



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2010/02/01
 (87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2010/08/12
 (85) Entrée phase nationale/National Entry: 2011/07/14
 (86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2010/050159
 (87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2010/089500
 (30) Priorité/Priority: 2009/02/03 (FR0950672)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H01B 5/10* (2006.01),
H01B 7/18 (2006.01), *H01B 7/22* (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:
NEXANS, FR

(72) Inventeurs/Inventors:
BARBEAU, SOPHIE, FR;
GUERY, DANIEL, BE;
MARTIN, MICHEL, BE;
THEUNE, CLAUS-FRIEDRICH, DE;
MEYER, MICHAEL, DE;
POULARD, CORINNE, FR

(74) Agent: ROBIC

(54) Titre : CABLE DE TRANSMISSION ELECTRIQUE A HAUTE TENSION
 (54) Title: HIGH VOLTAGE ELECTRIC TRANSMISSION CABLE

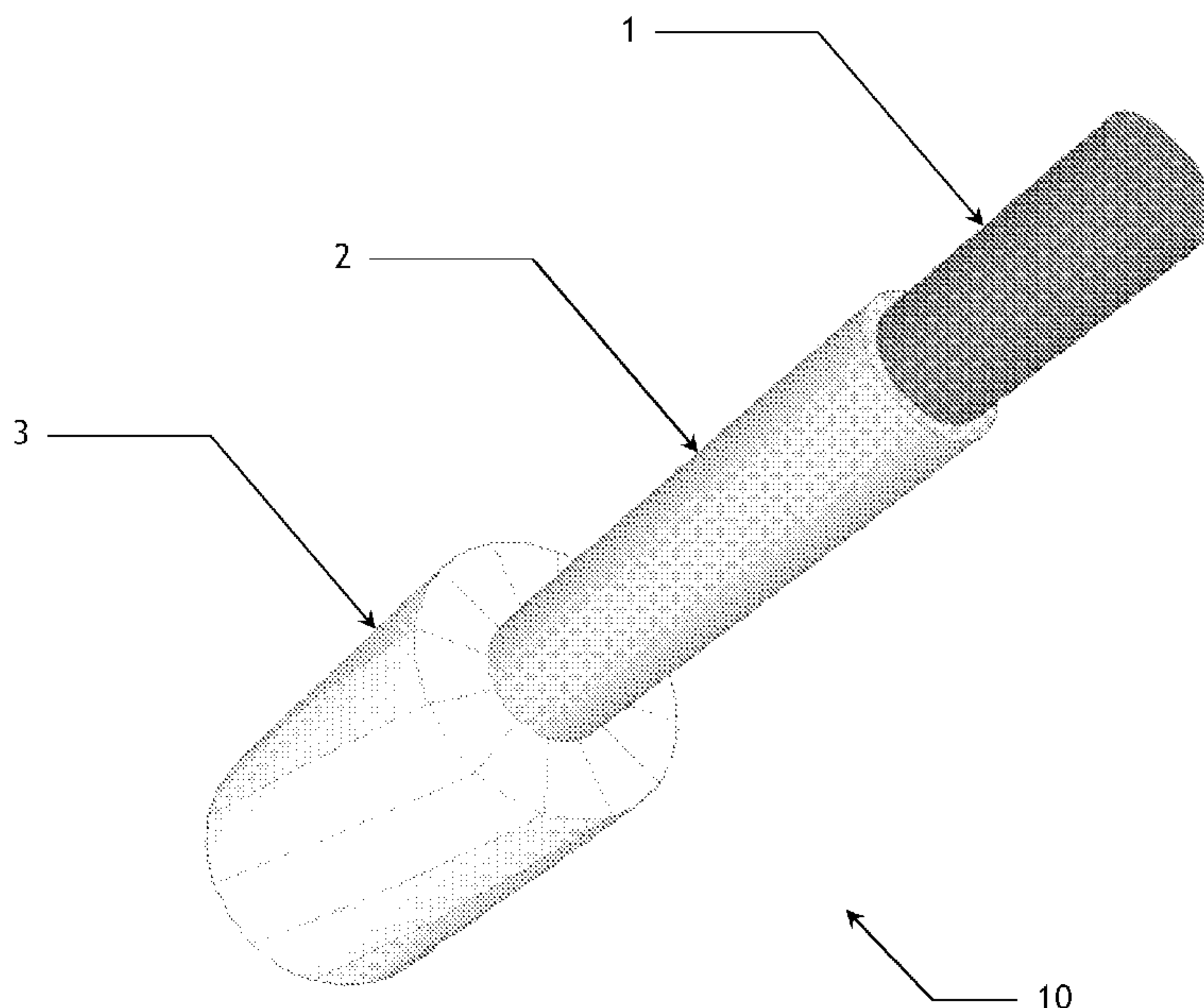


FIG. 1

(57) **Abrégé/Abstract:**

La présente invention concerne un câble électrique (10) comprenant : au moins un élément composite (1) de renforcement comprenant un ou plusieurs éléments de renforcement noyé(s) au moins partiellement dans une matrice organique; un revêtement

(57) **Abrégé(suite)/Abstract(continued):**

(2) entourant ledit ou lesdits éléments composites (1) de renforcement, ledit revêtement (2) étant étanche tout autour du ou des éléments composites (1) de renforcement; et au moins un élément conducteur (3) entourant ledit revêtement (2), caractérisé en ce que l'épaisseur du revêtement (2) étanche est d'au plus 3000 μm .

(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(43) Date de la publication internationale
12 août 2010 (12.08.2010)

(10) Numéro de publication internationale
WO 2010/089500 A1

(51) Classification internationale des brevets :
H01B 5/10 (2006.01) *H01B 7/22* (2006.01)
H01B 7/18 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2010/050159

(22) Date de dépôt international :
1 février 2010 (01.02.2010)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
0950672 3 février 2009 (03.02.2009) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) :
NEXANS [FR/FR]; 8, rue du Général Foy, F-75008 Paris (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
BARBEAU, Sophie [FR/FR]; 62, rue de la Liberté,
F-69740 Genas (FR). GUERY, Daniel [BE/BE]; Rue

Moranfayt 107, B-7370 Dour (BE). MARTIN, Michel [BE/BE]; Avenue du Bel Horizon 17, B-6530 Thuin (BE). THEUNE, Claus-Friedrich [DE/DE]; Ueckermuender Strasse 10a, 30982 Pattensen (DE). MEYER, Michael [DE/DE]; Schützenstr.4, 30938 Burgwedel (DE). POULARD, Corinne [FR/FR]; 55, chemin du May, F-69530 Orliénas (FR).

(74) Mandataires : FERAY, Valérie et al.; Feray Lenne Conseil, Le Centralis, 63, avenue du Général Leclerc, F-92340 Bourg la Reine (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[Suite sur la page suivante]

(54) Title : HIGH VOLTAGE ELECTRIC TRANSMISSION CABLE

(54) Titre : CABLE DE TRANSMISSION ELECTRIQUE A HAUTE TENSION

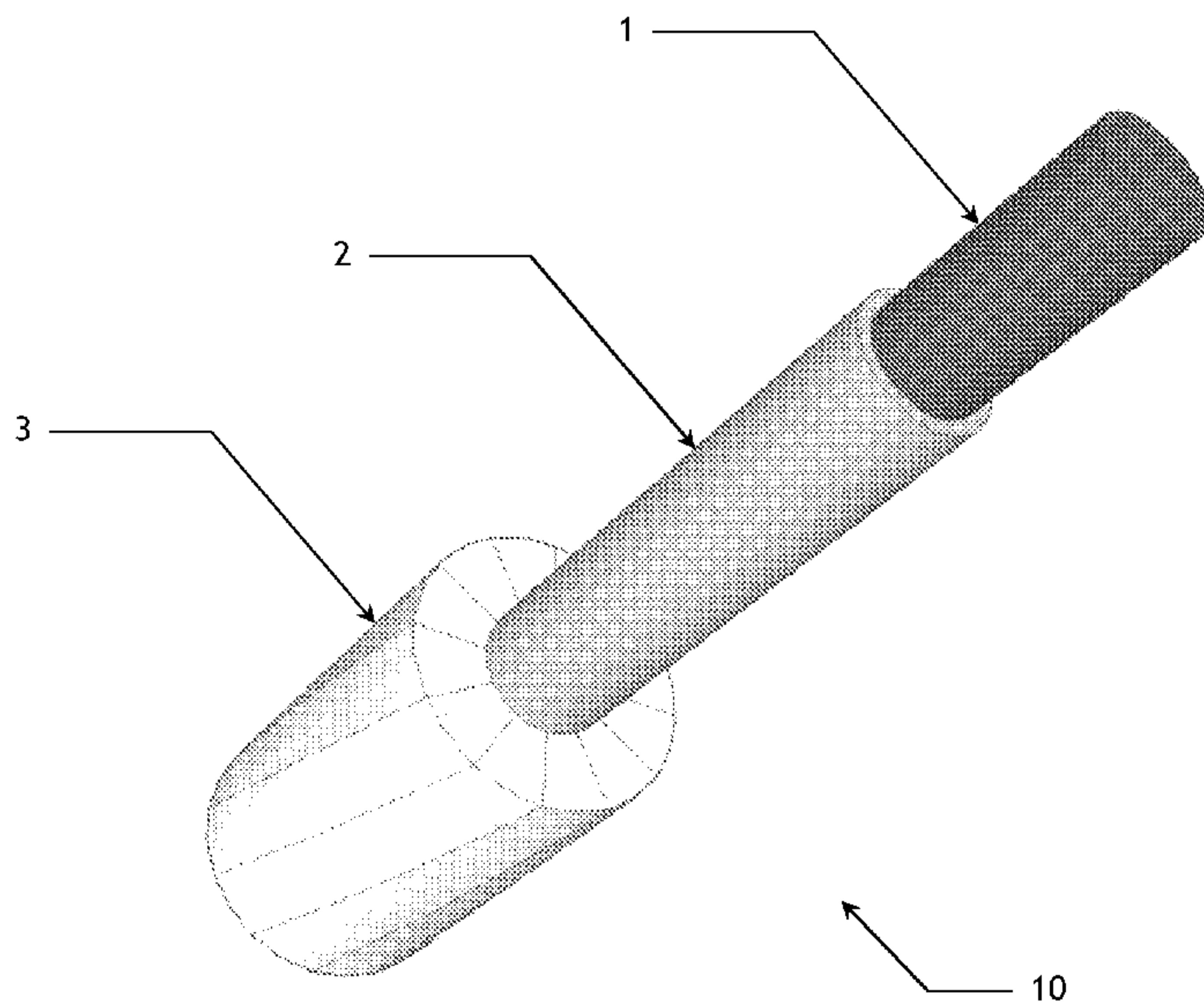


FIG. 1

(57) Abstract : The invention relates to an electric cable (10), including: at least one composite reinforcement element (1) including one or more reinforcement element(s) at least partially embedded in an organic matrix; a coating (2) surrounding said composite reinforcing element(s) (1), said coating (2) being sealed all around the composite reinforcing element(s) (1); and at least one conducting element (3) surrounding said coating (2), characterised in that the thickness of the sealed coating (2) does not exceed 3000 μm .

(57) Abrégé : La présente invention concerne un câble électrique (10) comprenant : au moins un élément composite (1) de renforcement comprenant un ou plusieurs éléments de renforcement noyé(s) au moins partiellement dans une matrice organique; un revêtement (2) entourant ledit ou lesdits éléments composites (1) de renforcement, ledit revêtement (2) étant étanche tout autour du ou des éléments composites (1) de renforcement; et au moins un élément conducteur (3) entourant ledit revêtement (2), caractérisé en ce que l'épaisseur du revêtement (2) étanche est d'au plus 3000 μm .

WO 2010/089500 A1

(84) États désignés (*sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible*) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

- avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))
- avant l'expiration du délai prévu pour la modification des revendications, sera republiée si des modifications sont reçues (règle 48.2.h)

Câble de transmission électrique à haute tension

La présente invention se rapporte à un câble électrique. 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 OHL « OverHead Lines». Les câbles de transmission électrique de dernière génération ont typiquement, en régime continu, une température de fonctionnement relativement élevée, qui peut être supérieure à 90°C, et atteindre 10 200°C et plus.

Le document US 6 559 385 décrit un câble de transmission électrique de ce type comprenant un élément composite de renforcement central comprenant par exemple une pluralité de fibres de carbone enrobées dans une matrice thermodurcissable du type époxy, 15 un ruban métallique en aluminium enroulé autour dudit élément composite de renforcement, et un élément conducteur entourant ledit revêtement métallique.

Toutefois, lorsque ce câble de transmission électrique fonctionne en régime continu à haute température, notamment à une température 20 de fonctionnement supérieure à 90°C, la matrice thermodurcissable de son élément composite de renforcement peut subir une thermo-oxydation, liée notamment à l'oxygène de l'air, qui engendre une dégradation chimique et de ce fait une augmentation de la porosité de ladite matrice. Ainsi, les propriétés mécaniques de l'élément composite 25 de renforcement, notamment de la matrice organique qui le compose, peuvent diminuer de façon significative et mener à la rupture du câble de transmission électrique. De plus, ladite matrice organique est sujette à tout type de composés extérieurs, autres que l'oxygène de l'air, pouvant également dégrader l'élément composite de renforcement.

Le document EP 1 821 318 décrit un câble électrique comprenant des fils composites entourés par un revêtement en aluminium, ledit revêtement étant lui-même entouré par des éléments conducteurs. Ce revêtement en aluminium est du type bourrant puisqu'il pénètre dans
5 les interstices entre les fils composites. L'épaisseur de ce revêtement en aluminium est d'au moins 3,5 mm. Enfin, chaque fil composite peut être entouré par une couche de protection thermorésistante.

Toutefois, une épaisseur trop importante du revêtement en aluminium, ou en d'autres termes une épaisseur supérieure à 3,5 mm,
10 ne permet pas d'optimiser ni le poids du câble électrique, notamment lorsqu'il est du type OHL, ni les propriétés mécaniques du câble, notamment sa flexibilité. En outre, le revêtement en aluminium est apposé avec un apport de chaleur important qui tend à dégrader thermiquement les fils composites.

15 Le but de la présente invention est de pallier les inconvénients des techniques de l'art antérieur.

La présente invention a pour objet un câble électrique comprenant :

- au moins un élément composite de renforcement comprenant
20 un ou plusieurs éléments de renforcement noyé(s) au moins partiellement dans une matrice organique,

- un revêtement entourant ledit ou lesdits éléments composites de renforcement, ledit revêtement étant étanche tout autour du ou des éléments composites de renforcement, et

25 - au moins un élément conducteur (électrique) entourant ledit revêtement,

caractérisé en ce que l'épaisseur du revêtement étanche est d'au plus 3000 μm .

En d'autres termes, le revêtement de l'invention est dépourvu de
30 jointures ou d'ouvertures.

Le revêtement étanche protège avantageusement l'élément composite de renforcement, quelque soit sa nature, contre toutes agressions auxquelles il pourrait être sensible, ces agressions provenant de composés extérieurs environnant le câble électrique.

5 Ainsi, le revêtement étanche, en configuration opérationnelle du câble électrique, empêche toute pénétration desdits composés extérieurs depuis l'extérieur dudit revêtement vers le ou les éléments composites de renforcement.

Les composés extérieurs peuvent être par exemple l'oxygène de l'air. Dans ce cas, le revêtement étanche évite la thermo-oxydation de la matrice organique de l'élément composite de renforcement. Les composés extérieurs peuvent également être l'humidité, l'ozone, la pollution, ou les rayonnements UV, ou bien provenir de produits d'enduction ou de résidus d'huile de tréfilage lors de la fabrication du
10 câble électrique, notamment lors de la pose du ou des éléments conducteurs autour du ou des éléments composites de renforcement.

Le revêtement étanche présente aussi l'avantage de protéger le ou les éléments composites de renforcement lors du placement d'accessoires tels que des jonctions ou ancrages, ou lors de la coupe de
20 l'élément conducteur du câble, et également de le protéger contre l'abrasion.

Enfin, l'épaisseur du revêtement étanche n'étant que d'au plus 3000 μm , le câble électrique selon l'invention a d'une part, un poids optimisé pour une utilisation en tant que câble OHL, et d'autre part de
25 très bonnes propriétés mécaniques, notamment de flexibilité : le revêtement étanche de l'invention ne dégrade ainsi pas la flexibilité dudit câble électrique apportée par le ou les éléments composites de renforcement.

La flexibilité du câble électrique de l'invention, notamment d'un
30 câble OHL, permet de pouvoir éviter d'endommager ledit câble lorsque

d'une part, il est enroulé sur un touret afin de le transporter, et lorsque d'autre part, il passe sur des dérouleuses-freineuses et/ou sur des poulies lors de son installation entre deux pylônes électriques.

De plus, lors de la fabrication dudit câble, la mise en œuvre du revêtement étanche est non seulement grandement facilitée, mais également évite toute dégradation thermique du ou des éléments composites de renforcement.

Le revêtement étanche de l'invention peut être avantageusement obtenu par traitement thermique d'un matériau métallique et/ou d'un matériau polymérique.

Dans un premier mode de réalisation, le revêtement étanche comporte au moins une couche métallique obtenue par traitement thermique d'un matériau métallique, le traitement thermique permettant d'obtenir l'étanchéité du revêtement.

Avantageusement, ce revêtement étanche « métallique » participe au transport de l'énergie du câble électrique en fonctionnement lorsqu'il est en contact direct avec l'élément conducteur. Le courant circulant dans ce dernier va donc se partager entre le revêtement étanche et l'élément conducteur en fonction de leurs résistances électriques respectives.

On entend par « au moins une couche métallique » un revêtement comportant une ou plusieurs couches d'un métal ou d'un alliage de métaux. Lorsque le revêtement comporte au moins une couche métallique et au moins une couche polymérique, le revêtement est appelé revêtement complexe.

Selon une première variante, la couche métallique est obtenue par soudure en long du matériau métallique sous forme d'une bande, la soudure permettant ainsi d'obtenir l'étanchéité.

Selon une deuxième variante, la couche métallique est obtenue par soudure hélicoïdale du matériau métallique sous forme d'un ruban, la soudure permettant ainsi d'obtenir l'étanchéité.

Que ce soit dans la première ou dans la deuxième variante, le soudage de la bande métallique ou du ruban métallique peut s'effectuer par des techniques bien connues de l'homme du métier, à savoir par soudure laser ou par soudure à l'arc électrique sous gaz protecteur (TIG pour l'anglicisme « Tungsten Inert Gas » ou bien MIG pour l'anglicisme « Metal Inert Gas »).

Dans ces deux variantes, la très faible épaisseur du revêtement étanche (i.e. au plus 3000 μm) permet avantageusement de faciliter l'enroulement du matériau métallique autour du ou des éléments composites de renforcement préalablement au soudage.

En outre, le faible apport d'énergie d'une part, et la limitation de la zone de chauffe induite par la soudure d'autre part, évitent la dégradation thermique du ou des éléments composites de renforcement.

Ces deux variantes sont ainsi plus avantageuses qu'une couche métallique obtenue par extrusion d'un matériau métallique autour du ou des éléments composites de renforcement, notamment lorsque l'extrusion est de type « bourrante » impliquant ainsi une mise en contact directe entre le matériau extrudé avec le ou les éléments composites de renforcement. En effet, l'extrusion d'un matériau métallique nécessite des températures de mise en œuvre très élevées pouvant endommager lesdits éléments composites.

Selon une autre particularité de l'invention, le revêtement dit « métallique », ou couche métallique, est annelé, ou corrugué, afin d'obtenir notamment une meilleure flexibilité dudit revêtement. En d'autres termes, le revêtement métallique étanche présente sur sa surface extérieure des ondulations parallèles, ou hélicoïdales.

Selon une caractéristique du revêtement métallique étanche de l'invention, le matériau métallique est un métal ou un alliage de métaux, et peut être plus particulièrement choisi parmi l'acier, les alliages d'acier, l'aluminium, les alliages d'aluminium, le cuivre, et les
5 alliages de cuivre.

Dans un deuxième mode de réalisation, le revêtement étanche comporte au moins une couche polymérique obtenue par traitement thermique d'un matériau polymérique, le traitement thermique permettant d'obtenir l'étanchéité du revêtement.

10 Plus particulièrement, la couche polymérique est obtenue par ramollissement du matériau polymérique.

On entend par « ramollissement » une température apte à rendre malléable le matériau polymère, ou température de ramollissement, afin de le rendre étanche. Par exemple, pour un
15 thermoplastique cristallin ou semi-cristallin, la température de ramollissement est une température supérieure à la température de fusion du matériau polymérique.

Le matériau polymérique peut être choisi parmi un polyimide, un polytétrafluoroéthylène (PTFE), un polymère d'éthylène fluoré (FEP), et
20 un polyoxyméthylène (POM), ou un de leurs mélanges.

A titre d'exemple, on peut utiliser un ruban de FEP pour entourer hélicoïdalement le ou les éléments composites avec un taux de recouvrement non nul. Ce ruban de FEP est ensuite traité thermiquement par chauffage à une température d'environ 250°C,
25 température supérieure à sa température de fusion, pour rendre le ruban étanche.

Le premier mode de réalisation est toutefois préféré par rapport au deuxième mode de réalisation. En effet, un revêtement étanche de type couche métallique assure une meilleure étanchéité et protection
30 qu'un revêtement étanche de type couche polymérique.

Dans un troisième mode de réalisation, le revêtement étanche comporte au moins une couche polymérique et au moins une couche métallique obtenues respectivement par traitement thermique d'un matériau polymérique et d'un matériau métallique. En d'autres termes, 5 ledit revêtement étanche est un revêtement complexe. Les différentes caractéristiques décrites ci-avant dans le premier mode de réalisation et/ou dans le deuxième mode de réalisation s'appliquent.

Selon l'invention, le revêtement étanche entourant le ou les éléments composites peut être sous forme d'un tube.

10 Le tube est classiquement un cylindre creux dont l'épaisseur est sensiblement constante le long du tube. Le diamètre interne du tube peut être identique ou non le long dudit tube.

Cette forme tubulaire permet avantageusement d'améliorer les caractéristiques mécaniques en rupture du câble électrique en 15 répartissant de manière uniforme les efforts mécaniques pouvant être provoqués par la compression des éléments conducteurs et/ou du revêtement étanche lors de l'installation du câble électrique de type OHL.

En effet, pour suspendre ce type de câble à un pylône électrique, 20 des accessoires d'ancrage sont nécessaires. Ces accessoires permettent de lier mécaniquement le câble électrique à un pylône électrique sur lequel il doit être installé. De même pour relier deux longueurs de câble électrique selon l'invention, des accessoires de jonction sont utilisés.

25 La pose de ces accessoires s'effectue par compression de ceux-ci sur le ou les éléments conducteurs, sur le revêtement étanche et/ou sur le ou les éléments de renforcement.

Ledit tube peut avoir un diamètre intérieur supérieur ou égal au diamètre extérieur dans lequel sont inscrits le ou les éléments 30 composites de renforcement. Dans le cas où ce diamètre inférieur est

supérieur au diamètre extérieur dans lequel sont inscrits le ou les éléments composites de renforcement, le tube est notamment un tube métallique. Ainsi, pour obtenir un diamètre intérieur du tube métallique sensiblement identique audit diamètre extérieur, l'étape d'obtention du tube métallique peut être suivie d'une étape destinée à retreindre, ou en d'autres termes à réduire, le diamètre interne du tube métallique.

Selon une caractéristique du revêtement étanche de l'invention, l'épaisseur dudit revêtement peut être d'au plus 600 μm , et de préférence d'au plus 300 μm .

10 Lorsque le revêtement étanche est du type couche métallique selon l'invention, l'épaisseur dudit revêtement peut aller préférentiellement de 150 μm et 250 μm .

Lorsque le revêtement étanche est du type couche polymérique selon l'invention, l'épaisseur dudit revêtement peut aller 15 préférentiellement de 150 μm et 600 μm .

Par ailleurs, la matrice organique de l'élément composite de renforcement peut, quant à elle, être choisie parmi une matrice thermoplastique et une matrice thermodurcissable, ou un de leurs mélanges. De préférence, la matrice organique est une matrice 20 thermodurcissable.

A titre d'exemple, la matrice thermodurcissable peut être choisie parmi les époxy, les vinyles esters, les polyimides, les polyesters, les cyanates esters, les phénoliques, les bismaléimides, et les polyuréthanes, ou un de leurs mélanges.

25 Le ou les éléments de renforcement de l'élément composite de renforcement peuvent être choisis parmi les fibres (continues), les nanofibres, et les nanotubes, ou un de leurs mélanges.

A titre d'exemple, les fibres (continues) peuvent être choisies parmi les fibres de carbone, de verre, d'aramides (Kevlar), de 30 céramiques, de titanes, de tungstène, de graphites, de bore, de poly(p-

phenyl-2,6-benzobisoxazole) (Zylon), de basalte, et d'alumine. Les nanofibres peuvent être des nanofibres de carbone. Les nanotubes peuvent être des nanotubes de carbone.

Le ou les éléments de renforcement qui composent l'élément
5 composite de l'invention peuvent être de même nature ou de nature différente.

Lesdits éléments de renforcement peuvent ainsi être incorporées au moins partiellement dans au moins une des matrices organiques mentionnées ci-avant. Les éléments composites de renforcement
10 préférés sont des fibres de carbone ou de verre au moins partiellement noyées dans une matrice thermodurcissable de type résine époxy, phénolique, bismaléimide ou cyanate ester.

Le ou les éléments de renforcement sont positionnés à l'intérieur d'une zone délimitée par le revêtement étanche qui les entoure. De
15 préférence, ladite zone ne comprend pas de fibres optiques. En effet, la présence de fibres optiques au niveau du ou des éléments composites de renforcement, ou en d'autres termes dans la zone intérieure délimitée par le revêtement étanche, ne peut que limiter de façon
dramatique les propriétés de renforcement mécanique du câble
20 électrique et ne correspond donc pas aux propriétés requises pour les câbles électriques OHL. D'ailleurs, les fibres optiques sont très sensibles aux contraintes mécaniques exercées sur elles, et de ce fait ces contraintes mécaniques doivent être limitées au maximum. Elles ne peuvent donc pas être considérées comme des éléments composites de
25 renforcement d'un câble électrique selon l'invention, même lorsqu'elles sont noyées dans une résine polymère.

Bien entendu, dans des cas spécifiques, le câble électrique de l'invention peut tout de même comprendre une ou des fibres optiques, ces fibres optiques étant alors positionnées autour du revêtement
30 étanche.

Concernant l'élément conducteur électrique de l'invention qui entoure le revêtement étanche, il peut être de préférence métallique, notamment à base d'aluminium, à savoir soit uniquement en aluminium, soit en alliage d'aluminium tel que par exemple en alliage 5 d'aluminium et de zirconium. L'aluminium ou l'alliage d'aluminium a l'avantage de présenter un couple conductivité électrique/poids spécifique optimisé de façon significative, notamment par rapport au cuivre.

L'élément conducteur de l'invention peut être classiquement un 10 assemblage de fils (ou brins) métalliques dont la section transversale peut être de forme ronde ou non, ou une combinaison des deux. Lorsqu'ils ne sont pas de forme ronde, la section transversale de ces fils peut être par exemple de forme trapézoïdales ou de forme Z. Les différents types de forme sont définis dans la norme IEC 62219.

15 Dans un mode de réalisation particulier, le câble électrique peut comprendre en outre un gaz neutre, comme par exemple l'argon, entre le revêtement étanche et le ou les éléments composites de renforcement. Ce gaz neutre permet de réduire au minimum la quantité d'oxygène en contact avec le ou les éléments composites de 20 renforcement.

Dans un mode de réalisation particulier, le câble électrique peut comprendre en outre une couche électriquement isolante positionnée entre le revêtement étanche, et le ou les éléments composites de renforcement. Cette couche peut être une couche en un matériau 25 polymère thermorésistant, comme par exemple en polyétheréthercétone (PEEK). Elle peut entourer notamment au moins un des éléments composites, chaque élément composite, ou l'ensemble formé par le ou les (tous les) éléments composites.

Cette couche électriquement isolante permet avantageusement 30 d'éviter l'apparition de courant galvanique entre l'élément composite de

renforcement et le revêtement étanche lorsque ce dernier est métallique.

On utilisera de préférence une couche électriquement isolante entourant l'ensemble formé par le ou les éléments composites de renforcement, cette unique couche électriquement isolante étant suffisante pour éviter l'apparition de courant galvanique. En outre, l'utilisation de cette couche entourant tous les éléments composites de renforcement permet avantageusement de faciliter la mise en œuvre de ladite couche tout en ayant un gain de matière.

10 Par ailleurs, le câble électrique de l'invention ne comprend pas nécessairement une couche adhésive positionnée entre le ou les éléments composites de renforcement et l'élément conducteur.

Dans un mode de réalisation particulièrement préféré, le câble électrique de l'invention ne comprend pas de couche extérieure entourant le ou les éléments conducteurs, cette couche extérieure pouvant typiquement être une couche électriquement isolante ou une gaine de protection.

Le ou les éléments conducteurs peuvent donc être considérés comme le ou les éléments les plus à l'extérieur du câble électrique de l'invention. De ce fait, le ou les éléments conducteurs sont alors en contact direct avec leur environnement extérieur (e.g. l'air ambiant).

Cette absence de couche extérieure autour du ou des éléments conducteurs présente l'avantage de garantir un câble électrique avec une tension de pose la plus faible possible, cette tension de pose étant proportionnelle au poids du câble électrique. En d'autres termes, l'intérêt est d'avoir un câble électrique de type OHL présentant un effort mécanique le plus faible possible, cet effort mécanique étant exercé par le câble sur les deux pylônes entre lesquels il est suspendu.

Par conséquent, la portée du câble électrique entre deux pylônes électriques peut aller jusqu'à 500 m, voire même jusqu'à 2000 m.

D'autres caractéristiques et avantages de la présente invention apparaîtront à la lumière des exemples qui vont suivre en référence aux figures annotées, lesdits exemples et figures étant donnés à titre illustratif et nullement limitatif.

5 La figure 1 représente de manière schématique et en perspective un câble électrique conforme à la présente invention.

La figure 2 représente de manière schématique et en perspective le câble électrique de la figure 1, additionné d'une couche électriquement isolante conforme à l'invention.

10 Pour des raisons de clarté, seuls les éléments essentiels pour la compréhension de l'invention ont été représentés de manière schématique, et ceci sans respect de l'échelle.

Le câble électrique 10, illustré sur la figure 1, correspond à un câble de transmission électrique à haute tension du type OHL.

15 Ce câble 10 comprend un élément composite 1 de renforcement central et, successivement et coaxialement autour de cet élément composite 1, un tube métallique 2 en aluminium, et un élément conducteur électrique 3. L'élément conducteur 3 est directement en contact avec le tube métallique 2, et ce dernier est directement en
20 contact avec l'élément composite 1 de renforcement.

L'élément composite 1 de renforcement comprend une pluralité de brins de fibre de carbone enrobés dans une matrice thermodurcissable de type époxy.

L'élément conducteur 3 est dans cet exemple un assemblage de
25 brins en alliage d'aluminium et de zirconium dont la section transversale de chaque brin est de forme trapézoïdale, ces brins étant torsadés entre eux. Ledit élément conducteur n'est donc aucunement étanche à l'environnement extérieur, et les brins qui le constituent s'écartent d'ailleurs sous l'effet de la chaleur du fait de la dilation thermique de
30 l'élément conducteur.

Le tube métallique 2 peut être obtenu à partir d'une bande de métal transformée en tube avec une fente longitudinale par un outil de formage. Puis, la fente longitudinale est soudée, notamment à l'aide d'un dispositif de soudage au laser ou d'un dispositif de soudage à l'arc électrique sous gaz protecteur, après mise en contact et maintien des bords de soudure de ladite bande. Lors de l'étape de soudage, l'élément composite de renforcement peut se trouver à l'intérieur de la bande de métal transformée en tube. Le diamètre du tube formé est ensuite rétreint (diminution de la section transversale du tube) autour de l'élément composite de renforcement par des techniques bien connues de l'homme du métier.

Comme indiqué précédemment, d'autres modes de réalisation de ce tube métallique sont possibles. Le tube métallique 2 peut être obtenu à partir d'un ruban de métal enroulé hélicoïdalement autour de l'élément composite de renforcement ou d'un substitut. Puis la fente hélicoïdale de ce ruban métallique est soudée, notamment à l'aide d'un dispositif de soudage au laser ou d'un dispositif de soudage à l'arc électrique sous gaz protecteur, après mise en contact et maintien des bords de soudure dudit ruban. L'étape de rétreint mentionnée ci-avant est également envisageable.

Le câble de la figure 1 ne comporte pas en outre de gaine extérieure : l'élément conducteur 3 est ainsi laissé directement au contact de son environnement extérieur (i.e. l'air ambiant). En configuration opérationnelle du câble (i.e. une fois le câble suspendu entre deux pylônes électriques), l'absence de gaine extérieure permet avantageusement d'augmenter la portée dudit câble entre deux pylônes électriques.

La figure 2 représente un câble électrique 20 selon la présente invention, qui est identique au câble électrique 10 de la figure 1, excepté le fait que le câble 20 comprend en outre une unique couche

électriquement isolante 4 entourant l'élément composite de renforcement (i.e. tous les éléments composites de renforcement). Cette couche électriquement isolante 4 est positionnée entre le tube métallique 2 et l'élément composite 1 de renforcement. Le câble 20 ne comprend également pas de gaine extérieure autour de l'élément conducteur 3.

Exemple

10

Afin de montrer les avantages du câble électrique selon l'invention, des tests comparatifs de vieillissement et de porosité ont été réalisés sur des échantillons de câbles électriques.

Un premier câble électrique, « câble I1 », est réalisé comme suit.

15 Un élément composite de renforcement comprenant un ensemble de fibres de carbone noyées dans une matrice thermodurcissable de type résine époxy est revêtu d'une couche électriquement isolante de PEEK puis d'une couche d'aluminium étanche. La couche d'aluminium étanche a été réalisée à l'aide d'une bande d'aluminium soudée sur sa longueur
20 afin de créer un tube autour de l'élément composite de renforcement. Puis ce tube en aluminium a été retreint autour dudit élément composite pour former ladite couche d'aluminium étanche.

Un deuxième câble électrique, « câble C1 », correspond au câble I1 sans qu'il ne comprenne la couche d'aluminium étanche.

25 Le test de vieillissement est réalisé respectivement sur les câbles I1 et C1. Ce test de vieillissement consiste à laisser vieillir les câbles I1 et C1 dans des étuves à différentes températures. Les échantillons de câbles mesurent entre 65 cm et 85 cm environ.

Afin d'éviter la propagation d'oxygène entre la couche
30 d'aluminium étanche et l'élément composite de renforcement, les deux

extrémités de l'échantillon de câble I1 sont revêtues de capots métalliques fixés à l'aide de Ruban Kapton[®] et de ruban Teflon[®] afin d'assurer l'étanchéité aux extrémités dudit échantillon.

Ces échantillons sont ensuite vieillis en isotherme à différentes 5 températures (160, 180, 200 et 220°C) pendant des durées variables (10, 18, 32, 60, 180 et 600 jours).

Les échantillons vieillis sont pesés afin de suivre la perte de 10 masse associée à la dégradation de la matrice thermodurcissable. Une mesure de porosité de la matrice thermodurcissable est également réalisée.

Sur les échantillons vieillis, trois morceaux de 2 cm environ sont coupés : un morceau de chaque coté des extrémités à environ 2-3cm du bord et un morceau au centre de l'échantillon de câble.

Les morceaux sont ensuite insérés dans une résine pour faciliter 15 le processus de polissage, puis poli afin d'obtenir une surface bien plane.

Cette surface est ensuite observée au microscope optique, photographiée et analysée à l'aide d'un logiciel d'analyse d'image permettant de mesurer la surface des pores par rapport à la surface de 20 l'échantillon. On en déduit ainsi le taux de porosité de l'échantillon.

Au vu des résultats obtenus, le câble électrique selon l'invention présente une amélioration significative des propriétés de vieillissement liées à la présence du revêtement métallique étanche.

REVENDICATIONS

1. Câble électrique (10,20) comprenant :

- au moins un élément composite (1) de renforcement comprenant un ou plusieurs éléments de renforcement noyé(s) au moins partiellement dans une matrice organique,
- un revêtement (2) entourant ledit ou lesdits éléments composites (1) de renforcement, ledit revêtement (2) étant étanche tout autour du ou des éléments composites (1) de renforcement, et
- au moins un élément conducteur (3) entourant ledit revêtement (2),

caractérisé en ce que l'épaisseur du revêtement (2) étanche est d'au plus 3000 μm .

2. Câble selon la revendication 1, caractérisé en ce que le revêtement (2) étanche comporte au moins une couche métallique obtenue par traitement thermique d'un matériau métallique.

3. Câble selon la revendication 2, caractérisé en ce que la couche métallique est obtenue par soudure en long du matériau métallique sous forme d'une bande.

4. Câble selon la revendication 2, caractérisé en ce que la couche métallique est obtenue par soudure hélicoïdale du matériau métallique sous forme d'un ruban.

5. Câble électrique selon l'une quelconque des revendications 2 à 4, caractérisé en ce que la couche métallique est annelée.

6. Câble selon l'une quelconque des revendications 2 à 5, caractérisé en ce que le matériau métallique est choisi parmi l'acier, les alliages d'acier, l'aluminium, les alliages d'aluminium, le cuivre, et les alliages de cuivre.
- 5 7. Câble selon la revendication 1, caractérisé en ce que le revêtement (2) étanche comporte au moins une couche polymérique obtenue par traitement thermique d'un matériau polymérique.
- 10 8. Câble selon la revendication 7, caractérisé en ce que la couche polymérique est obtenue par ramollissement du matériau polymérique.
- 15 9. Câble selon la revendication 7 ou 8, caractérisé en ce que le matériau polymérique est choisi parmi un polyimide, un polytétrafluoroéthylène (PTFE), un polymère d'éthylène fluoré (FEP), et un polyoxyméthylène (POM), ou un de leurs mélanges.
10. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le revêtement étanche (2) est sous forme d'un tube.
- 20 11. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'épaisseur du revêtement étanche (2) est d'au plus 600 μm .
- 25 12. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la matrice de l'élément composite de renforcement est choisie parmi une matrice thermoplastique et une matrice thermodurcissable, ou un de leurs mélanges.

13. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le ou les éléments de renforcement de l'élément composite (1) de renforcement sont choisis parmi les fibres, les nanofibres, et les nanotubes, ou un de leurs mélanges.
- 5 14. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le câble électrique (20) comprend en outre au moins une couche électriquement isolante (4) positionnée entre le revêtement (2) étanche, et le ou les éléments composites (1) de renforcement.
- 10 15. Câble selon la revendication 14, caractérisé en ce que la couche électriquement isolante (4) entoure l'ensemble formé par le ou les éléments composites (1) de renforcement.
- 15 16. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que l'élément conducteur (3) est à base d'aluminium.
17. Câble selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que le câble électrique (10,20) ne comprend pas de couche extérieure entourant le ou les éléments conducteurs (3).

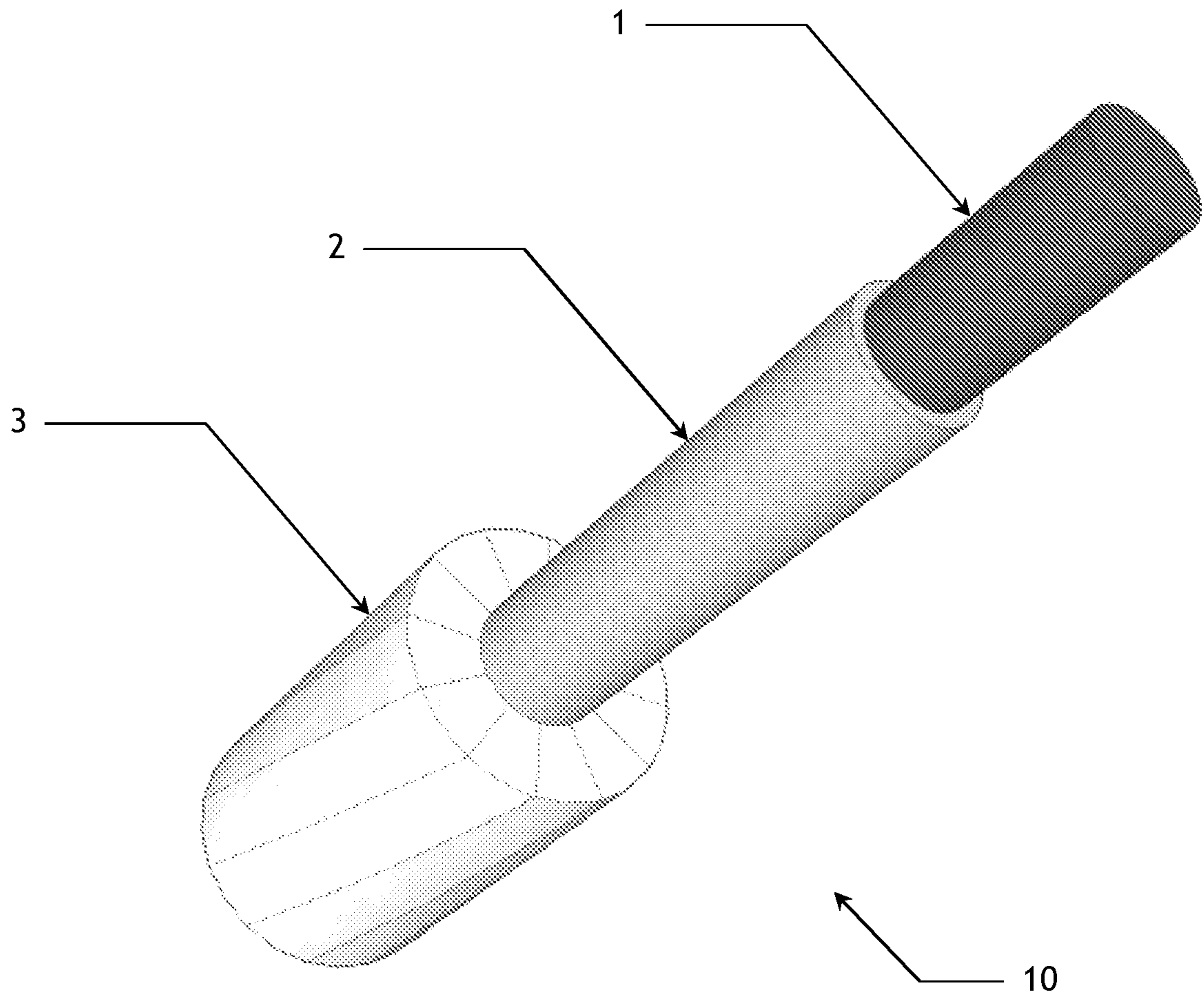


FIG. 1

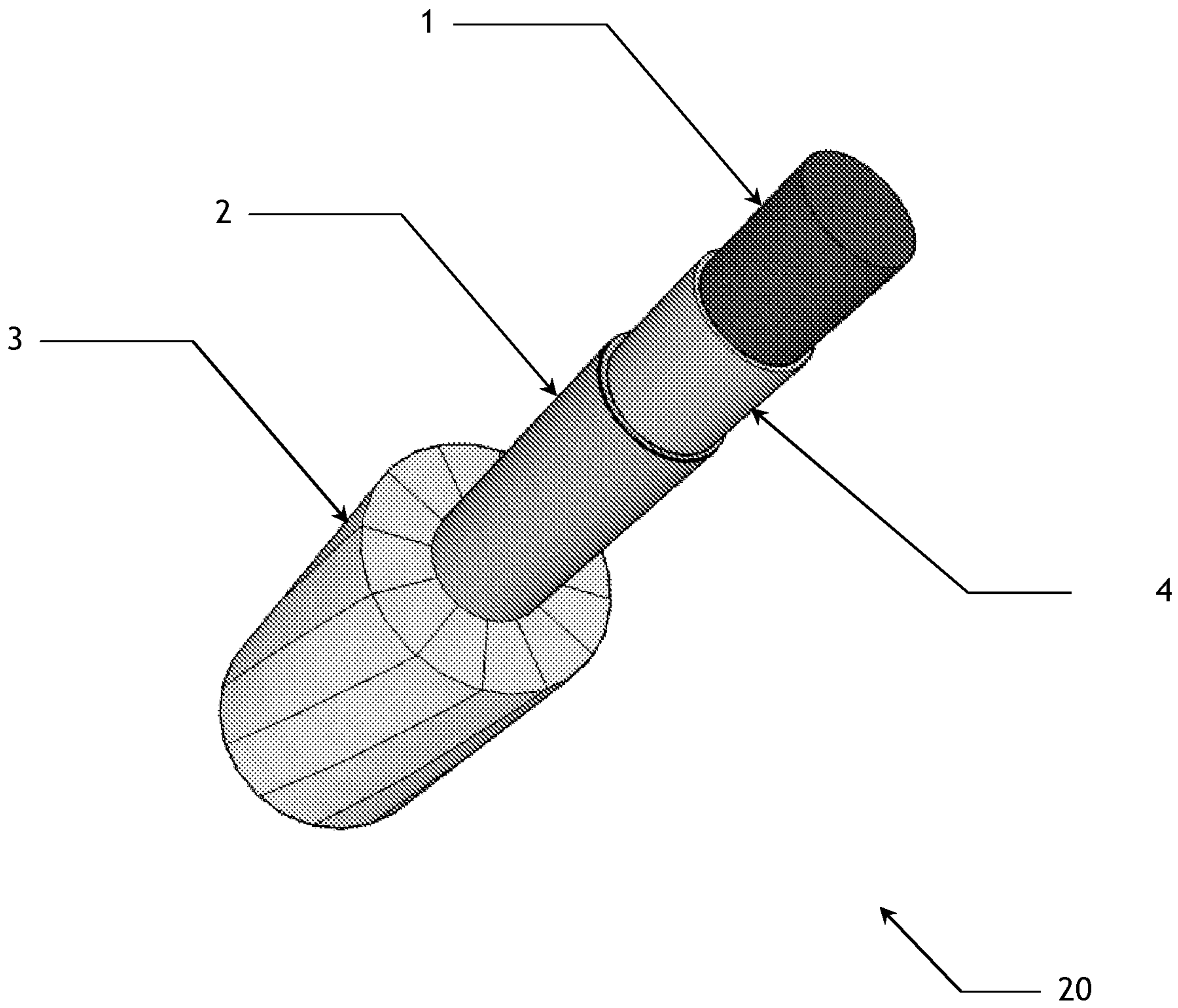


FIG.2

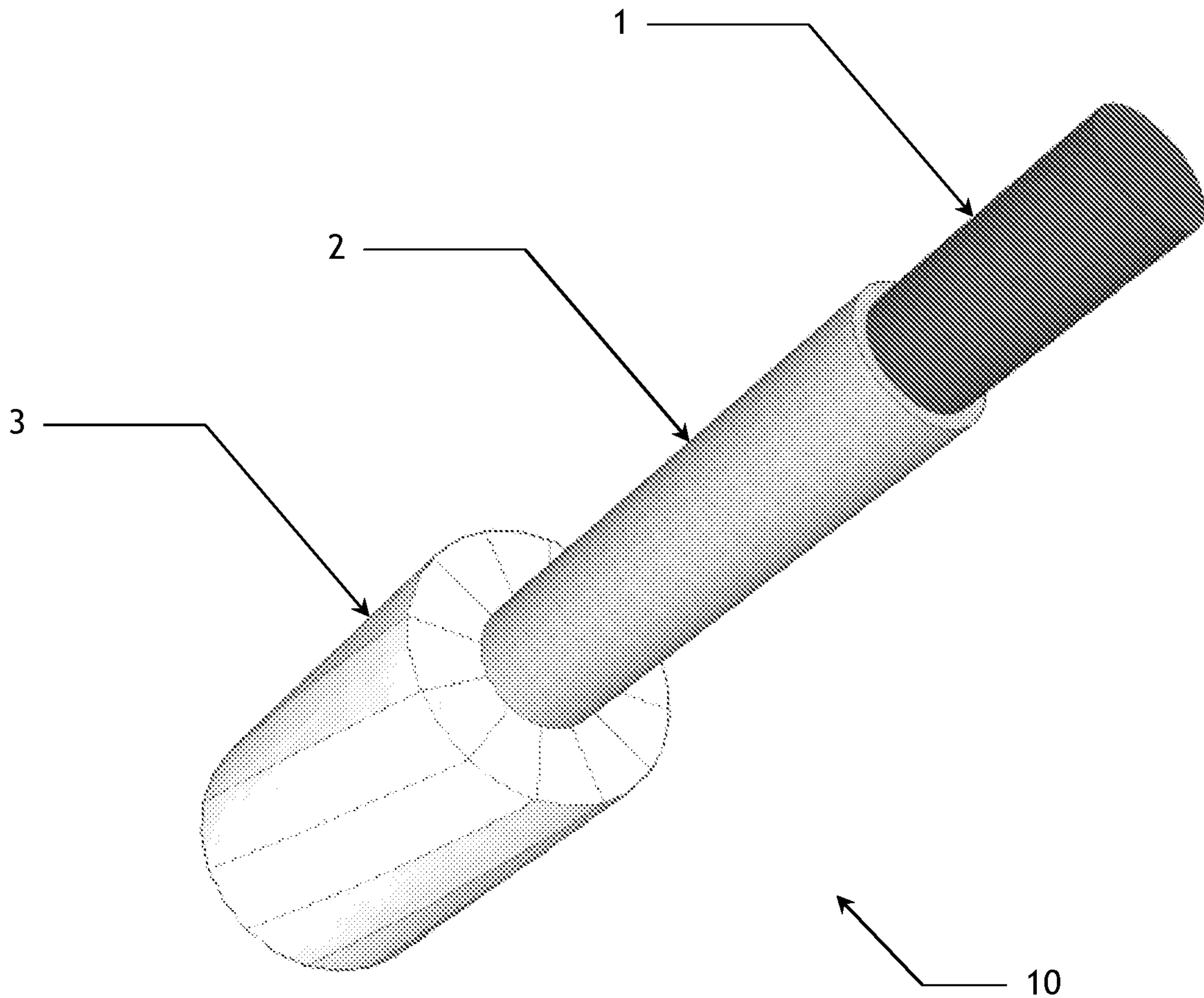


FIG. 1