nickel, et de réduire ainsi les propriétés protectrices et de contact de cette couche.

[0029] Lors de l'étape h) de recuit sous gaz neutre, le gaz neutre peut avantageusement être l'azote.

[0030] Et en complément, lors de l'étape h) de recuit sous gaz neutre, la température peut être d'environ 250°C pendant une durée d'au moins environ deux heures.

[0031] L'étape d) est particulièrement critique. Pendant cette étape, la température du bain d'électrolyse peut être maintenue entre 55°C et 65°C environ, le pH du bain d'électrolyse peut être maintenu entre 2,3 et 3,0 environ, la densité de courant peut être comprise entre 10 et 16 Ampères par décimètre carré (A/dm^2), et la concentration de nickel peut être maintenue inférieure à 140 grammes par litre environ dans le bain d'électrolyse. Cela permet de réaliser de manière plus certaine un conducteur qui satisfait le test de protection au bain de polysulfure à examen optique mentionné ci-dessus.

[0032] Pour optimiser le processus, pendant l'étape d), on peut prévoir que la température du bain d'électrolyse est d'environ 60°C, que le pH du bain d'électrolyse est d'environ 2,4, que la densité de courant est d'environ 15 à 16 Ampères par décimètre carré (A/dm^2).

[0033] De préférence, le procédé peut comprendre une étape préalable a_0) de calibrage du fil d'ébauche en aluminium cuivré, en dimension et en dureté.

[0034] Après une telle étape de calibrage a_0), le fil d'ébauche en aluminium cuivré peut présenter par exemple une charge à la rupture inférieure ou égale à 20 décaNewtons par millimètre carré (daN/mm^2) environ, et un allongement compris entre 2 et 3 % environ. De la sorte, on évite encore, pendant le tréfilage, l'apparition de lacunes ou discontinuités dans la couche superficielle de nickel.

[0035] Pendant l'étape c), le bain d'acide sulfamique peut avantageusement avoir une concentration d'environ 40 grammes par litre.

[0036] Le diamètre initial du fil d'ébauche en aluminium cuivré peut être compris entre 1,2 et 0,8 mm environ. Le dépôt de nickel s'effectue alors selon une épaisseur de 10 à 15 μm environ. Et le diamètre final du fil en aluminium cuivré et nickelé est compris entre 0,51 mm et 0,20 mm environ.

[0037] De préférence, l'étape b) de dégraissage du fil peut comprendre les étapes :

b1) dégraisser le fil d'ébauche par ultrasons,
b2) procéder à un dégraissage anodique du fil d'ébauche dans un bain contenant de la soude et des tensioactifs,
b3) rincer le fil d'ébauche à l'eau déminéralisée.

[0038] Pour les fils de diamètre inférieur ou égal à 0,25 mm, on réalise de préférence l'étape g) de toronnage avant l'étape h) de recuit. Par contre, pour les fils de diamètre supérieur, on réalise de préférence l'étape h)

de recuit avant l'étape g) de toronnage.

[0039] D'autres objets, caractéristiques et avantages de la présente invention ressortiront de la description suivante de modes de réalisation particuliers, faite en relation avec les figures jointes, parmi lesquelles :

- la figure 1 est une vue en perspective en coupe transversale d'un fil à âme en aluminium selon un mode de réalisation de la présente invention ;
- la figure 2 est une coupe transversale d'un toron à 19 fils de type concentrique vrai ;
- la figure 3 est une coupe transversale d'un toron à 19 fils de type concentrique unilay ;
- la figure 4 est une coupe transversale d'un toron à 7 fils ;
- la figure 5 est une vue en perspective en coupe transversale d'une ébauche de fil en aluminium cuivré à partir duquel on réalise le fil selon l'invention ;
- la figure 6 est une vue schématique générale d'un dispositif pour la fabrication du fil de la figure 1 selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 7 est une vue schématique du poste de nickelage dans l'installation de la figure 6 ;
- la figure 8 illustre les deux étapes d'un processus de test permettant de contrôler la qualité du fil obtenu ;
- la figure 9 est une vue d'un fil de bonne qualité ayant subi le test ; et
- la figure 10 est une vue d'un fil de mauvaise qualité ayant subi le test.

[0040] On considère tout d'abord la figure 1, qui illustre la structure d'un fil 1 conducteur selon un mode de réalisation de l'invention. On distingue une âme 2 en aluminium, recouverte d'une couche intermédiaire 3 en cuivre, elle-même recouverte d'une couche superficielle 4 en nickel.

[0041] L'aluminium constituant l'âme 2 peut être de l'aluminium pur ou un alliage d'aluminium. On pourra préférer un alliage à 99,5 % d'aluminium ayant au plus 0,10 % de silicium et au plus 0,40 % de fer.

[0042] Dans les applications pour l'industrie aéronautique ou l'industrie automobile, le fil peut avoir un diamètre total final D_F compris entre environ 0,51 mm et 0,20 mm. D'autres valeurs de diamètre pourront toutefois être utilisées, en fonction des caractéristiques recherchées.

[0043] Le cuivre de la couche intermédiaire 3 peut représenter avantageusement 15 % en volume du fil. Cela conduit à un fil ayant les caractéristiques suivantes : une densité à 20°C d'environ 3,60 kilogrammes par décimètre cube, une résistivité de 2,78 10^{-8} ohms par mètre, une conductivité de 60 % à 64% IACS, généralement de 62 % IACS, une charge à la rupture de 138 Newtons par millimètre carré et un allongement minimum de 6 %.

[0044] Pour réaliser à la fois une flexibilité satisfaisante, et une conductivité suffisante grâce à une grande section transversale, les fils ci-dessus sont assemblés en toron par les techniques habituelles de formation de câbles.

[0045] Par exemple, comme illustré sur la figure 2, on peut réaliser un toron 5 de 19 fils tels que le fil 1, selon une structure de toron concentrique, les couches étant de sens alternés. Selon un autre exemple, sur la figure 3, on a réalisé un toron 6 de 19 fils tels que le fil 1, selon une structure de toron unilay, les couches étant de même sens.

[0046] Par contre, on évitera une structure de type toron unilay hexagonal, qui peut rendre plus difficile ou défectueuse la connexion électrique en bout de câble.

[0047] Des structures de section plus petite peuvent comprendre des torons 7 à sept brins, ayant un brin central 7a et six brins périphériques 7b-7g, comme illustré sur la figure 4. Le brin central 7a peut être en alliage de cuivre nickelé, tandis que les brins périphériques 7b-7g sont en aluminium cuivré et nickelé comme le fil 1 de la figure 1. On réalise ainsi des torons mixtes 7, dans lesquels on augmente par cette structure la charge à la rupture et on réduit simultanément la conductivité, au détriment du poids.

[0048] Dans le fil de la figure 1, l'épaisseur E de la couche superficielle 4 de nickel doit être supérieure à 1,3 μm, à défaut de quoi on constate que la couche superficielle 4 de nickel n'est pas suffisamment continue pour assurer une protection efficace de la couche intermédiaire 3 de cuivre. Il n'est pas avantageux de réaliser une couche de nickel dont l'épaisseur est supérieure à 3 μm environ, car cela affecte défavorablement les autres propriétés du conducteur telles que la conductance électrique, la flexibilité, la charge à la rupture, et cela réduit sensiblement la vitesse de fabrication du conducteur. De préférence, l'épaisseur E de la couche superficielle 4 de nickel sera comprise entre 2 μm et 3 μm environ, et un bon compromis est obtenu avec une couche superficielle 4 dont l'épaisseur E est égale à 2,3 μm environ.

[0049] En pratique, on constituera des câbles ayant des nombres de fils et de torons différents en fonction de la gamme.

[0050] Selon un premier exemple, un câble peut comprendre 7 torons de 10 ou 15 fils chacun, les fils ayant un diamètre unitaire de 0,51 mm environ.

[0051] Selon un second exemple, on constitue un câble comprenant sept torons de 19 fils chacun, les fils ayant un diamètre unitaire de 0,275 mm environ.

[0052] Selon un troisième exemple, on constitue un câble comprenant un toron de 61 fils de 0,32 mm de diamètre environ.

[0053] Selon un autre exemple, le câble comprend un toron de 37 fils de 0,32 ou 0,25 mm environ.

[0054] Selon un autre exemple, le câble comprend un toron de 19 fils de 0,30 ou 0,25 ou 0,20 mm environ, selon une structure des figures 2 ou 3.

[0055] Enfin, les câbles à plus faible section seront constitués d'un fil central 7a d'alliage de cuivre nickelé, entouré de six fils 7b-7g d'aluminium cuivré et nickelé de 0,25 ou 0,20 mm de diamètre.

[0056] Les torons pourront ensuite être recouverts d'une couche isolante en polyimide et d'une couche ex-

terne en polytétrafluoroéthylène.

[0057] Pour la réalisation d'un fil 1 tel qu'illustré sur la figure 1, on est parti d'un fil d'ébauche 8 en aluminium cuivré de plus grand diamètre D_I tel qu'illustré sur la figure 5, le diamètre D_I de fil d'ébauche 8 étant compris entre 2 et 5 fois le diamètre final D_F désiré du fil, par exemple de 0,8 à 1,2 millimètres environ. Cela a permis un traitement rapide, industriellement économique.

[0058] On a traité le fil d'ébauche 8 par un procédé illustré sur les figures 6 et 7.

[0059] Le fil d'ébauche 8 était constitué d'une âme 8a en aluminium, recouverte d'une couche superficielle 8b en cuivre, le cuivre représentant 15 % en volume de l'ensemble.

[0060] On considère maintenant la figure 6, qui illustre schématiquement la structure générale d'un dispositif pour la fabrication d'un fil selon un procédé de l'invention.

[0061] Le fil d'ébauche 8 passe tout d'abord dans un dispositif à ultrasons 9, qui réalise un premier dégraissage. Le fil passe ensuite dans un bac de dégraissage anodique 10, qui réalise un dégraissage anodique dans un bain 11 pouvant par exemple contenir de la soude et des tensio actifs. De la sorte, on s'assure que la surface du fil est dépourvue d'oxydes. La présence de tels oxydes serait défavorable au tréfilage ultérieur.

[0062] Le fil passe ensuite dans un dispositif de rinçage 12, produisant un rinçage du fil à l'eau déminéralisée.

[0063] Le fil passe ensuite dans un bac 13 contenant un bain d'acide sulfamique 14. La concentration d'acide sulfamique peut avantageusement être d'environ 40 grammes par litre. On réalise ainsi un traitement de surface de la couche en cuivre, facilitant l'adhérence ultérieure du nickel.

[0064] Le fil passe ensuite dans un dispositif de dépôt électrolytique de nickel 15, qui réalise un dépôt approprié d'une couche superficielle de nickel. Le dispositif sera décrit plus en détail en relation avec la figure 7. Le fil passe ensuite dans un second dispositif de rinçage 16, qui rince le fil à l'eau déminéralisée.

[0065] Le fil passe ensuite dans un dispositif de tréfilage 17, dans lequel on réalise un tréfilage en huile entière jusqu'au diamètre final, c'est-à-dire dans la gamme de 0,51 - 0,20 mm de diamètre environ.

[0066] Généralement, le tréfilage s'effectue à une vitesse différente des traitements précédents. Il est donc nécessaire alors de prévoir une étape intermédiaire au cours de laquelle le fil est conditionné en bobine après l'étape de rinçage dans le dispositif de rinçage 16, et on enduit le fil d'un film d'huile entière qui le protège jusqu'à un traitement de tréfilage ultérieur.

[0067] En sortie du dispositif de tréfilage 17, le fil passe dans un four 18 associé à une source de gaz neutre 19 tel que l'azote, dans lequel le fil subit un recuit sous azote à 240°C environ pendant deux heures environ. On obtient ainsi un fil 1 en sortie, tel qu'illustré sur la figure 1.

[0068] Le résultat obtenu par ce procédé peut dépendre de la dimension et de la structure du fil d'ébauche 8. Pour s'affranchir des éventuelles dispersions de dimension et de structure, on peut avantageusement procéder à une étape préalable de calibrage du fil d'ébauche 8, pour lui donner une dimension et une dureté appropriées et constantes. On pourra avantageusement préférer un fil d'ébauche ayant une charge à la rupture inférieure ou égale à 20 daN par mm^2 environ, et un allongement compris entre 2 et 3 % environ, avec une dimension constante choisie dans la gamme des diamètres compris entre trois fois et cinq fois le diamètre final désiré du fil.

[0069] On considère maintenant la figure 7, pour la description du dispositif 15 réalisant l'étape de dépôt de la couche de nickel par électrolyse.

[0070] Le dispositif comprend un bac interne 20 à débordement, contenant le bain d'électrolyse 21 qui se déverse, comme indiqué par la flèche 22, dans un bac externe 23 qui contient le bac interne 20. Le liquide recueilli dans le bac externe 23 est envoyé par des canalisations 24 dans une cuve de stockage 25, de laquelle le liquide est renvoyé dans le bac interne 20 par une pompe 26 et une canalisation 27. Une réserve de nickel métallique 28 est logée dans le bac interne 20, à l'intérieur du bain d'électrolyse 21. Le fil d'ébauche 8 est déplacé et guidé à travers le bac interne 20, en plusieurs passages, et ressort après dépôt d'une couche de nickel sur sa surface. La réserve de nickel 28 est connectée électriquement au pôle positif d'un générateur électrique 29 dont le pôle négatif est connecté au fil 8.

[0071] Le bain d'électrolyse 21 contient du sulfamate de nickel en solution aqueuse. De bons résultats nécessitent de contrôler en permanence la concentration du bain d'électrolyse 21. On prévoit pour cela de raccorder la cuve de stockage 25 à une alimentation en eau 30, à une canalisation de purge 31, à une source d'acide sulfamique 32. On contrôle le pH du bain d'électrolyse 21 par un capteur de pH 33 agissant sur un régulateur qui commande la manoeuvre des vannes correspondantes pour soutirer une quantité de liquide du bain d'électrolyse 21 par la canalisation de purge 31, pour ajouter de l'eau par l'alimentation en eau 30, et pour ajouter de l'acide sulfamique par la source d'acide sulfamique 32.

[0072] Dans les essais réalisés, le pH du bain d'électrolyse a été avantageusement maintenu entre 2,3 et 3,0 environ, de préférence voisin de 2,4.

[0073] On a également régulé la température du bain d'électrolyse 21, au moyen d'un capteur de température 34 et de moyens de chauffe 35, afin que le bain d'électrolyse soit par exemple à une température d'environ 60°C.

[0074] La concentration en sulfamate de nickel dans le bain d'électrolyse 21 a été maintenue à un niveau bas, par exemple inférieur à 140 grammes par litre de nickel. A défaut, la couche superficielle de nickel aurait été trop dure, et aurait mal supporté le tréfilage ultérieur.

[0075] Le générateur électrique 29 est adapté pour réguler la densité de courant d'électrolyse. Dans les essais réalisés, la densité de courant d'électrolyse a été avantageusement maintenue dans une fourchette de valeurs comprise entre 10 et 16 A/dm^2 ; de préférence comprise

entre 15 et 16 A/dm^2.

[0076] A titre d'exemple, on donne ci-après des résultats de quelques essais qui ont été effectués avec des conditions différentes de dépôt électrolytique, et on indique la qualité satisfaisante ou non du fil obtenu, j étant la densité de courant :

Echantillons	j	pH	Résultat
1	14	2,5	bon
2	14	4,5	acceptable
3	14	3,1	mauvais
4	14	5,5	mauvais
5	20	2,5	mauvais
6	22	2,5	mauvais
7	17	2,5	mauvais
8	11,2	2,5	acceptable
9	8,4	2,5	mauvais

[0077] Une difficulté a été de déterminer la qualité bonne, acceptable ou mauvaise du revêtement de nickel réalisé par le procédé.

[0078] On a utilisé avec succès un test au bain de polysulfure selon la norme ASTM B298, avec un examen optique spécifique, qui procure un résultat global de contrôle de la qualité du revêtement, en mettant en évidence les lacunes ou microfissures éventuelles du revêtement de nickel.

[0079] Comme illustré sur la figure 8, un échantillon de fil 1 est tout d'abord dégraissé par immersion dans un solvant organique approprié 36 tel que le benzène, le trichloréthylène ou un mélange d'éther et d'alcool, pendant au moins 3 minutes. Il est ensuite retiré et séché par essuyage à l'aide d'un tissu doux et propre. On doit tenir l'échantillon de fil 1 dans le tissu jusqu'à la suite du test, et l'on doit éviter de le toucher à la main.

[0080] On prépare une solution concentrée de polysulfure en dissolvant des cristaux de sulfure de sodium dans de l'eau déminéralisée jusqu'à saturation à environ 21 °C et en ajoutant suffisamment de fleur de souffre pour obtenir la saturation complète, que l'on peut contrôler par la présence d'un excès de souffre lorsque la solution a reposé pendant au moins 24 heures. On réalise la solution de test en diluant une portion de la solution concentrée avec de l'eau déminéralisée jusqu'à une densité spécifique de 1,142 à 15,6°C. La solution de test de polysulfure de sodium doit avoir une force suffisante pour noircir entièrement un tronçon de fil de cuivre en 5 secondes. La solution de test ne sera pas considérée comme épuisée tant qu'elle pourra noircir une pièce de cuivre.

[0081] On prépare simultanément une solution d'acide chlorhydrique, en diluant l'acide chlorhydrique commercial avec de l'eau distillée jusqu'à atteindre une densité de 1,088 mesurée à 15,6°C. Une portion de la solution d'acide chlorhydrique ayant un volume de 180 millilitres sera considérée comme épuisée si elle ne peut pas supprimer en 45 secondes la décoloration de l'argent due à l'immersion dans le polysulfure.

[0082] Pour tester le fil, on immerge l'échantillon de fil 1 ayant une longueur d'au moins 114 mm pendant 30 secondes dans un bain de polysulfure 37 contenant la solution de polysulfure de sodium décrite ci-dessus maintenue à une température comprise entre 15,6°C et 21 °C.

[0083] Ensuite on rince l'échantillon de fil 1 à l'eau déminéralisée 38, et on le sèche avec un tissu doux et propre.

[0084] On immerge immédiatement l'échantillon de fil 1 pendant 15 secondes dans une solution 39 d'acide chlorhydrique décrite ci-dessus, puis on le lave entièrement à l'eau déminéralisée 40 et on le sèche avec un tissu doux et propre.

[0085] Moins de deux heures après ce traitement, on examine l'échantillon de fil 1, par exemple à l'aide d'une loupe binoculaire 41 en grossissement x 10. On ne portera pas attention aux zones d'extrémité de l'échantillon de fil 1, c'est-à-dire les zones à moins de 12,7 mm de chaque extrémité.

[0086] Un échantillon de fil 1 prélevé sur un fil de bonne qualité, illustré sur la photographie de la figure 9, ne présente pas de marque visible d'attaque de la couche inférieure de cuivre par le bain de polysulfure. On estime qu'une marque d'attaque est visible lorsqu'elle présente une surface d'au moins 0,02 mm^2 en grossissement x 10 (correspondant à un spot de 0,01 mm de côté au grossissement 1).

[0087] Par contre, un échantillon de fil prélevé sur un fil défectueux, tel qu'illustré sur la photographie de la figure 10, présente des zones sombres 42 qui sont la preuve d'un défaut d'étanchéité de la couche superficielle de nickel, laissant se produire une attaque du cuivre sous-jacent par le bain de polysulfure. C'est de cette façon qu'ont été examinés les fils des échantillons du tableau ci-dessus.

[0088] Les conducteurs électriques selon la présente invention pourront avantageusement être utilisés dans tous types d'applications requérant un bon compromis entre la conductivité, la charge à la rupture, la flexibilité, le poids, et la protection à long terme, notamment dans l'aéronautique, dans l'automobile, et de façon générale dans tous types de mobiles.

[0089] La présente invention n'est pas limitée aux modes de réalisation qui ont été explicitement décrits, mais elle en inclut les diverses variantes et généralisations contenues dans le domaine des revendications ci-après.

Revendications

1. Conducteur électrique de type câble aluminium, comprenant au moins un toron à base de fils (1) conducteurs à âme (2) d'aluminium recouverte d'une couche intermédiaire (3) de cuivre elle-même recou-

verte d'une couche superficielle (4) de nickel, **caractérisé en ce que** :

- la couche superficielle (4) de nickel a une épaisseur (E) comprise entre 1,3 μm et 3 μm environ,
- la couche superficielle (4) de nickel présente une continuité suffisante pour résister à un test de continuité par bain de polysulfure (37) pendant au moins 30 secondes sans laisser apparaître de zones d'attaque (42) du cuivre visibles selon un grossissement x 10.

2. Conducteur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** l'épaisseur (E) de la couche superficielle (4) de nickel est comprise entre 2 μm et 3 μm environ.

3. Conducteur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** l'épaisseur (E) de la couche superficielle (4) de nickel est de 2,3 μm environ.

4. Conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**il est constitué d'un câble de sept torons de 10 ou 15 fils chacun, les fils ayant un diamètre unitaire de 0,51 mm environ.

5. Conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**il est constitué d'un câble de sept torons de 19 fils chacun, les fils ayant un diamètre unitaire de 0,275 mm environ.

6. Conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**il est constitué d'un câble comprenant un toron de 61 fils de 0,32 mm de diamètre environ.

7. Conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**il est constitué d'un câble comprenant un toron de 37 fils de 0,32 ou 0,25 mm de diamètre environ.

8. Conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**il est constitué d'un câble comprenant un toron (5, 6) de 19 fils de 0,30 ou 0,25 ou 0,20 mm environ.

9. Conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce qu'**il comprend un fil central (7a) en alliage de cuivre nickelé, entouré de six fils (7b-7g) d'aluminium cuivré nickelé de 0,25 ou 0,20 mm de diamètre environ.

10. Conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, **caractérisé en ce que** le câble est toronné selon un ou plusieurs fils ou torons concentriques vrais ou concentriques unilay.

11. Conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, **caractérisé en ce que** le ou les torons et/ou le câble sont recouverts d'une couche isolante en polyimide et d'une couche externe en polytétrafluoroéthylène.

12. Procédé pour réaliser un conducteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel on prévoit une procédure de fabrication de fil d'aluminium cuivré et nickelé comportant les étapes suivantes :

a) prévoir un fil d'ébauche (8) à âme en aluminium (8a) recouverte d'une couche de cuivre (8b) représentant 10 % à 20 % en volume, de diamètre (D_I) compris entre 2 fois et 5 fois le diamètre final (D_F) désiré du fil,
b) dégraisser le fil d'ébauche (8),
c) procéder à un mordançage du fil d'ébauche (8) à l'acide sulfamique (14),
d) déposer sur le fil d'ébauche (8) une couche de nickel par électrolyse dans un bain d'électrolyse (21) au sulfamate de nickel aqueux,
e) rincer le fil obtenu à l'eau déminéralisée,
f) tréfiler le fil obtenu en huile entière jusqu'au diamètre final,
g) toronner plusieurs fils ainsi obtenus en faisceaux de fils,
h) procéder à un recuit sous gaz neutre.

13. Procédé selon la revendication 12, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape h) de recuit sous gaz neutre, le gaz neutre est l'azote.

14. Procédé selon l'une des revendications 12 ou 13, **caractérisé en ce que**, lors de l'étape h) de recuit sous gaz neutre, la température est d'environ 250°C pendant une durée d'au moins environ deux heures.

15. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que**, pendant l'étape d), la température du bain d'électrolyse (21) est maintenue entre 55°C et 65°C environ, le pH du bain d'électrolyse (21) est maintenu entre 2,3 et 3,0 environ, la densité de courant (j) est comprise entre 10 et 16 A/dm^2, la concentration de nickel est maintenue inférieure à 140 grammes par litre environ dans le bain d'électrolyse (21).

16. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que**, pendant l'étape d), la température du bain d'électrolyse (21) est d'environ 60°C, le pH du bain d'électrolyse (21) est d'environ 2,4, la densité de courant est d'environ 15 à 16 A/dm^2.

17. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, **caractérisé en ce qu'**il comprend une étape

préalable a_0) de calibrage du fil d'ébauche (8) en aluminium cuivré, en dimension et en dureté.

18. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 17, **caractérisé en ce que**, après une étape éventuelle de calibrage a_0), le fil d'ébauche (8) en aluminium cuivré présente une charge à la rupture inférieure ou égale à 20 daN/mm^2 environ et un allongement compris entre 2 et 3 % environ.

19. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 18, **caractérisé en ce que**, pendant l'étape c), le bain d'acide sulfamique a une concentration d'environ 40 grammes par litre.

20. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 19, **caractérisé en ce que** le diamètre initial (D_I) du fil d'ébauche (8) en aluminium cuivré est compris entre 1,2 et 0,8 mm environ, le dépôt de nickel s'effectue selon une épaisseur de 10 à 15 µm environ, le diamètre final du fil en aluminium cuivré et nickelé (1) est compris entre 0,51 mm et 0,20 mm environ.

21. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 20, **caractérisé en ce que** l'étape b) de dégraissage du fil comprend :

b1) dégraisser le fil d'ébauche (8) par ultrasons,
b2) procéder à un dégraissage anodique du fil d'ébauche (8) dans un bain (11) contenant de la soude et des tensioactifs,
b3) rincer le fil d'ébauche (8) à l'eau déminéralisée.

22. Procédé selon l'une quelconque des revendications 12 à 21, **caractérisé en ce que**, pour les fils de diamètre inférieur ou égal à 0,25 mm, on réalise l'étape g) de toronnage avant l'étape h) de recuit, tandis que pour les fils de diamètre supérieur, on réalise l'étape h) de recuit avant l'étape g) de toronnage.

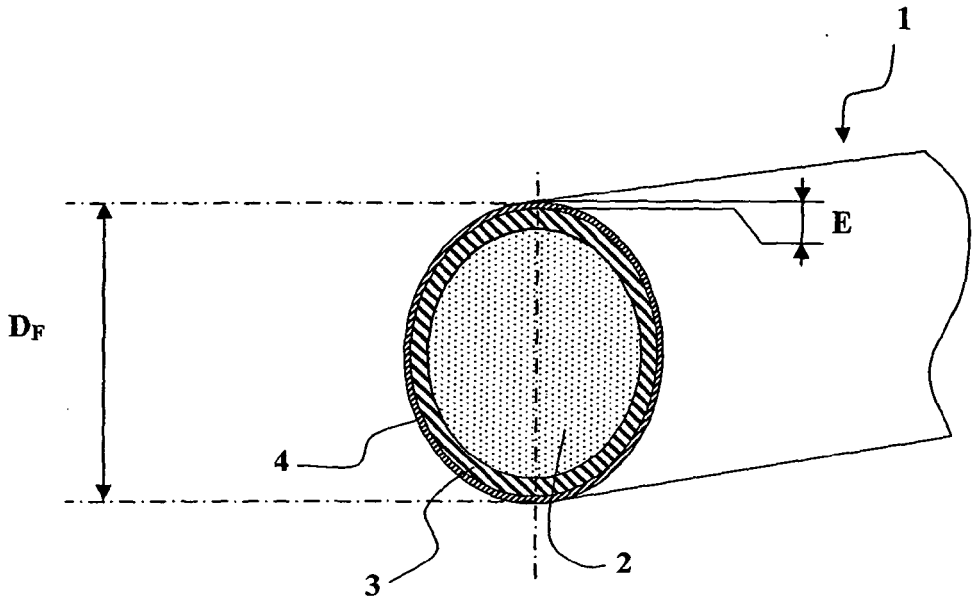


FIG. 1

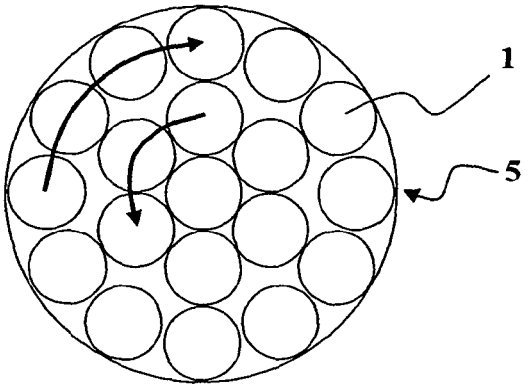


FIG. 2

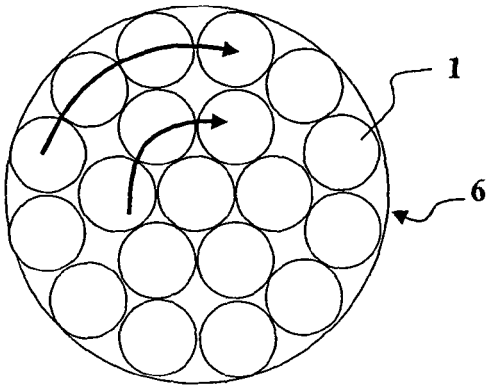


FIG. 3

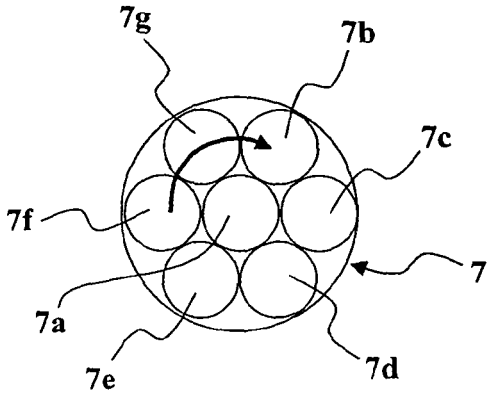


FIG. 4

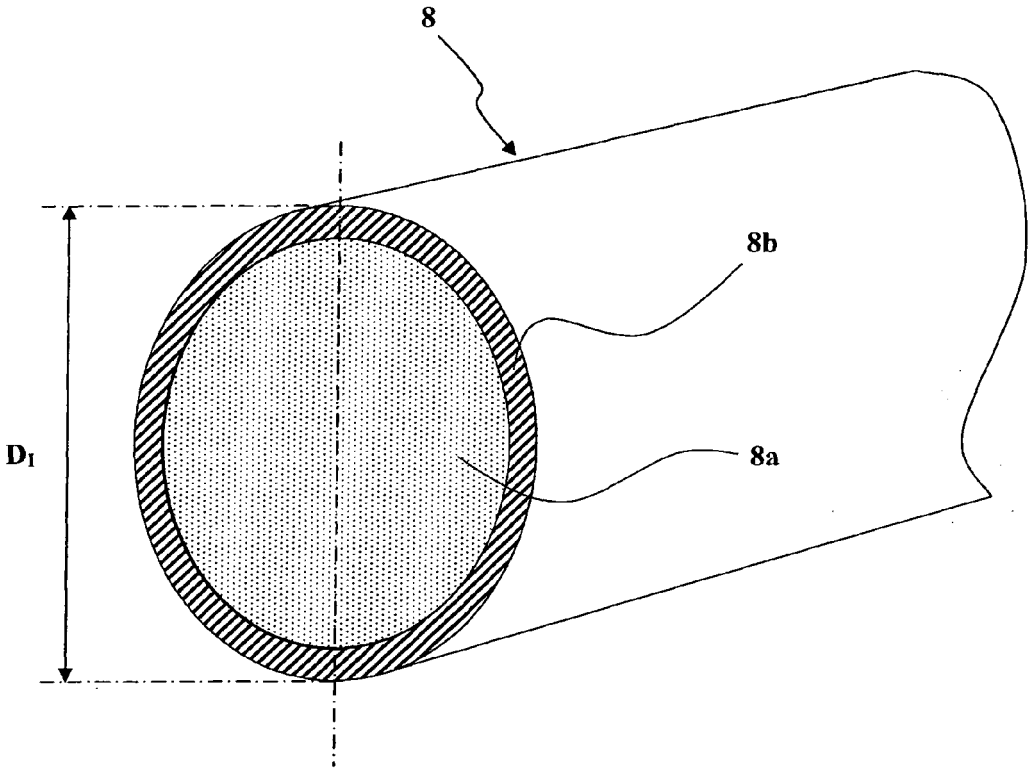


FIG. 5

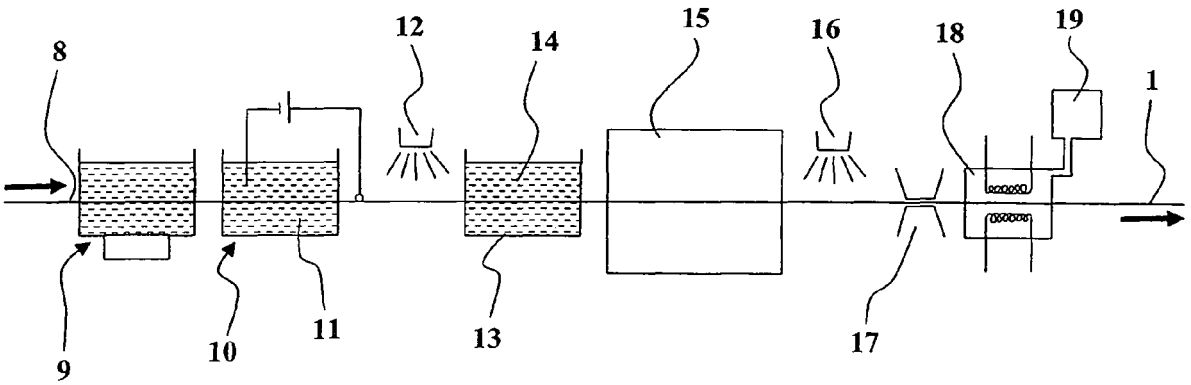


FIG. 6

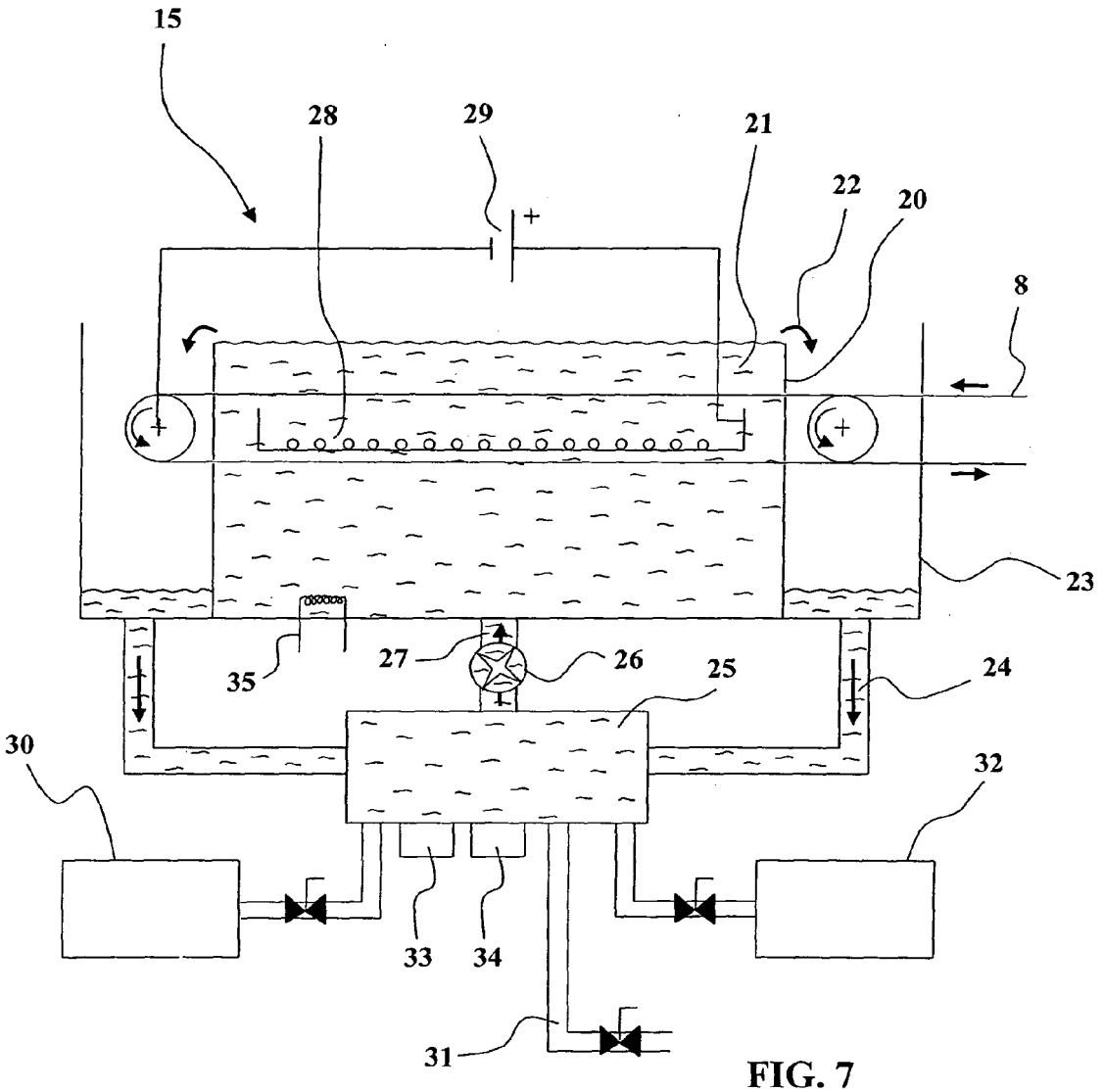


FIG. 7

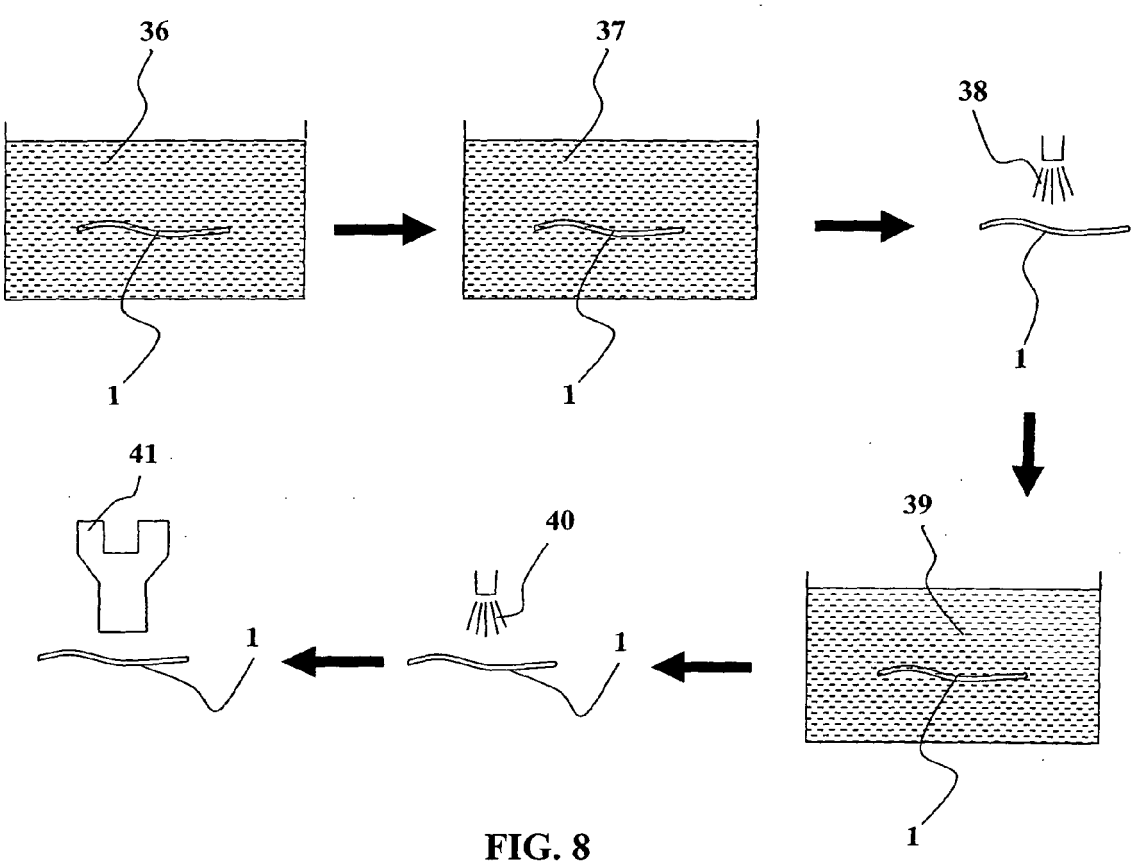


FIG. 8

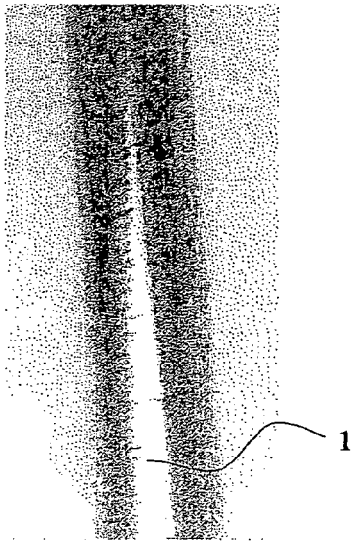


FIG. 9

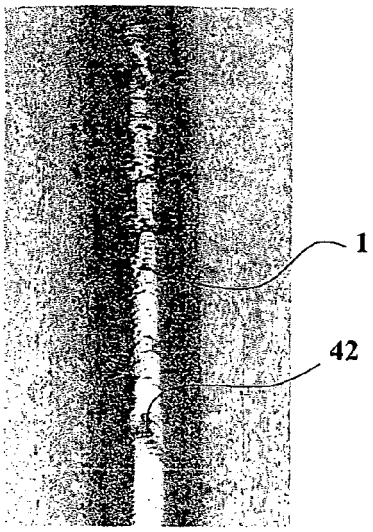


FIG. 10

Office européen des brevets

RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande
EP 05 35 6180

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	FR 2 083 323 A (BRITISH INSULATED CALLEN) 17 décembre 1971 (1971-12-17) * page 6, ligne 16 - page 7, ligne 1; revendications * * page 2, ligne 8 - ligne 11 *	1-11	H01B1/02 H01B13/00 H01B9/02
X	DE 196 33 615 A1 (FEINDRAHTWERK ADOLF EDELHOFF GMBH & CO, 58640 ISERLOHN, DE; FEINDRAHTW) 26 février 1998 (1998-02-26) * colonne 4, ligne 40 - ligne 52; revendications 1-6,11,12; figure 1 *	1-11	
X	US 3 915 667 A (RICKS ET AL) 28 octobre 1975 (1975-10-28) * colonne 1, ligne 12 - ligne 15; revendication 1 * * colonne 4, ligne 55 - ligne 56 * * colonne 5, ligne 32 - ligne 33 *	1,2	

DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (IPC)

H01B

1 Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications

Lieu de la recherche	Date d'achèvement de la recherche	Examinateur
Munich	2 janvier 2006	Lohner, P

CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES

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

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

EPO FORM 1503 03.82 (P04C02)

ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO. EP 05 35 6180

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 members 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.

02-01-2006

Document brevet cité au rapport de recherche	Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
FR 2083323 A	17-12-1971	CA 951393 A1	16-07-1974
		DE 2112452 A1	07-10-1971
		ES 196414 Y	16-10-1975
		NL 7103501 A	20-09-1971
		US 3795760 A	05-03-1974
DE 19633615 A1	26-02-1998	AUCUN	
US 3915667 A	28-10-1975	AU 7327574 A	18-03-1976
		JP 1067080 C	30-09-1981
		JP 50057036 A	19-05-1975
		JP 56008919 B	26-02-1981
		US B399766 I5	28-01-1975

EPO FORM P0460

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