



(11) **EP 2 238 288 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
22.05.2013 Bulletin 2013/21

(51) Int Cl.:
D07B 1/06 ^(2006.01) **D07B 1/16** ^(2006.01)
D07B 3/10 ^(2006.01) **D07B 7/14** ^(2006.01)
D07B 3/02 ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08869079.7**

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/EP2008/011001

(22) Date de dépôt: **22.12.2008**

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2009/083213 (09.07.2009 Gazette 2009/28)

(54) **PROCÉDÉ ET DISPOSITIF DE FABRICATION D'UN CABLE À DEUX COUCHES DU TYPE GOMME IN SITU**

VERFAHREN UND VORRICHTUNG ZUR HERSTELLUNG EINES KABELS MIT ZWEI SCHICHTEN DER IN-SITU-VERBINDUNGSTYP

METHOD AND DEVICE FOR MANUFACTURING A CABLE COMPRISING TWO LAYERS OF THE IN SITU COMPOUND TYPE

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**

(30) Priorité: **28.12.2007 FR 0709163**

(43) Date de publication de la demande:
13.10.2010 Bulletin 2010/41

(73) Titulaires:
• **COMPAGNIE GENERALE DES
ETABLISSEMENTS MICHELIN
63000 Clermont-Ferrand (FR)**
• **Michelin Recherche et Technique S.A.
1763 Granges-Paccot (CH)**

(72) Inventeurs:
• **POTTIER, Thibaud
F-63200 Malauzat (FR)**
• **BARGUET, Henri
F-63430 Les Martres-d'Artiere (FR)**

(74) Mandataire: **Ribière, Joel
M.F.P. Michelin,
SGD/LG/PI - F35 - Ladoux
23, place des Carmes-Déchaux
63040 Clermont-Ferrand Cedex 9 (FR)**

(56) Documents cités:
EP-A- 1 258 558 FR-A- 2 626 904
US-A1- 2002 160 213

EP 2 238 288 B1

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

Description

[0001] La présente invention est relative aux procédés et dispositifs de fabrication de câbles métalliques à deux couches, de construction M+N, utilisables notamment pour le renforcement d'articles en caoutchouc, en particulier de pneumatiques.

[0002] Elle est plus particulièrement relative aux procédés et dispositifs de fabrication de câbles métalliques du type « gommés in situ », c'est-à-dire gommés de l'intérieur, pendant leur fabrication même, par du caoutchouc à l'état cru, en vue d'améliorer leur résistance à la corrosion et par voie de conséquence leur endurance notamment dans les ceintures des pneumatiques pour véhicules industriels.

[0003] Un pneumatique radial comporte de manière connue une bande de roulement, deux bourrelets inextensibles, deux flancs reliant les bourrelets à la bande de roulement et une ceinture disposée circonférentiellement entre l'armature de carcasse et la bande de roulement. Cette ceinture est constituée de diverses nappes (ou "couches") de caoutchouc renforcées ou non par des éléments de renforcement ("renforts") tels que des câblés ou des monofilaments, du type métalliques ou textiles.

[0004] La ceinture de pneumatique est généralement constituée d'au moins deux nappes de ceinture superposées, dites parfois nappes "de travail" ou nappes "croisées", dont les câbles de renforcement, en général métalliques, sont disposés pratiquement parallèles les uns aux autres à l'intérieur d'une nappe, mais croisés d'une nappe à l'autre, c'est-à-dire inclinés, symétriquement ou non, par rapport au plan circonférentiel médian, d'un angle qui est généralement compris entre 10° et 45° selon le type de pneumatique considéré. Les nappes croisées peuvent être complétées par diverses autres nappes ou couches de caoutchouc auxiliaires, de largeurs variables selon les cas, comportant ou non des renforts ; on citera à titre d'exemple de simples coussins de gomme, des nappes dites "de protection" chargées de protéger le reste de la ceinture des agressions externes, des perforations, ou encore des nappes dites "de fretage" comportant des renforts orientés sensiblement selon la direction circonférentielle (nappes dites "à zéro degré"), qu'elles soient radialement externes ou internes par rapport aux nappes croisées.

[0005] Une telle ceinture de pneumatique doit satisfaire de manière connue à différentes exigences, souvent contradictoires, notamment :

- être la plus rigide possible à faible déformation, car elle contribue d'une manière substantielle à rigidifier le sommet du pneumatique ;
- avoir une hystérèse aussi basse que possible, pour d'une part minimiser l'échauffement en roulage de la zone interne du sommet et d'autre part réduire la résistance au roulement du pneumatique, synonyme d'économie de carburant ;
- posséder enfin une endurance élevée, vis-à-vis en particulier du phénomène de séparation, fissuration des extrémités des nappes croisées dans la zone d'épaule du pneumatique, connu sous le terme de "clivage", ce qui exige notamment des câbles métalliques qui renforcent les nappes de ceinture de présenter une résistance élevée à la fatigue en compression, le tout dans une atmosphère plus ou moins corrosive.

[0006] La troisième exigence est particulièrement forte pour les enveloppes de pneumatiques pour véhicules industriels tels que véhicules poids lourd, conçues pour pouvoir être rechapées une ou plusieurs fois lorsque les bandes de roulement qu'elles comportent atteignent un degré d'usure critique après un roulage prolongé.

[0007] Pour le renforcement des ceintures ci-dessus, on utilise généralement des câbles d'acier ("*steel cords*") dits "à couches" ("*layered cords*") constitués d'une âme centrale et d'une ou plusieurs couches de fils concentriques disposées autour de cette âme. Les câbles à couches les plus utilisés sont essentiellement des câbles de construction M+N ou M+N+P, formés d'une âme de M fil(s) entourée d'au moins une couche de N fils éventuellement elle-même entourée d'une couche externe de P fils, les M, N voire P fils ayant généralement le même diamètre pour des raisons de simplification et de coût.

[0008] La disponibilité en aciers au carbone de plus en plus résistants et durants fait que les manufacturiers de pneumatiques s'orientent aujourd'hui, autant que possible, vers l'emploi de câbles ayant seulement deux couches, afin notamment de simplifier la fabrication de ces câbles, diminuer l'épaisseur des nappes composites de renforcement et ainsi l'hystérèse des pneumatiques, en fin de compte diminuer les coûts des pneumatiques eux-mêmes et réduire la consommation d'énergie des véhicules équipés de tels pneumatiques.

[0009] Pour toutes les raisons exposées ci-dessus, les câbles à deux couches les plus utilisés aujourd'hui dans les ceintures de pneumatiques sont essentiellement des câbles de construction M+N constitués d'une âme ou couche interne de M fils (notamment de 3 ou 4 fils) et d'une couche externe de N fils (par exemple, de 6 à 12 fils). La couche externe est relativement désaturée grâce au diamètre élevé de la couche interne apporté par la présence des M fils d'âme, d'autant plus lorsque le diamètre des fils d'âme est choisi supérieur à celui des fils de la couche externe.

[0010] Ce type de construction favorise, on le sait, la pénétrabilité externe du câble par la gomme de calandrage du pneumatique ou autre article en caoutchouc lors de la cuisson de ce dernier, et par voie de conséquence permet d'améliorer l'endurance des câbles en fatigue et fatigue-corrosion, particulièrement vis-à-vis du problème de clivage évoqué précédemment.

[0011] Par ailleurs, une bonne pénétration du câble par du caoutchouc permet de manière connue, grâce à un volume d'air emprisonné dans le câble qui est moindre, de réduire les temps de cuisson des pneumatiques ("durée sous presse").

[0012] Les câbles de construction 3+N ou 4+N ont toutefois pour inconvénient qu'ils ne sont pas pénétrables jusqu'à coeur à cause de la présence d'un canal ou capillaire au centre des trois ou quatre fils d'âme, qui reste vide après imprégnation par le caoutchouc et donc propice, par une sorte d'effet "de mèche", à la propagation de milieux corrosifs tels que l'eau. Cet inconvénient est bien connu, il a été exposé par exemple dans les demandes de brevet WO 01/00922, WO 01/49926, WO 2005/071157, WO 2006/013077.

[0013] Pour résoudre le problème ci-dessus, on a proposé d'ouvrir la couche interne Ci, en écartant ses fils, grâce à un fil noyau unitaire (ou "core wire") et de supprimer un fil de la couche externe ; ainsi, le câble obtenu, par exemple de construction 1+3+(N-1), devient pénétrable de l'extérieur jusqu'en son centre. Relativement aux fils de la couche interne, le fil noyau ne doit être ni trop fin, sans quoi il ne produit pas l'effet de désaturation qui est visé, ni trop gros sans quoi le fil ne reste pas au centre du câble. Typiquement, on emploie par exemple un fil noyau de 0,12 mm de diamètre pour des fils de couche Ci et Ce de diamètre 0,35 mm (voir par exemple RD (Research Disclosure) August 1990, No 316107, "Steel cord construction").

[0014] Cette première solution, relativement coûteuse puisqu'elle nécessite d'ajouter un fil qui ne contribue pas par ailleurs à la résistance du câble, se heurte en outre à un problème de fabrication : une tension élevée sur le fil noyau est nécessaire pour maintenir le fil au centre du câble lors du câblage, tension qui peut dans certains cas approcher la force à la rupture du fil. La suppression d'un fil externe réduit encore la résistance du câble par unité de section.

[0015] Toujours pour résoudre ce problème de pénétrabilité jusqu'à coeur, la demande de brevet US 2002/160213 a quant à elle proposé la réalisation de câbles du type M+N gommés in situ, M variant de 2 à 4. Le procédé proposé ici consiste à gainer individuellement (c'est-à-dire isolément, "fil à fil") avec du caoutchouc à l'état cru, en amont du point d'assemblage des M fils (ou point de torsion), un seul ou préférentiellement chacun des M fils pour l'obtention d'une couche interne gainée de caoutchouc, avant la mise en place ultérieure des N fils de la couche externe par câblage autour de la couche interne ainsi gainée.

[0016] Le procédé proposé ci-dessus pose de nombreux problèmes. Tout d'abord le gainage d'un seul fil sur les M fils, par exemple d'un fil sur trois (comme illustré par exemple aux figures 11 et 12 de cette demande), ne permet pas de garantir un remplissage suffisant par la gomme du câble final, et donc d'obtenir une résistance à la corrosion satisfaisante. Ensuite, le gainage fil à fil de chacun des M fils (comme illustré par exemple aux figures 2 et 5 de ce document), s'il conduit effectivement à un remplissage du câble, conduit à l'emploi d'une quantité trop importante de gomme. Le débordement de gomme à la périphérie du câble final devient alors rédhibitoire dans des conditions de câblage et gommage industrielles.

[0017] En raison du très fort pouvoir collant du caoutchouc à l'état cru, le câble ainsi gommé devient inutilisable en raison d'un effet collant parasite sur les outils de fabrication ou entre les spires de câble lors de l'enroulage de ce dernier sur une bobine de réception, sans parler de l'impossibilité finale de calandrer correctement le câble. On rappelle que le calandrage consiste à transformer le câble, par incorporation entre deux couches de caoutchouc à l'état cru, en un tissu caoutchouté métallique servant de produit semi-fini pour toute fabrication ultérieure, par exemple pour la confection d'un pneumatique.

[0018] Un autre problème posé par le gainage isolé de chacun des M fils est l'encombrement important imposé par l'emploi de M têtes d'extrusion. En raison d'un tel encombrement, la fabrication de câbles à couches cylindriques (c'est-à-dire à pas p_1 et p_2 différents d'une couche à l'autre, ou à pas p_1 et p_2 identiques mais avec des sens de torsion différents d'une couche à l'autre) doit être nécessairement réalisée en deux opérations discontinues : (i) gainage individuel des fils puis câblage et enroulage de la couche interne dans un premier temps, (ii) câblage de la couche externe autour de la couche interne dans un deuxième temps. Toujours en raison du fort pouvoir collant du caoutchouc à l'état cru, l'enroulement et le stockage intermédiaire de la couche interne exigent, lors de l'enroulement sur bobine de la couche interne, l'emploi d'intercalaires ainsi que des pas de trancannage importants pour éviter un collage parasite entre les couches bobinées et, pour une même couche, entre les spires.

[0019] Toutes les contraintes ci-dessus sont fortement pénalisantes du point de vue industriel et antinomiques de la recherche de cadences de fabrication élevées.

[0020] Poursuivant leurs recherches, les Demanderesses ont découvert un procédé nouveau de retordage et gommage en ligne et en continu, applicable à la fabrication de câbles M+N gommés in situ, qui permet de pallier les inconvénients précités.

[0021] En conséquence, un premier objet de l'invention est un procédé de fabrication d'un câble métallique à deux couches (Ci, Ce), de construction M+N, comportant une couche interne (Ci) constituée de M fils de diamètre d_1 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_1 , M variant de 2 à 4, et une couche externe (Ce) de N fils de diamètre d_2 enroulés

ensemble en hélice selon un pas p_2 autour de la couche interne (Ci), ledit procédé comportant au moins les étapes suivantes opérées en ligne :

- une étape d'assemblage par retordage des M fils d'âme, pour formation de la couche interne (Ci) en un point d'assemblage ;
- en aval dudit point d'assemblage des M fils d'âme, une étape de gainage de la couche interne (Ci) par une composition de caoutchouc diénique, dite "gomme de remplissage", à l'état cru ;
- une étape d'assemblage par retordage des N fils de la couche externe (Ce) autour de la couche interne (Ci) ainsi gainée ;
- une étape d'équilibrage final des torsions.

[0022] L'invention concerne également un dispositif d'assemblage et gommage en ligne, utilisable pour la mise en oeuvre de procédé de l'invention, ledit dispositif comportant d'amont en aval, selon la direction d'avancement du câble en cours de formation :

- des moyens d'alimentation des M fils d'âme ;
- des premiers moyens d'assemblage par retordage des M fils d'âme pour formation de la couche interne ;
- des moyens de gainage de la couche interne ;
- en sortie des moyens de gainage, des seconds moyens d'assemblage par retordage des N fils externes autour de l'âme ainsi gainée, pour formation de la couche externe ;
- en sortie des seconds moyens d'assemblage, des moyens d'équilibrage de torsion.

[0023] L'invention ainsi que ses avantages seront aisément compris à la lumière de la description et des exemples de réalisation qui suivent, ainsi que des figures 1 à 7 relatives à ces exemples qui schématisent, respectivement :

- un exemple de dispositif de retordage et gommage in situ utilisable pour la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention (Fig. 1) ;
- en coupe transversale, un câble de construction 3+9 du type compact susceptible d'être fabriqué par le procédé de l'invention (Fig. 2) ;
- en coupe transversale, un câble de construction 3+9 conventionnel, également du type compact (Fig. 3) ;
- en coupe transversale, un câble de construction 3+9 du type à couches cylindriques susceptible d'être fabriqué par le procédé de l'invention (Fig. 4) ;
- en coupe transversale, un câble de construction 3+9 conventionnel, également du type à couches cylindriques (Fig. 5) ;
- en coupe transversale, un autre câble conventionnel, du type à couches cylindriques, de construction 1+3+8 avec un fil noyau de très faible diamètre (Fig. 6) ;
- en coupe radiale, une enveloppe de pneumatique poids-lourd à armature de carcasse radiale (Fig. 7).

I. DESCRIPTION DETAILLEE DE L'INVENTION

[0024] Dans la présente description, sauf indication expresse différente, tous les pourcentages (%) indiqués sont des % massiques. Tout intervalle de valeurs désigné par l'expression "entre a et b" représente le domaine de valeurs allant de plus de a à moins de b (c'est-à-dire bornes a et b exclues) tandis que tout intervalle de valeurs désigné par l'expression "de a à b" signifie le domaine de valeurs allant de a jusqu'à b (c'est-à-dire incluant les bornes strictes a et b).

[0025] Le procédé de l'invention est destiné à la fabrication d'un câble métallique à deux couches (Ci, Ce) de construction M+N, du type « gommé in situ », comportant une couche interne (Ci) constituée de M fils de diamètre d_1 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_1 , M variant de 2 à 4, et une couche externe (Ce) de N fils de diamètre d_2 enroulés ensemble en hélice selon un pas p_2 autour de la couche interne (Ci), ledit procédé comportant au moins les étapes suivantes opérées en ligne :

- tout d'abord, une étape d'assemblage par retordage des M fils d'âme, pour formation de la couche interne (Ci) en un point d'assemblage ;
- puis, en aval dudit point d'assemblage des M fils d'âme, une étape de gainage de la couche interne (Ci) par une composition de caoutchouc diénique dite "gomme de remplissage" à l'état cru (c'est-à-dire non réticulée) ;
- suivie d'une étape d'assemblage par retordage des N fils de la couche externe (Ce) autour de la couche interne (Ci) ainsi gainée ;
- puis d'une étape d'équilibrage final des torsions.

[0026] On rappelle ici qu'il existe deux techniques possibles d'assemblage de fils métalliques :

- soit par câblage : dans un tel cas, les fils ne subissent pas de torsion autour de leur propre axe, en raison d'une rotation synchrone avant et après le point d'assemblage ;
- soit par retordage : dans un tel cas, les fils subissent à la fois une torsion collective et une torsion individuelle autour de leur propre axe, ce qui génère un couple de détorsion sur chacun des fils.

[0027] Une première caractéristique essentielle du procédé ci-dessus est d'utiliser, tant pour l'assemblage de la couche interne que pour celui de la couche externe, une étape de retordage.

[0028] Au cours de la première étape, les M fils d'âme sont retordus ensemble (direction S ou Z) pour formation de la couche interne Ci, de manière connue en soi ; les fils sont délivrés par des moyens d'alimentation tels que des bobines, une grille de répartition, couplée ou non à un grain d'assemblage, destinés à faire converger les fils d'âme en un point de torsion commun (ou point d'assemblage).

[0029] Les M fils de la couche interne ont par exemple un diamètre d_1 compris entre 0,20 et 0,50 mm, en particulier compris dans un domaine de 0,23 à 0,40 mm ; leur pas de retordage p_1 est par exemple compris entre 5 et 30 mm.

[0030] On rappelle ici que de manière connue le pas «p» représente la longueur, mesurée parallèlement à l'axe du câble, au bout de laquelle un fil ayant ce pas effectue un tour complet autour dudit axe du câble.

[0031] La couche interne (Ci) ainsi formée est ensuite gainée de gomme de remplissage à l'état cru, apportée par une vis d'extrusion à une température appropriée. La gomme de remplissage peut être ainsi délivrée en un point fixe, unique et de faible encombrement, au moyen d'une tête d'extrusion unique, sans faire appel à un gainage individuel des fils en amont des opérations d'assemblage, avant formation de la couche interne, comme décrit dans l'art antérieur.

[0032] Ce procédé a l'avantage notable de ne pas ralentir le procédé d'assemblage conventionnel. Il rend possible l'opération complète de retordage initial, gommage et retordage final en ligne et en une seule étape, quel que soit le type de câble produit (câble à couches compact comme câble à couches cylindriques), tout ceci à haute vitesse. Le procédé de l'invention peut être mis en oeuvre à une vitesse (vitesse de défilement du câble sur la ligne de retordage-gommage) supérieure à 70 m/min, préférentiellement supérieure à 100 m/min.

[0033] En aval du point d'assemblage (c'est-à-dire entre le point d'assemblage et la tête d'extrusion), la contrainte de tension exercée sur les M fils, sensiblement identique d'un fil à l'autre, est préférentiellement comprise entre 10 et 25% de la force rupture des fils.

[0034] La tête d'extrusion peut comporter une ou plusieurs filières, par exemple une filière amont de guidage et une filière aval de calibrage. On peut ajouter des moyens de mesure et de contrôle en continu du diamètre du câble, reliés à l'extrudeuse. De préférence, la température d'extrusion de la gomme de remplissage est comprise entre 60°C et 120°C, plus préférentiellement comprise entre 70°C et 110°C.

[0035] La tête d'extrusion définit ainsi une zone de gainage ayant la forme d'un cylindre de révolution dont le diamètre est bien entendu ajusté à la construction spécifique du câble fabriqué. A titre d'exemple, dans le cas d'un câble de construction 3+N, le diamètre d'extrusion est compris de préférence entre 0,4 et 1,2 mm, plus préférentiellement entre 0,5 et 1,0 mm. La longueur d'extrusion est préférentiellement comprise entre 4 et 10 mm. Préférentiellement, en sortie de la tête d'extrusion, la couche interne Ci, en tout point de sa périphérie, est recouverte d'une épaisseur minimale de gomme de remplissage qui est de préférence supérieure à 5 μm , plus préférentiellement supérieure à 10 μm , par exemple comprise entre 10 et 50 μm .

[0036] La quantité de gomme de remplissage délivrée par la tête d'extrusion est ajustée dans un domaine préférentiel compris entre 5 et 40 mg par gramme de câble final (i.e., gommé in situ).

[0037] En dessous du minimum indiqué, il n'est pas possible de garantir que la gomme de remplissage soit bien présente dans chacun des interstices du câble, tandis qu'au-delà du maximum indiqué, on peut s'exposer aux différents problèmes précédemment décrits dus au débordement de la gomme de remplissage à la périphérie du câble. Pour toutes ces raisons, on préfère que la quantité de gomme de remplissage délivrée soit comprise entre 5 et 30 mg, plus préférentiellement encore compris dans un domaine de 10 à 25 mg par g de câble.

[0038] L'élastomère diénique de la gomme de remplissage est de préférence choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes (BR), le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les différents copolymères de butadiène, les différents copolymères d'isoprène, et les mélanges de ces élastomères. Un mode de réalisation préférentiel consiste à utiliser un élastomère "isoprénique", c'est-à-dire un homopolymère ou un copolymère d'isoprène, en d'autres termes un élastomère diénique choisi dans le groupe constitué par le caoutchouc naturel (NR), les polyisoprènes de synthèse (IR), les différents copolymères d'isoprène et les mélanges de ces élastomères.

[0039] La gomme de remplissage est du type vulcanisable c'est-à-dire qu'elle comprend généralement un système de vulcanisation adapté pour permettre la réticulation de la composition lors de sa cuisson, typiquement à base de soufre et d'un ou plusieurs accélérateurs. La gomme de remplissage peut comporter également tout ou partie des additifs usuels destinés aux matrices de caoutchouc pour pneumatiques, tels que par exemple des charges renforçantes comme le noir de carbone ou la silice, des antioxydants, des huiles, des plastifiants, des agents antiréversion, des résines, des

promoteurs d'adhésion tels que sels de cobalt. De préférence, la gomme de remplissage présente, à l'état réticulé, un module sécant en extension E10 (à 10% d'allongement) qui est compris entre 5 et 25 MPa, plus préférentiellement entre 5 et 20 MPa.

[0040] En sortie de l'étape de gainage qui précède, au cours d'une troisième étape, on procède à l'assemblage final, toujours par retordage (direction S ou Z), des N fils de la couche externe (Ce) autour de la couche interne (Ci) ainsi gainée. Au cours du retordage, les N fils viennent s'appuyer sur la gomme de remplissage, s'incruster dans cette dernière. La gomme de remplissage, en se déplaçant sous la pression exercée par ces fils externes, a alors naturellement tendance à remplir, au moins en partie, chacun des interstices ou cavités laissés vides par les fils, entre la couche interne et la couche externe.

[0041] Le nombre N de fils de la couche externe N est bien entendu fonction non seulement des diamètres respectifs d_1 et d_2 , mais aussi du nombre M de fils de la couche interne. Pour une valeur M préférentiellement égale à 3 ou 4, il varie préférentiellement de 6 à 12. Ces N fils ont par exemple un diamètre d_2 compris entre 0,20 et 0,50 mm, en particulier compris dans un domaine de 0,23 à 0,40 mm, d_2 pouvant être bien entendu identique au, ou différent du diamètre d_1 des M fils d'âme.

[0042] Selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel, la couche interne comporte 3 ou 4 fils, plus préférentiellement 3 fils, et la couche externe comporte de préférence 8, 9 ou 10 fils.

[0043] Dans le cas d'un câble 3+N, on a de préférence les relations suivantes qui sont vérifiées:

- pour $N = 8$: $0,7 \leq (d_1/d_2) \leq 1$;
- pour $N = 9$: $0,9 \leq (d_1/d_2) \leq 1,2$;
- pour $N = 10$: $1,0 \leq (d_1/d_2) \leq 1,3$.

[0044] Selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel, la couche interne comporte 3 fils et la couche externe comporte 9 fils.

[0045] Le pas de retordage p_2 , identique ou différent du pas p_1 , est préférentiellement compris entre 10 et 30 mm, plus préférentiellement compris dans un domaine de 12 à 25 mm. De préférence, on a la relation $0,5 \leq p_1/p_2 \leq 1$ qui est vérifiée.

[0046] Selon un autre mode préférentiel, le procédé de l'invention est mise en oeuvre avec des p_1 et p_2 qui sont égaux.

[0047] De préférence, la couche externe Ce a pour caractéristique préférentielle d'être une couche saturée, c'est-à-dire que, par définition, il n'existe pas suffisamment de place dans cette couche pour y ajouter au moins un ($N_{\max}+1$)^{ème} fil de diamètre d_2 , $N_{\max}$ représentant le nombre maximal de fils enroulables en une couche autour de la couche interne Ci. Cette construction a pour avantage de limiter le risque de débordement de gomme de remplissage à sa périphérie et d'offrir, pour un diamètre donné du câble, une résistance plus élevée.

[0048] Le nombre N de fils peut varier dans une très large mesure selon le mode de réalisation particulier de l'invention, par exemple de 6 à 12 fils pour une couche interne Ci de 3 fils, étant entendu que le nombre maximal $N_{\max}$ de fils N sera augmenté si leur diamètre d_2 est réduit comparativement au diamètre d_1 des M fils d'âme, afin de conserver préférentiellement la couche externe saturée.

[0049] Le câble M+N, comme tout câble à couche, peut être de deux types, à savoir du type compact ou du type à couches cylindriques.

[0050] Selon un mode de réalisation particulièrement préférentiel de l'invention, les fils de la couche externe (Ce) sont enroulés en hélice au même pas et dans le même sens de torsion (c'est-à-dire soit dans la direction S (disposition "S/S"), soit dans la direction Z (disposition "Z/Z")) que les fils de la couche interne (Ci), pour l'obtention d'un câble à couches du type compact tel que schématisé par exemple à la figure 2.

[0051] Dans de tels câbles à couches compacts, la compacité est telle que pratiquement aucune couche distincte de fils n'est visible ; il en résulte que la section transversale de tels câbles a un contour qui est polygonal et non cylindrique, comme illustré par exemple sur les figure 2 (câble compact 3+9 gommé in situ) et figure 3 (câble compact 3+9 conventionnel, c'est-à-dire non gommé in situ).

[0052] Après retordage de la couche externe autour de la couche interne gainée de gomme de remplissage, le câble M+N n'est pas encore terminé. Le canal central délimité par les M fils d'âme, lorsque M est égal à 3 ou 4, n'est pas encore rempli de gomme de remplissage, en tout cas de manière insuffisante pour l'obtention d'une propriété d'imperméabilité à l'air qui soit acceptable. Lorsque M est égal à 2, la gomme de remplissage entoure la couche interne sans pénétrer suffisamment entre les deux fils qui restent au contact l'un de l'autre, ce qui peut être préjudiciable notamment vis-à-vis des risques d'usure possible par fretting.

[0053] L'étape essentielle qui suit consiste à faire passer le câble à travers des moyens d'équilibrage de torsion. Par "équilibrage de torsion", on entend ici de manière connue l'annulation des couples de torsion résiduels (ou du retour élastique de détorsion) s'exerçant sur chaque fil du câble, dans la couche interne comme dans la couche externe.

[0054] Les outils d'équilibrage de la torsion sont bien connus de l'homme du métier du retordage ; ils peuvent consister par exemple en des "dresseurs" ou des "retordeurs" ou des "retordeurs-dresseurs", constitués soit de poulies pour les

retordeurs, soit de galets de petit diamètre pour les dresseurs, poulies et/ou galets à travers lesquels circule le câble.

[0055] On suppose a posteriori que, lors du passage à travers l'outil d'équilibrage, la détorsion s'exerçant sur les M fils d'âme, entraînant une rotation inverse, au moins partielle, de ces derniers autour de leur axe, est suffisante pour forcer, pour entraîner la gomme de remplissage à l'état cru (i.e., non réticulée, non cuite), encore chaude et relativement fluide de l'extérieur vers le coeur du câble, à l'intérieur même du canal central formé par les M fils (Pour M = 3 ou 4) ou entre les deux fils même (pour M = 2), offrant *in fine* au câble de l'invention l'excellente propriété d'imperméabilité à l'air qui le caractérise. La fonction de dressage en plus, apporté par l'utilisation d'un outil dresseur, aurait pour avantage que le contact des galets du dresseur avec les fils de la couche externe va exercer une pression supplémentaire sur la gomme de remplissage favorisant encore sa pénétration entre les M fils d'âme.

[0056] En d'autres termes, le procédé de l'invention exploite la rotation des M fils d'âme, au stade final de fabrication du câble, pour répartir naturellement, de manière homogène, la gomme de remplissage à l'intérieur et autour de la couche interne (Ci), tout en contrôlant parfaitement la quantité de gomme de remplissage fournie.

[0057] Ainsi, de manière inattendue, il s'est avéré possible de faire pénétrer la gomme de remplissage au coeur même du câble de l'invention, en déposant la gomme en aval du point d'assemblage des M fils et non en amont comme décrit dans l'art antérieur, tout en contrôlant et en optimisant la quantité de gomme de remplissage délivrée grâce à l'emploi d'une tête d'extrusion unique.

[0058] Après cette étape ultime d'équilibrage de la torsion, la fabrication du câble de l'invention est terminée. Ce câble peut être enroulé sur une bobine de réception, pour stockage, avant d'être traité par exemple à travers une installation de calandrage, pour préparation d'un tissu composite métal/ caoutchouc.

[0059] Ainsi préparé, le câble M+N peut être qualifié d'étanche à l'air ou imperméable à l'air : au test de perméabilité à l'air décrit au paragraphe II-1-B qui suit, il se caractérise par un débit d'air moyen inférieur à 2 cm³/min, de préférence inférieur ou au plus égal à 0,2 cm³/min.

[0060] Le procédé de l'invention rend possible la fabrication de câbles M+N qui peuvent être avantageusement dépourvus (ou quasiment dépourvus) de gomme de remplissage à leur périphérie. Par une telle expression, on entend qu'aucune particule de gomme de remplissage n'est visible, à l'oeil nu, à la périphérie du câble, c'est-à-dire que l'homme du métier ne fait pas de différence en sortie de fabrication, à l'oeil nu et à une distance de deux ou trois mètres, entre une bobine de câble M+N gommé in situ préparé selon l'invention et une bobine de câble M+N conventionnel (c'est-à-dire non gommé in situ).

[0061] Ce procédé de l'invention s'applique bien entendu à la fabrication de câbles du type compacts (pour rappel et par définition, ceux dont les couches Ci et Ce sont enroulées au même pas et dans le même sens) comme de câbles du type à couches cylindriques (pour rappel et par définition, ceux dont les couches Ci et Ce sont enroulées soit à des pas différents, soit dans des sens opposés, soit encore à des pas différents et dans des sens opposés).

[0062] Un dispositif d'assemblage et gommage conforme à l'invention, utilisable pour la mise en oeuvre du procédé de l'invention précédemment décrit, comporte d'amont en aval, selon la direction d'avancement d'un câble en cours de formation :

- des moyens d'alimentation des M fils d'âme ;
- des moyens d'assemblage par retordage des M fils d'âme pour formation de la couche interne ;
- des moyens de gainage de la couche interne ;
- en sortie de moyens de gainage, des moyens d'assemblage par retordage de N fils externes autour de l'âme ainsi gainée, pour formation de la couche externe ;
- enfin, des moyens d'équilibrage de torsion.

[0063] On voit sur la figure 1 annexée un exemple de dispositif (10) d'assemblage par retordage, du type à alimentation fixe et à réception tournante, utilisable pour la fabrication d'un câble du type compact <p₁ = p₂> et même sens de torsion des couches Ci et Ce) tel qu'illustré par exemple à la figure 2. Dans ce dispositif, des moyens d'alimentation (110) délivrent M (par exemple trois) fils d'âme (11) à travers une grille (12) de répartition (répartiteur axisymétrique), couplée ou non à un grain d'assemblage (13), au-delà de laquelle convergent les M fils d'âme en un point d'assemblage ou point de retordage (14), pour formation de la couche interne (Ci).

[0064] La couche interne Ci, une fois formée, traverse ensuite une zone de gainage consistant par exemple en une tête d'extrusion unique (15) à travers laquelle est destinée à circuler la couche interne. La distance entre le point de convergence (14) et le point de gainage (15) est par exemple comprise entre 50 cm et 1 m. Autour de la couche interne Ci ainsi gommée (16), progressant dans le sens de la flèche, sont ensuite assemblés par retordage les N fils (17) de la couche externe (Ce), par exemple au nombre de neuf, délivrés par des moyens d'alimentation (170). Le câble final M+N ainsi formé est finalement collecté sur une réception tournante (19), après traversée des moyens d'équilibrage de torsion (18) consistant par exemple en un retordeur-dresseur.

[0065] On rappelle ici que, de manière bien connue de l'homme du métier, pour la fabrication d'un câble du type à couches cylindriques tel qu'illustré par exemple à la figure 4 (pas p₁ et p₂ différents et/ou sens de torsion différents des

couches Ci et Ce), on utilisera un dispositif comportant deux organes (alimentation ou réception) tournants, et non un seul comme décrit ci-dessus (Fig. 1) à titre d'exemple.

[0066] La figure 2 schématise, en coupe perpendiculaire à l'axe du câble (supposé rectiligne et au repos), un exemple d'un câble préférentiel 3+9 gommé in situ, susceptible d'être obtenu à l'aide du procédé conforme à l'invention précédemment décrit.

[0067] Ce câble (noté C-1) est du type compact, c'est-à-dire que ses couches interne Ci et externe Ce sont enroulées dans le même sens (S/S ou Z/Z selon une nomenclature reconnue) et de plus au même pas ($p_1 = p_2$). Ce type de construction a pour conséquence que les fils internes (20) et externes (21) forment deux couches concentriques qui ont chacune un contour (représenté en pointillés) sensiblement polygonal (triangulaire pour la couche Ci, hexagonal pour la couche Ce), et non cylindrique comme dans le cas des câbles à couches cylindriques qui seront décrits ultérieurement.

[0068] La gomme de remplissage (22) remplit le capillaire central (23) (symbolisé par un triangle) formé par les trois fils d'âme (20) en les écartant très légèrement, tout en recouvrant totalement la couche interne Ci formée par ces trois fils (20). Elle remplit aussi chaque interstice ou cavité (symbolisé aussi par un triangle) formé soit par un fil d'âme (20) et les deux fils externes (21) qui lui sont immédiatement adjacents, soit par deux fils d'âme (20) et le fil externe (21) qui leur est adjacent; au total, 12 interstices (capillaires hélicoïdaux, symbolisés aussi par un triangle) sont ainsi présents dans ce câble 3+9, auxquels s'ajoute le canal ou capillaire central (23).

[0069] Selon un mode de réalisation préférentiel, dans ce câble 3+N, la gomme de remplissage s'étend d'une manière continue autour de la couche Ci qu'elle recouvre.

[0070] Pour comparaison, la figure 3 rappelle la coupe d'un câble 3+9 (noté C-2) conventionnel (i.e., non gommé in situ), également du type compact. L'absence de gomme de remplissage fait que pratiquement tous les fils (30, 31) sont au contact l'un de l'autre, ce qui conduit à une structure particulièrement compacte, très difficilement pénétrable (pour ne pas dire impénétrable) de l'extérieur par du caoutchouc. La caractéristique de ce type de câble est que les trois fils d'âme (30) forment un canal ou capillaire central (33) qui est vide et fermé et donc propice, par effet "de mèche", à la propagation de milieux corrosifs tels que l'eau.

[0071] La figure 4 schématise un autre exemple d'un câble préférentiel 3+9 selon l'invention.

[0072] Ce câble (noté C-3) est du type à couches cylindriques, c'est-à-dire que ses couches interne Ci et externe Ce sont soit enroulées au même pas ($p_1 = p_2$) mais dans un sens différent (S/Z ou Z/S), soit enroulées à un pas différent ($p_1 \neq p_2$) quelles que soient les directions de torsion (S/S ou Z/Z ou S/Z ou Z/S). De manière connue, ce type de construction a pour conséquence que les fils sont disposés selon deux couches (Ci et Ce) adjacentes et concentriques, tubulaires, donnant au câble (et aux deux couches) un contour (représenté en pointillés) cylindrique et non plus polygonal.

[0073] La gomme de remplissage (42) remplit le capillaire central (43) (symbolisé par un triangle) formé par les trois fils d'âme (40) en les écartant légèrement, tout en recouvrant totalement la couche interne Ci formée par les trois fils (40). Elle remplit aussi, au moins en partie (ici, dans cet exemple, totalement) chaque interstice formé soit par un fil d'âme (40) et les deux fils externes (41) qui lui sont immédiatement adjacents (les plus proches), soit par deux fils d'âme (40) et le fil externe (41) qui leur est adjacent; au total, 12 interstices ou capillaires sont ainsi présents dans ce câble 3+9, auxquels s'ajoute le capillaire central (43).

[0074] Pour comparaison, la figure 5 rappelle la coupe d'un câble 3+9 (noté C-4) conventionnel (i.e., non gommé in situ), également du type à deux couches cylindriques. L'absence de gomme de remplissage fait que les trois fils (50) de la couche interne (Ci) sont pratiquement au contact l'un de l'autre, ce qui conduit à un capillaire central (53) vide et fermé, impénétrable de l'extérieur par du caoutchouc et propice d'autre part à la propagation de milieux corrosifs.

[0075] Le procédé de l'invention s'applique également de manière avantageuse à des câbles de construction 2+N. Grâce à une pénétration optimisée du câble, de l'intérieur, par la gomme de remplissage, il n'est plus nécessaire de désaturer la couche externe pour améliorer sa pénétrabilité de l'extérieur, notamment par du caoutchouc. A diamètres de fils identiques entre les couches Ci et Ce, ceci permet avantageusement, par exemple, de remplacer des câbles de construction 2+7 par des câbles de construction 2+8, plus résistants pour un même encombrement.

[0076] A titre d'exemples préférentiels, le procédé de l'invention est utilisé pour la fabrication de câbles de constructions 2+6, 2+7, 2+8, 3+7, 3+8, 3+9, 4+8, 4+9, 4+10, notamment, parmi ces derniers, ceux constitués de fils ayant sensiblement le même diamètre d'une couche à l'autre (soit $d_1 = d_2$).

[0077] Le procédé de l'invention n'est bien entendu pas limité à la fabrication de câbles préférentiels dont les fils ont des diamètres compris entre 0,20 et 0,50 mm, comme indiqué précédemment. C'est ainsi par exemple que le procédé de l'invention peut être utilisé pour la fabrication de câbles dont les M et N fils ont des diamètres d_1 et d_2 plus petits, par exemple compris dans un domaine de 0,08 à 0,20 mm, de tels câbles étant par exemple utilisables pour le renforcement de parties des pneumatiques autres que leur armature de sommet, notamment pour le renforcement de l'armature de carcasse de pneumatiques pour véhicules industriels tels que poids lourd.

II. EXEMPLES DE REALISATION DE L'INVENTION

[0078] Les essais qui suivent démontrent la capacité du procédé de l'invention à fournir des câbles dont l'endurance

en pneumatique est notablement augmentée grâce à une excellente propriété d'imperméabilité à l'air dans l'axe du câble.

II-1. Mesures et tests utilisés

A) Mesures dynamométrique

[0079] Pour ce qui concerne les fils et câbles métalliques, les mesures de force à la rupture notée F_m (charge maximale en N), de résistance à la rupture notée R_m (en MPa) et d'allongement à la rupture noté A_t (allongement total en %) sont effectuées en traction selon la norme ISO 6892 de 1984.

[0080] Concernant les compositions de caoutchouc, les mesures de module sont effectuées en traction, sauf indication différente selon la norme ASTM D412 de 1998 (éprouvette "C") : on mesure en seconde élongation (c'est-à-dire après un cycle d'accommodation) le module sécant "vrai" (c'est-à-dire ramené à la section réelle de l'éprouvette) à 10% d'allongement, noté E10 et exprimé en MPa (conditions normales de température et d'hygrométrie selon la norme ASTM D 1349 de 1999).

B) Test de perméabilité à l'air

[0081] Ce test permet de déterminer la perméabilité longitudinale à l'air des câbles testés, par mesure du volume d'air traversant une éprouvette sous pression constante pendant un temps donné. Le principe d'un tel test, bien connu de l'homme du métier, est de démontrer l'efficacité du traitement d'un câble pour le rendre imperméable à l'air ; il a été décrit par exemple dans la norme ASTM D2692-98.

[0082] Le test est ici réalisé soit sur des câbles extraits des pneumatiques ou des nappes de caoutchouc qu'ils renforcent, donc déjà enrobés de caoutchouc à l'état cuit, soit sur des câbles bruts de fabrication.

[0083] Dans le second cas, les câbles bruts doivent être préalablement noyés, enrobés de l'extérieur par une gomme dite d'enrobage. Pour cela, une série de 10 câbles disposés parallèlement (distance inter-câble : 20 mm) est placée entre deux skims (deux rectangles de 80 x 200 mm) d'une composition de caoutchouc à l'état cru, chaque skim ayant une épaisseur de 3,5 mm ; le tout est alors bloqué dans un moule, chacun des câbles étant maintenu sous une tension suffisante (par exemple 2 daN) pour garantir sa rectitude lors de la mise en place dans le moule, à l'aide de modules de serrage ; puis on procède à la vulcanisation (cuisson) pendant 40 min à une température de 140°C et sous une pression de 15 bar (piston rectangulaire de 80 x 200 mm). Après quoi, on démoule l'ensemble et on découpe 10 éprouvettes de câbles ainsi enrobés, sous forme de parallélépipèdes de dimensions 7x7x20 mm, pour caractérisation.

[0084] On utilise comme gomme d'enrobage une composition de caoutchouc conventionnelle pour pneumatique, à base de caoutchouc naturel (peptisé) et de noir de carbone N330 (65 pce), comportant en outre les additifs usuels suivants: soufre (7 pce), accélérateur sulfénamide (1 pce), ZnO (8 pce), acide stéarique (0,7 pce), antioxydant (1,5 pce), naphthénate de cobalt (1,5 pce) ; le module E10 de la gomme d'enrobage est de 10 MPa environ.

[0085] Le test est réalisé sur 2 cm de longueur de câble, enrobé donc par sa composition de caoutchouc (ou gomme d'enrobage) environnante, de la manière suivante : on envoie de l'air à l'entrée du câble, sous une pression de 1 bar, et on mesure le volume d'air à la sortie, à l'aide d'un débitmètre (calibré par exemple de 0 à 500 cm³/min). Pendant la mesure, l'échantillon de câble est bloqué dans un joint étanche comprimé (par exemple un joint en mousse dense ou en caoutchouc) de telle manière que seule la quantité d'air traversant le câble d'une extrémité à l'autre, selon son axe longitudinal, est prise en compte par la mesure ; un contrôle d'étanchéité préalable du joint étanche est fait à l'aide d'une éprouvette de caoutchouc pleine, i.e., sans câble.

[0086] Le débit mesuré est d'autant plus faible que l'imperméabilité longitudinale du câble est élevée. La mesure étant faite avec une précision de $\pm 0,2$ cm³/min, les valeurs mesurées égales ou inférieures à 0,2 cm³/min sont considérées comme nulles ; elles correspondent à un câble qui peut être qualifié d'étanche à l'air selon son axe (i.e., selon sa direction longitudinale).

C) Taux de gomme de remplissage

[0087] La quantité de gomme de remplissage est mesurée par différence entre le poids du câble initial (donc gommé in situ) et le poids du câble (donc celui de ses fils) dont la gomme de remplissage a été éliminée par un traitement électrolytique approprié.

[0088] Un échantillon de câble (longueur 1 m), bobiné sur lui-même pour réduire son encombrement, constitue la cathode d'un électrolyseur (reliée à la borne négative d'un générateur), tandis que l'anode (reliée à la borne positive) est constituée d'un fil de platine. L'électrolyte consiste en une solution aqueuse (eau déminéralisée) comportant 1 mole par litre de carbonate de sodium.

[0089] L'échantillon, plongé complètement dans l'électrolyte, est mis sous tension pendant 15 min sous un courant de 300 mA. Le câble est ensuite retiré du bain, rincé abondamment avec de l'eau. Ce traitement permet à la gomme

de se détacher facilement du câble (si tel n'est pas le cas, on continue l'électrolyse pendant quelques minutes). On élimine soigneusement la gomme, par exemple par simple essuyage à l'aide d'un tissu absorbant, tout en détordant un à un les fils du câble. Les fils sont de nouveau rincés à l'eau puis plongés dans un bécher contenant un mélange d'eau déminéralisée (50%) et d'éthanol (50%) ; le bécher est plongé dans une cuve à ultrasons pendant 10 min. Les fils ainsi

dépourvus de toute trace de gomme sont retirés du bécher, séchés sous un courant d'azote ou d'air, et enfin pesés.

[0090] On en déduit par le calcul le taux de gomme de remplissage dans le câble, exprimé en mg de gomme de remplissage par gramme de câble initial, et moyenné sur 10 mesures (10 mètres de câble au total).

II-2. Fabrication des câbles

[0091] On a tout d'abord fabriqué deux types de câbles, des câbles à couches 3+9 (référéncés C-1) et des câbles à couches 1+3+8 (référéncés C-5), dont les constructions respectives sont conformes aux représentations schématiques des figures 2 et 6 annexées, et dont les propriétés mécaniques sont données dans le tableau 1 ci-après.

Tableau 1

Câble	p_1 (mm)	p_2 (mm)	Fm (daN)	Rm (MPa)	At (%)
C-1	15.4	15.4	258	3140	2.5
C-5	7.7	15.4	274	2590	2.5

[0092] Les câbles C-1 tels que schématisés à la figure 2 ont été fabriqués selon le procédé conforme à l'invention, à l'aide d'un dispositif tel que décrit précédemment et schématisé à la figure 1. La gomme de remplissage était une composition de caoutchouc conventionnelle pour armature sommet de pneumatique, ayant la même formulation que celle de la nappe de caoutchouc de ceinture que le câble C-1 est destiné à renforcer dans l'essai en pneumatique qui suit. Cette composition a été extrudée à une température de 90°C à travers une filière de calibrage de 0,700 mm.

[0093] Chaque câble C-1 est formé de 12 fils au total, tous de diamètre 0,30 mm, qui ont été enroulés au même pas ($p_1 = p_2 = 15,4$ mm) et dans la même direction de torsion (S) pour l'obtention d'un câble du type compact. Le taux de gomme de remplissage, mesuré selon la méthode indiquée précédemment au paragraphe II-1-C, est de 16 mg par g de câble. Cette gomme de remplissage remplit le canal ou capillaire central formé par les trois fils d'âme en les écartant légèrement, tout en recouvrant totalement la couche interne Ci formée par les trois fils. Elle remplit aussi, au moins en partie sinon totalement, chacun des douze interstices ou canaux vides formés soit entre un fil d'âme et les deux fils externes qui lui sont immédiatement adjacents, soit entre deux fils d'âme et le fil externe qui leur est adjacent.

[0094] Les câbles C-5, tels que schématisés à la figure 6 ont été fabriqués selon un procédé conventionnel. Ils sont dépourvus de gomme de remplissage. Chaque câble C-5 comporte un fil noyau (65) de très faible diamètre (0,12 mm) ; les trois fils internes (60) et les huit fils externes (61) ont chacun un diamètre 0,35 mm. Les 3 fils de la couche interne sont enroulés ensemble en hélice (direction S) selon un pas p_1 égal à 7,7 mm, cette couche Ci étant au contact d'une couche externe cylindrique de 8 fils eux-mêmes enroulés ensemble en hélice (direction S) autour de l'âme selon un pas p_2 égal à 15,4 mm. Le fil noyau (65), en écartant les fils (60) de la couche interne Ci et en remplissant en quelque sorte le canal central formé par ces trois fils d'âme (60), permet de désaturer (en augmentant le diamètre de la couche interne Ci) la couche externe Ce (à diamètres de fils identiques d'une couche à l'autre) et d'augmenter ainsi la pénétrabilité externe du câble (C-5) par du caoutchouc. Grâce à cette construction, le câble C-5 devient pénétrable de l'extérieur jusqu'en son centre.

[0095] Tous les fils utilisés pour la fabrication de ces câbles sont des fils fins en acier au carbone, fabriqués selon des procédés connus, dont les propriétés sont données dans le tableau 2 ci-après.

Tableau 2

Acier	ϕ (mm)	Fm (N)	Rm (MPa)
SHT	0,30	226	3200
HT	0,35	263	2765

[0096] Les câbles à couches C-1 et C-5 sont ensuite incorporés par calandrage à des nappes (skims) de caoutchouc constituées d'une composition de caoutchouc conventionnelle utilisable pour la fabrication des nappes de ceinture de pneumatiques poids-lourd radiaux. Cette composition est à base de caoutchouc naturel (peptisé) et de noir de carbone N330 (55 pce), elle comporte en outre les additifs usuels suivants: soufre (6 pce), accélérateur sulfénamide (1 pce), ZnO (9 pce), acide stéarique (0,7 pce), antioxydant (1,5 pce), naphténate de cobalt (1 pce) ; le module E10 de la gomme

de remplissage est de 6 MPa environ.

II-3. Test des câbles en armature sommet de pneumatique

[0097] Les câbles C-1 et C-5 ont été ensuite testés dans une ceinture de pneumatique pour véhicule poids-lourd tel que schématisé sur la figure 7.

[0098] Ce pneumatique radial 1 comporte un sommet 2 renforcé par une armature de sommet ou ceinture 6, deux flancs 3 et deux bourrelets 4, chacun de ces bourrelets 4 étant renforcé avec une tringle 5. Le sommet 2 est surmonté d'une bande de roulement non représentée sur cette figure schématique. Une armature de carcasse 7 est enroulée autour des deux tringles 5 dans chaque bourrelet 4, le retournement 8 de cette armature 7 étant par exemple disposé vers l'extérieur du pneumatique 1 qui est ici représenté monté sur sa jante 9. L'armature de carcasse 7 est de manière connue en soi constituée d'au moins une nappe renforcée par des câbles dits "radiaux", c'est-à-dire que ces câbles sont disposés pratiquement parallèles les uns aux autres et s'étendent d'un bourrelet à l'autre de manière à former un angle compris entre 80° et 90° avec le plan circonférentiel médian (plan perpendiculaire à l'axe de rotation du pneumatique qui est situé à mi-distance des deux bourrelets 4 et passe par le milieu de l'armature de sommet 6). Bien entendu, ce pneumatique 1 comporte en outre de manière connue une couche de gomme ou élastomère intérieure (communément appelée "gomme intérieure") qui définit la face radialement interne du pneumatique et qui est destinée à protéger la nappe de carcasse de la diffusion d'air provenant de l'espace intérieur au pneumatique.

[0099] L'armature de sommet ou ceinture 6 est de manière connue en soi constituée de deux demi-nappes de triangulation renforcées par des câbles métalliques inclinés de 65 degrés, surmontées de deux nappes dites "nappes de travail" superposées croisées. Ces nappes de travail sont renforcées par des câbles métalliques disposés sensiblement parallèlement les uns par rapport aux autres et inclinés de 26 degrés (nappe radialement interne) et 18 degrés (nappe radialement externe). Les deux nappes de travail sont par ailleurs recouvertes par une nappe de protection renforcée de câbles métalliques élastiques (haute élongation) conventionnels inclinés de 18 degrés. Tous les angles d'inclinaison indiqués sont mesurés par rapport au plan circonférentiel médian du pneumatique.

[0100] Dans les tests qui suivent, les deux nappes "nappes de travail" ci-dessus utilisent soit les câbles C-1, soit les câbles C-5 fabriqués précédemment.

[0101] On réalise deux séries d'essais de roulage de pneumatiques poids-lourd (notés respectivement P-1 et P-5) de dimensions 315/70 R22.5, avec dans chaque série des pneumatiques destinés au roulage, d'autres à un décorticage sur pneumatique neuf. Les pneumatiques P-1 et P-5 sont identiques à l'exception des câbles qui renforcent leur ceinture 6. Les pneumatiques P-1 sont renforcés par les câbles C-1 fabriqués selon le procédé de l'invention, les pneumatiques P-5 sont renforcés par les câbles C-5 qui constituent, en raison de leurs performances reconnues, notamment comparativement à des câbles 3+9 conventionnels (sans fil noyau unitaire), un témoin de choix pour cet essai.

[0102] On fait subir à ces pneumatiques un essai de roulage sévère, en surcharge, destiné à tester leur résistance au phénomène dit de "clivage" (séparation des extrémités des nappes de ceinture), en soumettant les pneumatiques (sur une machine de roulage automatique) à des séquences de très forte dérive et mise en compression sévère de leur bloc sommet dans la zone d'épaule.

[0103] Le test est conduit jusqu'à la destruction forcée des pneumatiques.

[0104] On constate alors que les pneumatiques P-1 renforcés par les câbles issus du procédé de l'invention, dans les conditions très sévères de roulage qui leur sont imposées, présentent une endurance nettement améliorée : la distance moyenne parcourue est augmentée de 20% par rapport aux pneumatiques témoins montrant déjà par ailleurs une performance excellente.

II-4. Tests de perméabilité à l'air

[0105] Les câbles C-1, fabriqués avec le procédé de l'invention, ont été par ailleurs soumis au test de perméabilité à l'air (paragraphe II-1-B), en mesurant le volume d'air traversant les câbles en 1 min (moyenne de 10 mesures pour chaque câble testé).

[0106] Pour chaque câble C-1 testé et pour 100% des mesures (soit dix éprouvettes sur dix), on a mesuré un débit nul ou inférieur à 0,2 cm³/min ; les câbles C-1 sont donc imperméables à l'air, ils peuvent être qualifiés d'étanches à l'air selon leur axe au sens du test du paragraphe II-1-B, ceci grâce à un taux de pénétration optimal par le caoutchouc (gomme de remplissage).

[0107] Des câbles gommés in situ témoins, de même construction 3+9 que les câbles C-1, ont été également fabriqués en gainant individuellement soit un seul fil, soit chacun des trois fils de la couche interne Ci. Ce gainage a été réalisé à l'aide de filières d'extrusion de diamètre variable (320 à 420 μm) disposées cette fois en amont du point d'assemblage (gainage et retordage en ligne) comme décrit dans l'art antérieur (demande US 2002/160213 précitée) ; pour une comparaison rigoureuse, on a ajusté la quantité de gomme de remplissage délivrée de telle manière que le taux de gomme de remplissage, dans les câbles témoins finaux (soit entre 6 et 25 mg par g de câble, tel que mesuré selon la

méthode du paragraphe II-1-C), soit voisin de celui des câbles de l'invention.

[0108] Dans le cas du gainage d'un seul fil, quel que soit le câble testé, on a observé que 100% des mesures (i.e., 10 éprouvettes sur 10) indiquaient un débit d'air supérieur à 2 cm³/min ; le débit moyen mesuré variait de 16 à 62 cm³/min selon les conditions opératoires utilisées, notamment le diamètre de filière d'extrusion testé.

[0109] Dans le cas du gainage individuel de chacun des trois fils, même si le débit moyen mesuré (variant de 0,2 à 4 cm³/min) s'est révélé inférieur aux valeurs précédentes, on a observé que :

- dans le plus mauvais des cas (filière de 320 µm), 90% des mesures (soit 9 éprouvettes sur 10) présentaient un débit supérieur à 2 cm³/min, avec un débit moyen de 4 cm³/min ;
- dans le meilleur des cas (filière de 420 µm), 10% des mesures (soit 1 éprouvette sur 10) présentait encore un débit d'environ 2 cm³/min, avec un débit moyen voisin de 0,2 cm³/min.

[0110] En d'autres termes, aucun des câbles témoins ci-dessus testés ne peut être qualifié de câble étanche à l'air selon son axe longitudinal.

[0111] En outre, on a noté que parmi ces câbles témoins, ceux présentant la perméabilité à l'air la plus faible (pour rappel, ceux obtenus par gainage individuel de chacun des 3 fils à travers une filière de 420 µm) présentaient une quantité relativement importante de gomme de remplissage à leur périphérie, les rendant inaptes à une opération de calandrage en conditions industrielles.

[0112] En résumé, le procédé de l'invention permet la fabrication de câbles de construction M+N gommés in situ qui, grâce à un taux de pénétration optimal par du caoutchouc, d'une part peuvent être mis en oeuvre de manière efficace sous des conditions industrielles, notamment sans les difficultés liées à un débordement excessif de caoutchouc lors de leur fabrication, d'autre part présentent une endurance en ceinture des pneumatiques qui est sensiblement améliorée comparée aux meilleurs câbles témoins connus à ce jour pour une telle application.

Revendications

1. Procédé de fabrication d'un câble métallique à deux couches (Ci, Ce), de construction M+N, comportant une couche interne (Ci) constituée de M fils de diamètre d₁ enroulés ensemble en hélice selon un pas p₁, M variant de 2 à 4, et une couche externe (Ce) de N fils de diamètre d₂ enroulés ensemble en hélice selon un pas p₂ autour de la couche interne (Ci), ledit procédé comportant au moins les étapes suivantes opérées en ligne :

- une étape d'assemblage par retordage des M fils d'âme, pour formation de la couche interne (Ci) en un point d'assemblage ;
- en aval dudit point d'assemblage des M fils d'âme, une étape de gainage de la couche interne (Ci) par une composition de caoutchouc diénique, dite "gomme de remplissage", à l'état cru ;
- une étape d'assemblage par retordage des N fils de la couche externe (Ce) autour de la couche interne (Ci) ainsi gainée ;
- une étape d'équilibrage final des torsions.

2. Procédé selon la revendication 1, dans lequel le diamètre d₁ est compris entre 0,20 et 0,50 mm et le pas de retordage p₁ est compris entre 5 et 30 mm.

3. Procédé selon la revendication 1 ou 2, dans lequel la contrainte de tension exercée sur les M fils, en aval du point d'assemblage, est comprise entre 10 et 25% de leur force à la rupture.

4. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, dans lequel l'élastomère diénique de la gomme de remplissage est choisi dans le groupe constitué par les polybutadiènes, le caoutchouc naturel, les polyisoprènes de synthèse, les copolymères de butadiène, les copolymères d'isoprène, et les mélanges de ces élastomères.

5. Procédé selon la revendication 4, dans lequel l'élastomère diénique est du caoutchouc naturel.

6. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, dans lequel la température d'extrusion de la gomme de remplissage est comprise entre 60°C et 120°C.

7. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, dans lequel la quantité de gomme de remplissage délivrée lors du gainage est comprise entre 5 et 40 mg par gramme de câble final.

8. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, dans lequel la couche interne, après gainage, est recouverte d'une épaisseur minimale de gomme de remplissage supérieure à 5 μm .
9. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 8, dans lequel le diamètre d_2 est compris entre 0,20 et 0,50 mm et le pas p_2 est supérieur ou égal à p_1 .
10. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 9, dans lequel les fils de la couche externe sont enroulés en hélice au même pas et dans le même sens de torsion que les fils de la couche interne.
11. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, dans lequel M est égal à 3 et N est égal à 8, 9 ou 10.
12. Procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 11, dans lequel la couche externe C_e est une couche saturée.
13. Dispositif d'assemblage et gommage en ligne, utilisable pour la mise en oeuvre d'un procédé selon l'une quelconque des revendications 1 à 12, ledit dispositif comportant d'amont en aval, selon la direction d'avancement du câble en cours de formation :
 - des moyens d'alimentation des M fils d'âme, les fils ont un diamètre d_1 et M variant de 2 à 4;
 - des premiers moyens d'assemblage par retordage des M fils d'âme pour formation de la couche interne ;
 - des moyens de gainage de la couche interne ;
 - en sortie des moyens de gainage, des seconds moyens d'assemblage par retordage des N fils externes autour de l'âme ainsi gainée, pour formation de la couche externe, les fils ont un diamètre d_2 ;
 - en sortie des seconds moyens d'assemblage, des moyens d'équilibrage de torsion.
14. Dispositif selon la revendication 13, comportant une alimentation fixe et une réception tournante.
15. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 13 ou 14, dans lequel les moyens d'équilibrage de torsion des fils comportent un dresseur ou un retordeur ou un retordeur-dresseur.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung eines Metallkabels mit zwei Schichten (C_i , C_e) der Bauart M+N, aufweisend eine innere Schicht (C_i), die aus M Drähten mit dem Durchmesser d_1 besteht, welche gemeinsam eine spiralförmige Wicklung gemäß einem Wiederholabstand p_1 aufweisen, wobei M den Wert 2 bis 4 annehmen kann, und eine äußere Schicht (C_e) aus N Drähten mit einem Durchmesser d_2 , welche gemeinsam spiralförmig gemäß einem Wiederholabstand p_2 um die innere Schicht (C_i) gewickelt sind, wobei das Verfahren mindestens die folgenden, in unmittelbarer Abfolge durchgeführten Schritte aufweist:
 - einen Schritt des Zusammenfügens der M Seelendrähte durch Verzwirnen, um an einer Zusammenfügungsstelle die innere Schicht (C_i) zu bilden;
 - hinter der Stelle des Zusammenfügens der M Seelendrähte, einen Schritt des Umhüllens der inneren Schicht (C_i) mit einer Dien-Kautschukzusammensetzung im rohen Zustand, welche als "Füllgummi" bezeichnet wird;
 - einen Schritt des Zusammenfügens der N Drähte der äußeren Schicht (C_e), indem diese rundum die auf diese Weise umhüllte innere Schicht (C_i) verzwirnt werden;
 - einen Schritt des abschließenden Ausgleichens der Drehungen.
2. Verfahren nach Anspruch 1, wobei der Durchmesser d_1 im Bereich von 0,20 bis 0,50 mm liegt und der Verzwirnungswiederholabstand p_1 im Bereich von 5 bis 30 mm liegt.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, wobei die Spannbelastung, welche hinter der Zusammenfügungsstelle auf die M Drähte ausgeübt wird, im Bereich von 10 bis 25 % ihrer Bruchkraft liegt.
4. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 3, wobei das Dien-Elastomer des Füllgummis aus der Gruppe ausgewählt ist, die aus den Polybutadienen, natürlichem Kautschuk, den Polyisoprenen synthetischen Ursprungs, den Butadien-Copolymeren, den Isopren-Copolymeren und den Mischungen dieser Elastomere besteht.
5. Verfahren nach Anspruch 4, wobei es sich bei dem Dien-Elastomer um natürlichen Kautschuk handelt.

6. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 5, wobei die Extrusionstemperatur des Füllgummis im Bereich von 60 °C bis 120 °C liegt.
- 5 7. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Menge an Füllgummi, welche beim Umhüllen abgegeben wird, im Bereich von 5 bis 40 mg pro Gramm an Kabelendprodukt liegt.
8. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 7, wobei die innere Schicht, nach der Umhüllung, mit einer Mindestdicke an Füllgummi bedeckt ist, welche mehr als 5 µm beträgt.
- 10 9. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 8, wobei der Durchmesser d_2 im Bereich von 0,20 bis 0,50 mm liegt und der Wiederholabstand p_2 mindestens so groß wie p_1 ist.
- 15 10. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Drähte der äußeren Schicht eine spiralförmige Wicklung mit demselben Wiederholabstand und derselben Drehrichtung wie die Drähte der inneren Schicht aufweisen.
11. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 10, wobei M gleich 3 ist und N gleich 8, 9 oder 10 ist.
- 20 12. Verfahren nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 11, wobei die äußere Schicht Ce eine Schicht ohne Freiräume ist.
13. Vorrichtung zum Zusammenfügen und Gummieren in unmittelbarer Abfolge, welche zur Durchführung eines Verfahrens nach einem beliebigen der Ansprüche 1 bis 12 verwendet werden kann, wobei die Vorrichtung von vorn nach hinten, gemäß der Vorschubrichtung des dabei gebildeten Kabels, Folgendes aufweist:
25
 - Mittel zum Zuführen der M Seelendrähte, wobei die Drähte einen Durchmesser d_1 haben und M einen Wert von 2 bis 4 annehmen kann,
 - erste Mittel zum Zusammenfügen der M Seelendrähte durch Verzwirnen, um die innere Schicht zu bilden;
 - Mittel zum Umhüllen der inneren Schicht;
 - 30 - ausgangsseitig der Mittel zum Umhüllen, zweite Mittel zum Zusammenfügen der N äußeren Drähte durch Verzwirnen rundum die auf diese Weise umhüllte Seele, um die äußere Schicht zu bilden, wobei die Drähte einen Durchmesser d_2 haben,
 - ausgangsseitig der zweiten Zusammenfüegungsmittel, Mittel zum Ausgleichen der Drehung.
- 35 14. Vorrichtung nach Anspruch 13, die eine feste Zuführung und eine sich drehende Aufnahme aufweist.
15. Vorrichtung nach einem beliebigen der Ansprüche 13 oder 14, wobei die Mittel zum Drehungsausgleich der Drähte eine Entzwindungsvorrichtung oder eine Verzwirnungsvorrichtung oder eine Entzwindungs/Verzwirnungsvorrichtung aufweisen.
- 40

Claims

- 45 1. Method of manufacturing a metal cable having two layers (Ci, Ce) of construction M+N, comprising an inner layer (Ci) consisting of M wires of diameter d_1 wound together in a helix at a pitch p_1 , M varying from 2 to 4, and an outer layer (Ce) of N wires of diameter d_2 , wound together in a helix at a pitch p_2 around the inner layer (Ci), the said method comprising at least the following steps performed in line:
50
 - a step of assembling the M core wires by twisting to form the inner layer (Ci) at a point of assembling;
 - downstream of the said point of assembling of the M core wires, a step of sheathing the inner layer (Ci) with a diene rubber composition called "filling rubber", in the raw state;
 - a step of assembling the N wires of the outer layer (Ce) by twisting around the inner layer (Ci) thus sheathed;
 - a final step of twist balancing.
- 55 2. Method according to Claim 1, in which the diameter d_1 ranges between 0.20 and 0.50 mm and the twisting pitch p_1 ranges between 5 and 30 mm.
3. Method according to Claim 1 or 2, in which the tensile stress applied to the M wires downstream of the point of

assembling ranges between 10 and 25% of their tensile strength.

4. Method according to any one of Claims 1 to 3, in which the diene elastomer of the filling rubber is chosen from the group consisting of polybutadienes, natural rubber, synthetic polyisoprenes, butadiene copolymers, isoprene copolymers and blends of these elastomers.
5. Method according to Claim 4, in which the diene elastomer is natural rubber.
6. Method according to any one of Claims 1 to 5, in which the extrusion temperature of the filling rubber ranges between 60°C and 120°C.
7. Method according to any one of Claims 1 to 6, in which the amount of filling rubber delivered during sheathing ranges between 5 and 40 mg per gram of finished cable.
8. Method according to any one of Claims 1 to 7, in which the inner layer, after sheathing, is covered with a minimum thickness of filling rubber that exceeds 5 μm .
9. Method according to any one of Claims 1 to 8, in which the diameter d_2 ranges between 0,20 and 0,50 mm and the pitch p_2 is greater than or equal to p_1 .
10. Method according to any one of Claims 1 to 9, in which the wires of the outer layer are wound in a helix at the same pitch and in the same direction of twisting as the wires of the inner layer.
11. Method according to any one of Claims 1 to 10, in which M is equal to 3 and N is equal to 8, 9 or 10.
12. Method according to any one of Claims 1 to 11, in which the outer layer C_e is a saturated layer.
13. Device for assembling and rubberizing in line, that can be used to implement a method according to any one of Claims 1 to 12, the said device comprising, from upstream downstream, in the direction of travel of the cable in the process of being formed:
 - feed means for supplying the M core wires of diameter d_1 , M varying from 2 to 4 ;
 - first means for assembling the M core wires by twisting to form the inner layer;
 - means of sheathing the inner layer;
 - at the outlet from the sheathing means, second means of assembling the N outer wires of diameter d_2 by twisting around the core thus sheathed, to form the outer layer;
 - at the output from the second assembling means, means of twist balancing.
14. Device according to Claim 13, comprising a fixed feed and a rotary receiver.
15. Device according to Claim 13 or 14, in which the means for balancing the twist of the wires comprise a straightener or a twister or a twister-straightener.

Fig. 1

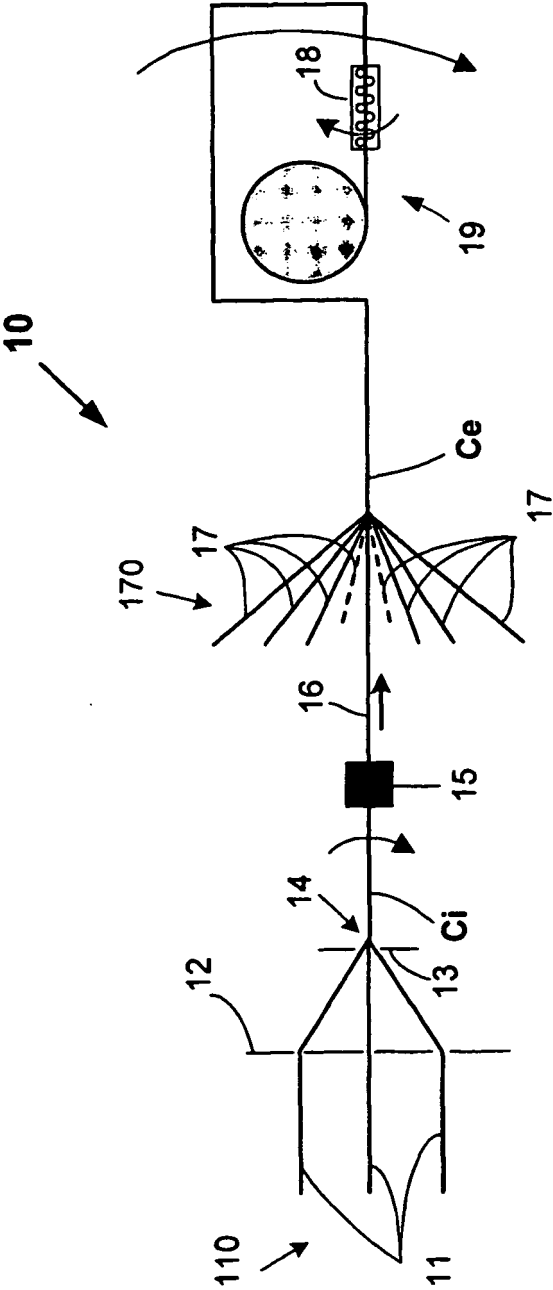


Fig. 2

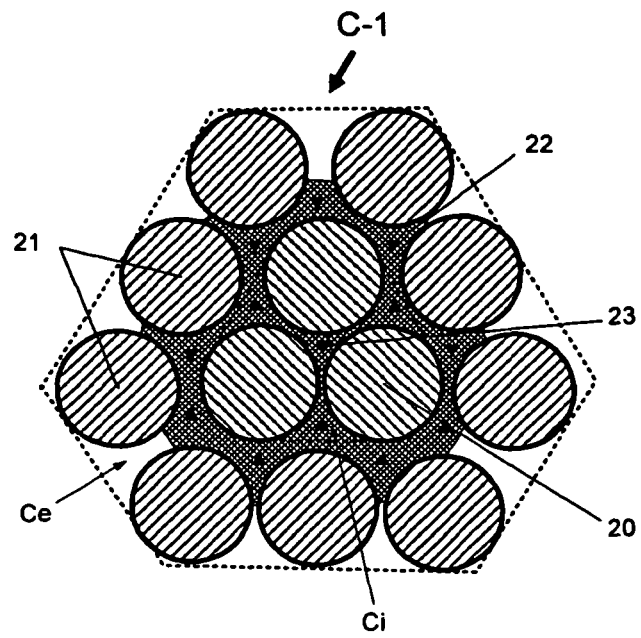


Fig. 3

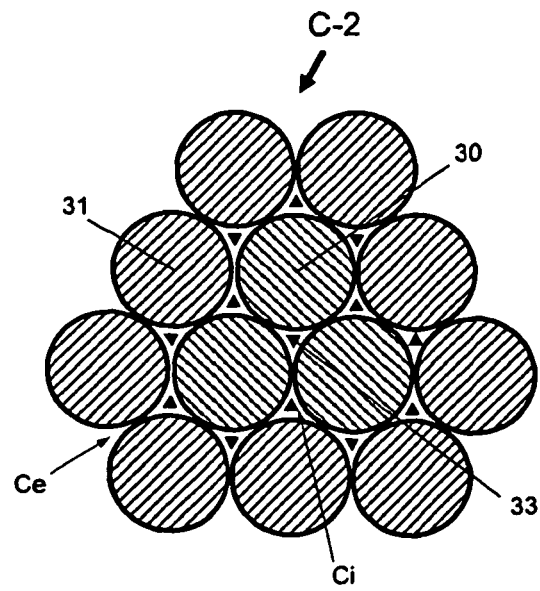


Fig. 4

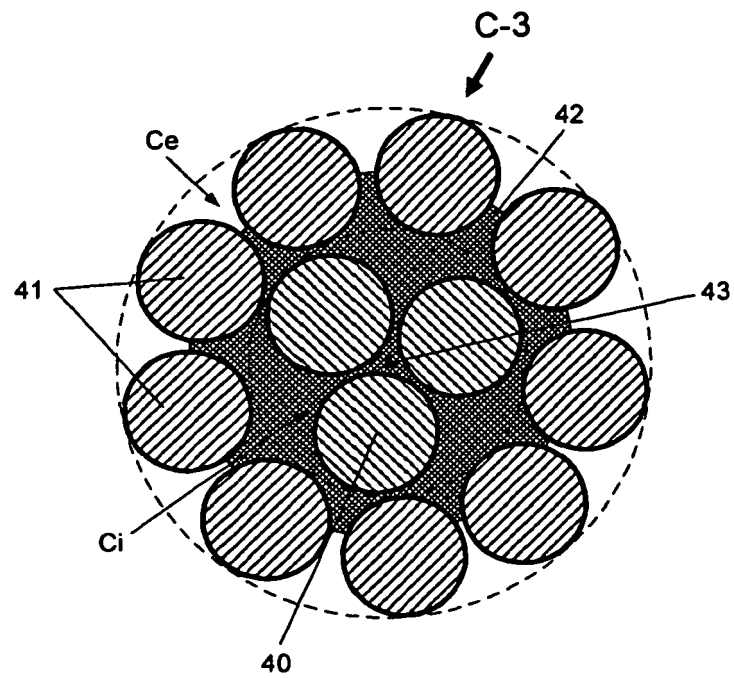


Fig. 5

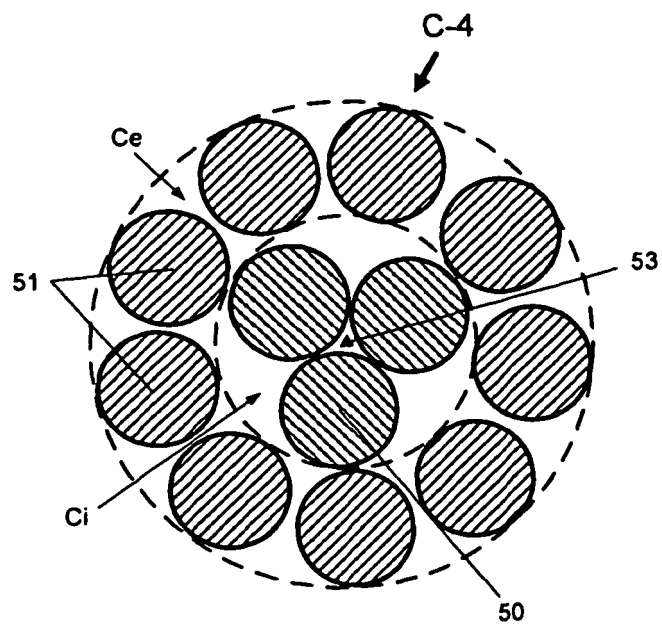


Fig. 6

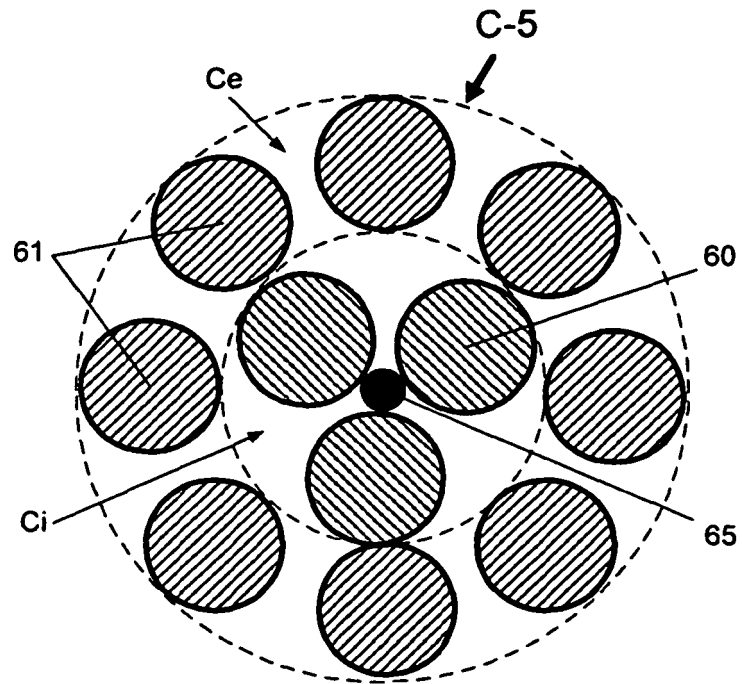
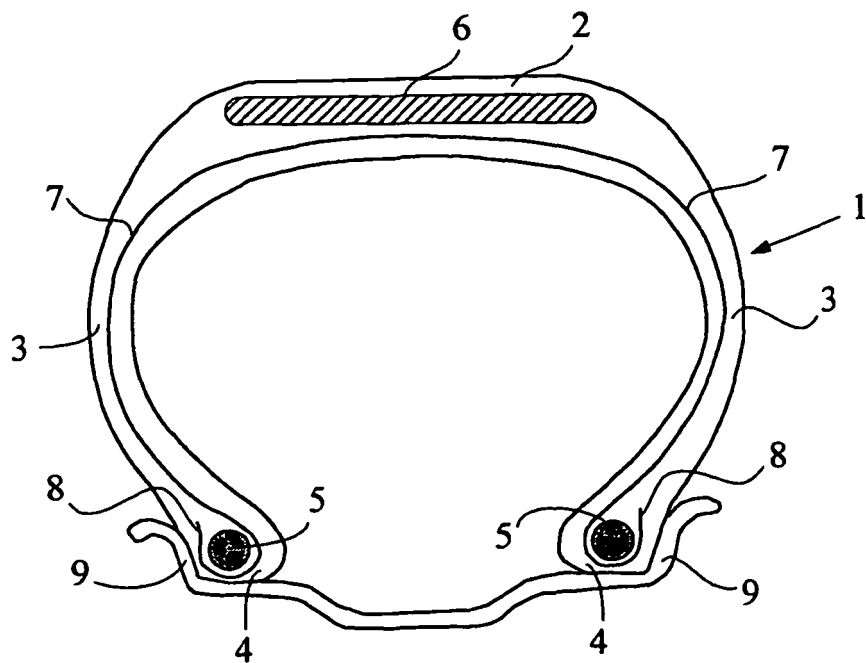


Fig. 7



RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

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

Documents brevets cités dans la description

- WO 0100922 A [0012]
- WO 0149926 A [0012]
- WO 2005071157 A [0012]
- WO 2006013077 A [0012]
- US 2002160213 A [0015] [0107]

Littérature non-brevet citée dans la description

- Steel cord construction. *RD*, Août 1990 [0013]