



(11)

EP 2 842 136 B1

(12)

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

(45) Date de publication et mention
de la délivrance du brevet:
07.06.2017 Bulletin 2017/23

(21) Numéro de dépôt: **13727369.4**

(22) Date de dépôt: **22.04.2013**

(51) Int Cl.:
H01B 7/30 (2006.01) H01B 7/42 (2006.01)

(86) Numéro de dépôt international:
PCT/IB2013/053174

(87) Numéro de publication internationale:
WO 2013/160819 (31.10.2013 Gazette 2013/44)

(54) **CABLE EN FILS DE LITZ**

KABEL AUS LITZENDRÄHTEN

CABLE MADE OF LITZ WIRES

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

(30) Priorité: **24.04.2012 FR 1253728**

(43) Date de publication de la demande:
04.03.2015 Bulletin 2015/10

(73) Titulaire: **Fives Celes
68610 Lautenbach (FR)**

(72) Inventeur: **GABLE, Gilles
F-68500 Guebwiller (FR)**

(74) Mandataire: **Cabinet Armengaud Aîné
16, rue Gaillon
75002 Paris (FR)**

(56) Documents cités:
**EP-A2- 2 081 196 GB-A- 2 323 207
US-A1- 2008 156 516**

- "Coolpoly D8102 Thermally Conductive Thermoplastic Elastomer", , 1 janvier 2009 (2009-01-01), XP55070157, Extrait de l'Internet: URL:http://www.coolpolymers.com/Files/DS/Datasheet_d8102.pdf [extrait le 2013-07-08]
- "Coolpoly Thermally Conductive Plastics for tubing applications", , 1 janvier 2005 (2005-01-01), XP55070153, Extrait de l'Internet: URL:<http://www.coolpolymers.com/appsheets/files/tubingapplications.pdf> [extrait le 2013-07-08]

EP 2 842 136 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 à un conducteur électrique comportant une pluralité de brins s'étendant entre deux extrémités, chacun des brins présentant à sa surface une couche d'isolant électrique, les brins étant reliés électriquement en parallèle à chaque extrémité du conducteur électrique. Ce type de conducteurs est généralement appelé fil de Litz.

[0002] La présente invention concerne plus particulièrement les conducteurs dont la fréquence d'utilisation est comprise entre 1kHz et 500kHz.

[0003] A fréquence élevée le courant a tendance à ne circuler qu'à la surface du conducteur à cause d'un phénomène appelé effet de peau. La pellicule de conducteur où circule le courant est alors appelée épaisseur de peau. Ce phénomène entraîne une circulation du courant circonscrite à la périphérie du conducteur d'où une section utile réduite, ce qui entraîne une résistance électrique plus élevée et augmente les pertes.

[0004] L'utilisation de fils de litz où chaque brin présente un diamètre inférieur à l'épaisseur de peau du matériau utilisé à la fréquence d'utilisation, permet de réduire les pertes ohmiques.

[0005] Le document EP 2 081 196 décrit un conducteur électrique comprenant un tube autour duquel sont disposés des brins, le tube étant parcouru par un fluide de refroidissement.

[0006] Malheureusement, l'isolation électrique des différents brins ne permet pas toujours d'éviter une élévation de température importante du conducteur, notamment dans le cas d'un courant haute fréquence.

[0007] L'invention a pour but, surtout, de proposer un conducteur autorisant l'utilisation de hautes fréquences tout en minimisant son échauffement. Faciliter l'évacuation des pertes permettra d'utiliser le conducteur à un courant plus élevé, ou à courant constant, de ne pas échauffer les pièces au voisinage.

[0008] Selon l'invention un conducteur électrique comportant une pluralité de brins s'étendant entre deux extrémités, chacun des brins présentant à sa surface une couche d'isolant électrique, les brins étant reliés électriquement en parallèle à chaque extrémité du conducteur électrique, est caractérisé en ce que les brins sont disposés autour d'au moins un tube, réalisé en matériau isolant électrique, formant âme, le tube étant parcouru par un fluide de refroidissement, et en ce que la surface extérieure du tube et les brins sont imprégnés d'une pâte isolant électrique et présentant un coefficient de conduction thermique supérieur à 0.2 W/mK pour assurer un bon transfert thermique entre les brins et le tube.

[0009] Chaque brin peut réaliser au moins une vrille complète autour du tube entre les deux extrémités du conducteur.

[0010] Avantageusement la pâte isolant électrique présente un coefficient de conduction thermique supérieur à 0.5 W/mK.

[0011] La pâte peut présenter une dureté shore A, se-

lon la norme ISO 868, inférieure à 75.

[0012] Le conducteur peut comprendre une gaine extérieure.

[0013] Le tube peut présenter une géométrie annelée ou spiralée.

[0014] L'invention concerne également l'utilisation d'un conducteur électrique tel que défini précédemment à une fréquence comprise entre 1kHz et 500kHz.

[0015] D'autres caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront dans la description qui suit d'un mode de réalisation préféré avec référence aux dessins annexés mais qui n'a aucun caractère limitatif. Sur ces dessins :

Fig. 1 est une vue en perspective de l'extrémité d'un conducteur selon l'invention,

Fig. 2 est une vue en coupe transversale du conducteur de Fig. 1,

Fig. 3 est une vue en coupe longitudinale du conducteur de Fig. 1,

Fig. 4 à 6 sont des vues en élévation latérale de trois modes de réalisation d'un tube selon l'invention,

Fig. 7 à 9 sont des vues en coupe longitudinale des modes de réalisation des Fig. 4 à 6,

Fig. 10 à 12 sont des vues en coupe longitudinale de trois autres modes de réalisation d'un tube selon l'invention,

Fig. 13 est une vue en élévation latérale d'un autre mode de réalisation d'un tube selon l'invention,

Fig. 14 est une vue en coupe longitudinale du mode de réalisation de Fig. 13, et

Fig. 15 à 18 sont des vues en coupe longitudinale de quatre autres modes de réalisation d'un tube selon l'invention.

[0016] En se référant à Fig. 1 à 3, on peut voir un conducteur C selon l'invention. L'âme du conducteur C est constituée par un tube 1 parcouru par un fluide de refroidissement. Le fluide ou gaz peut être de l'eau, de l'huile ou tout autre fluide caloporteur.

[0017] Le tube 1 est réalisé en polymère isolant électrique de manière à éviter, aux fréquences élevées, l'induction de courants de Foucault dans le tube 1. Afin d'apporter la souplesse nécessaire au conducteur C, le tube 1 présente un profil spiralé.

[0018] Des brins 2 sont disposés longitudinalement autour du tube 1. Les brins 2 sont regroupés pour former des torons et chaque brin 2 est recouvert d'une couche d'isolant électrique 6. En théorie il n'est pas nécessaire de rajouter une isolation supplémentaire entre les torons car les brins sont déjà isolés. Chaque brin 2 comporte une multitude de fils isolés.

[0019] En pratique on isole les torons pour améliorer la tenue mécanique du toron et sa manipulation et pour éviter les blessures du vernis isolant des brins qui frottent l'un contre l'autre au contact de deux torons.

[0020] Les torons de brins sont répartis tout autour du tube 1 sur sa partie extérieure, en hélice simple en une

couche.

[0021] Des modes de réalisation alternatifs sont possibles en utilisant notamment des brins 2 tressés sur le tube 1 et/ou plusieurs couches de brins.

[0022] Par ailleurs, il n'est indispensable de regrouper les brins 2 pour former des torons. Une alternative possible est de répartir directement les brins autour du tube 1.

[0023] Les brins 2 sont reliés électriquement en parallèles en dehors du conducteur. Chaque brin 2 présente au moins une vrille complète entre les bornes de raccordement des deux extrémités du conducteur. Ceci permet d'assurer une transposition qui favorise l'équilibrage des courants dans les brins aux fréquences élevées.

[0024] La longueur d'un conducteur dépend de son application.

[0025] La surface extérieure du tube 1 et les brins 2 sont imprégnés d'un produit appelé pâte thermique 4 pour assurer un bon transfert thermique entre les brins 2 et le tube 1 dans le but de faciliter le transfert thermique des brins 2 vers le fluide de refroidissement circulant dans le tube 1.

[0026] La pâte thermique 4 est un produit souple qui remplit les concavités du tuyau, les interstices entre les brins 2 et le tube 1. La pâte thermique est produite à partir d'un élastomère de faible dureté shore A et de préférence de dureté shore A inférieure à 75, de façon à épouser au mieux la forme des brins 2 et du tube 1 tout en acceptant les déformations que peut subir le conducteur C. La pâte thermique est également un isolant électrique ce qui favorise l'isolation électrique des différents brins 2.

[0027] La pâte thermique a un coefficient de conductibilité thermique qui est supérieur à 0.2 W/mK et de préférence supérieur à 0,5W/mK. Il est possible de travailler avec des coefficients plus faibles mais au détriment des performances.

[0028] La présence de la pâte thermique 4 évite la présence d'air tout en permettant au conducteur C de conserver de la souplesse et un rayon de courbure faible. Le rayon de courbure du conducteur C ainsi obtenu peut être inférieur à cinq fois le diamètre du conducteur C.

[0029] Dans le mode de réalisation illustré Fig. 1 à 3, le conducteur C est gainé par une gaine de finition 5. De façon alternative le conducteur C peut être simplement enrubanné ou entrer dans la composition d'un conducteur plus complexe.

[0030] Des modes de réalisations alternatifs sont possibles en utilisant des tubes présentant des profils annelés, convolutés, striés ou corrugués.

[0031] Le conducteur peut être disposé de nombreuses manières autour du tube, par exemple en hélice simple ou multiple ou disposé croisé en une ou plusieurs couches ou enfin tressé.

[0032] On entend par tube annelé un tube dont l'aspect ressemble à des anneaux mis bout à bout. Les crêtes des anneaux ainsi que les creux sont rebouclés respectivement sur eux-mêmes comme illustré Fig. 5 et Fig.6.

En règle générale si l'épaisseur de paroi est petite au regard du pas ou de la hauteur des anneaux alors la crête est saillante à l'extérieur et creuse à l'intérieur du tube (Fig.8 et Fig.9). Un creux vu de l'extérieur présente une crête saillante à l'intérieur.

[0033] En variante, un tube présentant des crêtes et des creux en forme d'anneaux à l'extérieur peut aussi être lisse à l'intérieur comme illustré Fig. 11 et Fig.12. Cela signifie que l'épaisseur de paroi n'est pas constante.

[0034] Un tube lisse sur sa paroi extérieure et ondulé à l'intérieur peut aussi remplir la fonction (Fig. 15).

[0035] Le profil des crêtes et des creux peuvent couvrir toutes les formes intermédiaires entre la sinusoïde et le créneau (Fig. 9, Fig. 17 et Fig. 18)

[0036] On entend par tube spiralé un tube présentant en alternance des crêtes et des creux qui décrivent des révolutions autour de l'axe du tuyau avec un pas assez serré inférieur au diamètre du tuyau comme illustré Fig. 4 et Fig. 13. Le tube ne présente qu'une seule crête et qu'un seul sillon hélicoïdaux tous deux.

[0037] Les profils des crêtes et des sillons en coupes peuvent prendre toutes les formes décrites pour le tube annelé comme illustré notamment Fig. 10, Fig.11, Fig.7, Fig.14 et Fig.16.

[0038] Tout comme le tube annelé il peut être lisse à l'intérieur et ne présenter des crêtes et des creux à l'extérieur et réciproquement (Fig. 14 et Fig. 15).

[0039] On entend par tube convoluté un tube dont les crêtes paraissent enroulées autour d'un tube en suivant l'axe longitudinal. Il présente les mêmes caractéristiques que le tube spiralé décrit ci-dessus.

[0040] Le terme tube corrugué est parfois utilisé et désigne un tube pourvu de stries annulaires ou spiralées dans l'axe du tube de façon similaire au tube convoluté.

[0041] Le conducteur selon l'invention présente de nombreux avantages.

[0042] En particulier les pertes par induction dans le circuit de refroidissement sont très faibles. La section utile de cuivre est optimisée pour tenir compte de l'effet de peau.

[0043] L'originalité de l'invention, c'est aussi de permettre l'évacuation des calories produites dans un circuit d'eau isolé et isolant. Faciliter l'évacuation des pertes permet d'utiliser le conducteur selon l'invention à un courant plus élevé par rapport à un conducteur classique, ou à courant constant, de ne pas échauffer les pièces au voisinage.

[0044] Les convolutions du tube permettent de maximiser la surface d'échange thermique avec le fluide de refroidissement tout autorisant une excellente souplesse et un rayon de courbure très faible sans perte de refroidissement.

[0045] Il en résulte des densités de courant importantes à des fréquences élevées.

[0046] L'isolement est galvanique entre le fluide de refroidissement et les conducteurs. Il n'y a donc pas de courants de circulation ou de fuites dans les fluides de refroidissements.

[0047] Ces avantages permettent l'utilisation d'un conducteur selon l'invention dans de nombreux domaines et en particulier la réalisation de composants magnétiques (inductances, transformateurs, inducteurs de chauffage par induction) ou de lignes de liaison haute fréquence très peu dissipatives ou à forte densité de courant.

Revendications

1. Conducteur électrique (C) comportant une pluralité de brins (2) s'étendant entre deux extrémités, chacun des brins (2) présentant à sa surface une couche d'isolant électrique (6), les brins (2) étant reliés électriquement en parallèle à chaque extrémité du conducteur électrique (C), les brins (2) étant disposés autour d'au moins un tube (1), formant âme, le tube (1) étant parcouru par un fluide de refroidissement, **caractérisé en ce que** le tube (1) est réalisé en matériau isolant électrique et **en ce que** la surface extérieure du tube (1) et les brins (2) sont imprégnés d'une pâte (4) isolant électrique et présentant un coefficient de conduction thermique supérieur à 0,2 W/mK pour assurer un bon transfert thermique entre les brins (2) et le tube (1).
2. Conducteur électrique (C) selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** chaque brin (2) réalise au moins une vrille complète autour du tube (1) entre les deux extrémités du conducteur (C).
3. Conducteur électrique (C) selon la revendication 1 ou 2, **caractérisé en ce que** la pâte (4) isolant électrique présente un coefficient de conduction thermique supérieur à 0,5 W/mK.
4. Conducteur électrique (C) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** la pâte (4) présente une dureté shore A, selon la norme ISO 868, inférieure à 75.
5. Conducteur électrique (C) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce qu'il** comprend une gaine extérieure (5).
6. Conducteur électrique (C) selon l'une quelconque des revendications précédentes, **caractérisé en ce que** le tube (1) présente une géométrie annelée.
7. Conducteur électrique (C) selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le tube (1) présente une géométrie spiralee.
8. Utilisation d'un conducteur électrique selon l'une quelconque des revendications précédentes à une fréquence comprise entre 1 kHz et 500kHz.

Patentansprüche

1. Elektrischer Leiter (C) mit mehreren Adern (2), die sich zwischen zwei Enden erstrecken, wobei jede der Adern (2) an ihrer Oberfläche eine elektrisch isolierende Schicht (6) aufweist, wobei die Adern (2) elektrisch parallel an jedem der Enden des elektrischen Leiters (C) verbunden sind, wobei die Adern (2) um mindestens ein Rohr (1), das eine Seele bildet, herum angeordnet sind, wobei das Rohr (1) von einem Kühlfluid durchströmt ist, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (1) aus elektrisch isolierendem Material gebildet ist, und dass die Außenfläche des Rohres (1) und die Adern (2) mit einer Paste (4), die elektrisch isolierend ist und einen Wärmeleitkoeffizienten von mehr als 0,2 W/mK aufweist, um eine gute Wärmeübertragung zwischen den Adern (2) und dem Rohr (1) zu ermöglichen.
2. Elektrischer Leiter (C) nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** jede Ader (2) zwischen den beiden Enden des Leiters (C) mindestens eine vollständige Windung um das Rohr (1) vollzieht.
3. Elektrischer Leiter (C) nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die elektrisch isolierende Paste (4) einen Wärmeleitkoeffizienten von mehr als 0,5 W/mK aufweist.
4. Elektrischer Leiter (C) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Paste (4) eine Shore-A Härte nach der Norm ISO 868 von weniger als 75 aufweist.
5. Elektrischer Leiter (C) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** er eine Außenhülle (5) aufweist.
6. Elektrischer Leiter (C) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (1) eine gewellte Geometrie aufweist.
7. Elektrischer Leiter (C) nach einem der Ansprüche 1 bis 5, **dadurch gekennzeichnet, dass** das Rohr (1) eine spiralförmige Geometrie aufweist.
8. Verwendung eines elektrischen Leiters nach einem der vorhergehenden Ansprüche mit einer Frequenz zwischen 1 kHz und 500 kHz.

Claims

1. Electric conductor (C) comprising a plurality of strands (2) extending between two ends, each of the strands (2) having at its surface a layer of electrical insulator (6), the strands (2) being electrically connected in parallel at each end of the electric conduc-

tor (C), the strands (2) being arranged around at least one tube (1), forming a core, the tube (1) having a coolant passing through it, **characterized in that** the tube (1) is made of an electrically insulating material, and **in that** the exterior surface of the tube (1) and the strands (2) are impregnated with a paste (4) that is electrically insulating and has a thermal conductivity higher than 0.2 W/mK in order to ensure good transfer of heat between the strands (2) and the tube (1).

2. Electric conductor (C) as claimed in claim 1, **characterized in that** each strand (2) makes at least one complete twist around the tube (1) between the two ends of the conductor (C).
3. Electric conductor (C) as claimed in claim 1 or 2, **characterized in that** the electrically insulating paste (4) has a thermal conductivity higher than 0.5 W/mK.
4. Electric conductor (C) as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the paste (4) has a shore A hardness, in accordance with the ISO 868 standard, of below 75.
5. Electric conductor (C) as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** it comprises an outer sheath (5).
6. Electric conductor (C) as claimed in any one of the preceding claims, **characterized in that** the tube (1) has a ringed geometry.
7. Electric conductor (C) as claimed in any one of claims 1 to 5, **characterized in that** the tube (1) has a spiral geometry.
8. Use of an electric conductor as claimed in any one of the preceding claims at a frequency of between 1kHz and 500kHz.

45

50

55

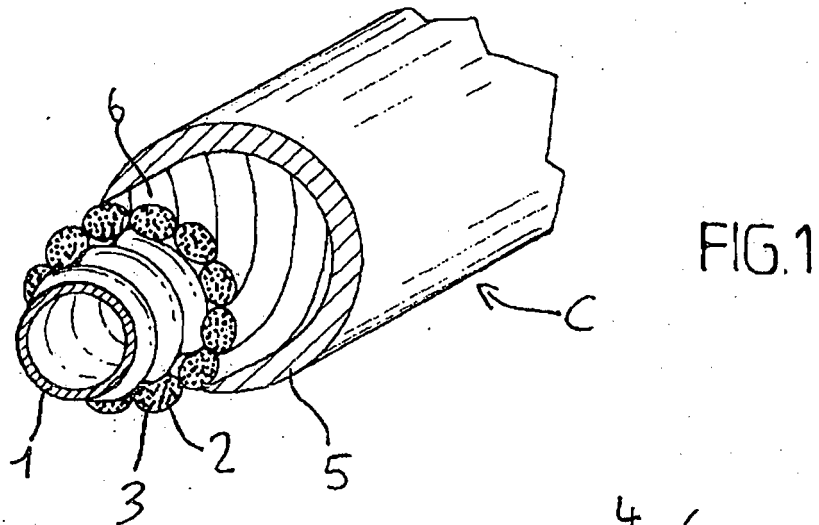


FIG. 2

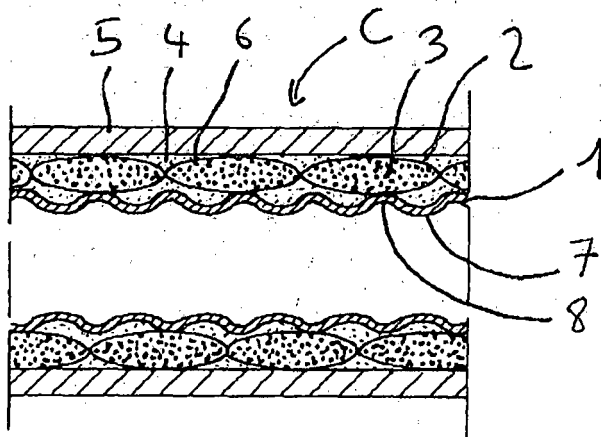
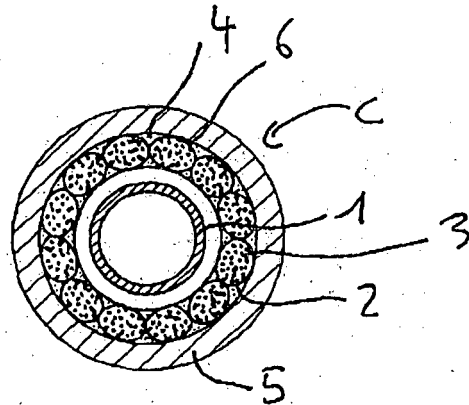


FIG. 3

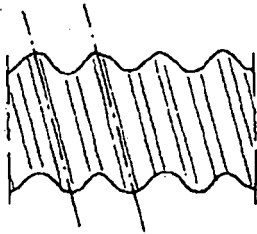


FIG. 4

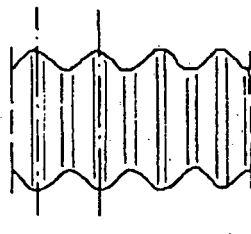


FIG. 5

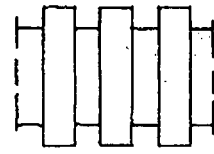


FIG. 6

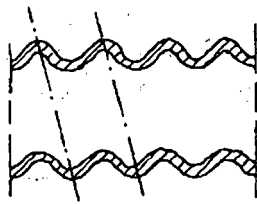


FIG. 7

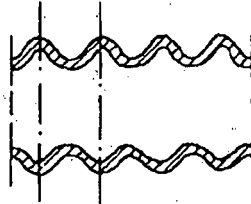


FIG. 8

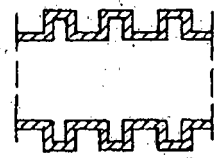


FIG. 9

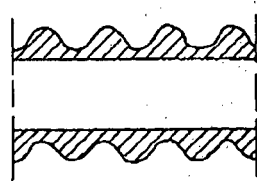


FIG. 10

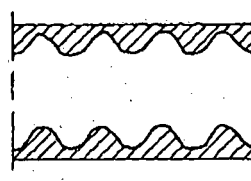


FIG. 11

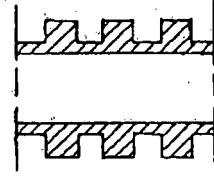


FIG. 12

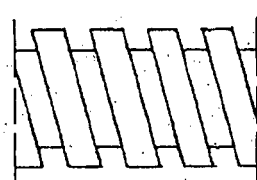


FIG. 13

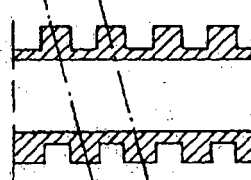


FIG. 14

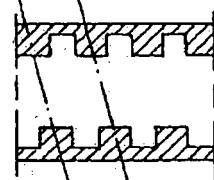


FIG. 15

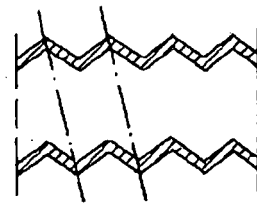


FIG. 16

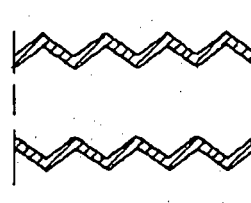


FIG. 17

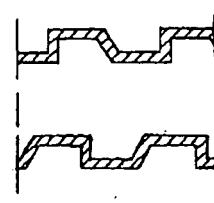


FIG. 18

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

- EP 2081196 A [0005]