



(11) **EP 2 184 744 B1**

(12) **FASCICULE DE BREVET EUROPEEN**

(45) Date de publication et mention de la délivrance du brevet:  
**13.08.2014 Bulletin 2014/33**

(51) Int Cl.:  
**H01B 13/14 (2006.01) H01B 3/44 (2006.01)**

(21) Numéro de dépôt: **09174913.5**

(22) Date de dépôt: **03.11.2009**

(54) **Fil électrique à gaine de PTFE robuste et à faible constante diélectrique, et ses procédé et outil de fabrication**

Elektrischer Draht mit niedriger dielektrizitätskonstante PTFE Hülle, Herstellungs- Verfahren und -Werkzeug

Electric wire with PTFE low dielectric constant sheath, manufacturing process and tool

(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 MK MT NL NO PL PT RO SE SI SK SM TR**

(30) Priorité: **06.11.2008 FR 0857537**

(43) Date de publication de la demande:  
**12.05.2010 Bulletin 2010/19**

(73) Titulaire: **AXON'CABLE**  
**51210 Montmirail (FR)**

(72) Inventeurs:  
• **Perez, Sophie**  
**02540 Marchais en Brie (FR)**  
• **Yeung, Chor**  
**52600 Chaudenay (FR)**

(74) Mandataire: **Intès, Didier Gérard André et al**  
**Cabinet Beau de Loménie**  
**158, rue de l'Université**  
**75340 Paris Cedex 07 (FR)**

(56) Documents cités:  
**EP-A- 1 630 829 WO-A-2005/066979**  
**FR-A- 2 919 750**

**EP 2 184 744 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]** L'invention concerne un fil électrique comportant au moins un conducteur électrique monobrin ou multibrin, dans une gaine à base de PTFE (polytétrafluoréthylène), ainsi qu'un procédé et un outil de fabrication qui permettent de le fabriquer. Elle concerne également le câble coaxial pouvant être formé autour d'un tel fil électrique.

**[0002]** Le terme conducteur désigne ici un conducteur nu, pouvant toutefois éventuellement comporter un plaquage externe conducteur, par exemple un plaquage en argent ou autre. Le conducteur peut être monobrin ou multibrin.

**[0003]** Par 'gaine à base de PTFE', on désigne ici une gaine composée majoritairement de PTFE, pouvant comporter en outre d'autres charges comme des colorants, etc.

**[0004]** Le fil électrique visé par l'invention est un fil destiné à la transmission d'un signal, notamment à haute ou très haute fréquence. L'isolant joue un rôle très important dans la performance électrique d'un câble électrique, et en particulier dans le domaine de la transmission de signal à haute fréquence. La vitesse de propagation des ondes électromagnétiques dépend de la constante diélectrique  $\epsilon$  de l'isolant, et est inversement proportionnelle à la racine carrée de cette dernière. En outre l'atténuation des signaux transmis est une fonction impliquant la fréquence et la constante diélectrique du milieu isolant. On cherche donc des matières ayant une constante diélectrique la plus basse possible pour l'isolation, de manière à réaliser des câbles de faible atténuation (« low loss»). Les polymères fluorés, le PTFE en particulier, sont souvent choisis pour cette application du fait qu'ils possèdent des constantes diélectriques  $\epsilon$  très faibles, de 2,0 à 2,1.

**[0005]** Pour réduire encore la constante diélectrique, par rapport à ces matériaux, une première solution consiste à choisir un matériau isolant comportant de plus de la matière poreuse. Cela apporte une amélioration considérable de la performance parce que la constante diélectrique de l'air est seulement de 1 ; la présence d'air dans l'isolant permet donc de faire baisser la constante diélectrique. Par exemple, des câbles isolés par du PTFE expansé peuvent présenter une constante diélectrique comprise entre 1,7 et 1,3 suivant la porosité du PTFE.

**[0006]** Une autre solution pour faire baisser la constante diélectrique consiste à aménager dans l'isolant des alvéoles longitudinales continues emplies d'air.

**[0007]** Le brevet WO 2005/066979 de E.I. Dupont de Nemours décrit ainsi un procédé de fabrication de fils électriques comportant un ou plusieurs conducteurs, protégés par une gaine en PTFE, la gaine comportant des alvéoles longitudinales continues.

**[0008]** Dans le procédé de fabrication de fils électriques divulgué par ce document, les alvéoles du fil électrique obtenues sont séparées du conducteur par une couche de PTFE.

**[0009]** Une section transversale d'un tel fil électrique

est illustrée par la figure 1. Ce fil électrique 10 comporte un conducteur central 12, et une gaine 14. Le conducteur 12 est un conducteur en cuivre monobrin de section circulaire. La gaine 14 est une gaine creuse de forme sensiblement cylindrique (sur un tronçon de fil sensiblement rectiligne), à l'intérieur de laquelle sont formées quatre alvéoles longitudinales continues 16. Les alvéoles 16 sont séparées deux à deux par des cloisons séparatrices ou entretoises 18. Le conducteur est logé dans un fourreau 20 qui est directement au contact de sa surface extérieure, sur lequel s'appuient les extrémités radialement internes des entretoises 18. La présence du fourreau 20 entraîne que les alvéoles 16 sont à une certaine distance du conducteur 12, ce qui limite leur aptitude à réduire la constante diélectrique du fil électrique.

**[0010]** Un premier objet de l'invention est donc de proposer un fil électrique comportant au moins un conducteur maintenu par au moins une entretoise dans une gaine à base de PTFE, la gaine et ladite au moins une entretoise formant en outre au moins une alvéole sensiblement longitudinale continue, ladite au moins une alvéole étant délimitée au moins partiellement par le conducteur, le fil électrique présentant des performances élevées, c'est-à-dire une constante diélectrique  $\epsilon$  très faible, et ayant une ou des alvéoles possédant une grande résistance à l'écrasement.

**[0011]** Cet objectif est atteint grâce au fait que vues dans une section perpendiculaire à un axe du fil, les fibres de PTFE de ladite au moins une entretoise sont majoritairement dirigées dans une direction sensiblement radiale.

**[0012]** Comme ladite au moins une alvéole (il peut s'agir de plusieurs alvéoles) est formée au contact du conducteur, son efficacité, en terme de réduction de la constante diélectrique E du conducteur, est maximale. En effet, plus les alvéoles sont proches du conducteur, plus leur efficacité pour réduire la constante diélectrique de l'isolant est grande. Avantageusement, la constante diélectrique de ce fil électrique peut être inférieure à 1,7.

**[0013]** Par ailleurs, la ou les entretoises assurent le positionnement relatif du conducteur dans la gaine. Du fait que les fibres de PTFE de cette ou de ces entretoises sont majoritairement (et en fait en général, essentiellement) dirigées suivant la direction radiale, la ou les entretoises présentent une grande résistance à la compression et par conséquent, les alvéoles elles-mêmes présentent une très bonne résistance à la compression. Il s'ensuit que le fil électrique présente une grande durabilité, avec un risque d'écrasement des alvéoles et donc de perte des propriétés diélectriques très faible.

**[0014]** Dans la phrase qui précède, la direction 'radiale' désigne la direction dans laquelle sont formées la ou les entretoises, c'est-à-dire habituellement la direction radiale. Cependant, cette direction peut éventuellement ne pas être radiale ; dans ce cas, la direction radiale désigne de la direction dans laquelle s'étendent les entretoises, suivant la section du fil électrique.

**[0015]** Selon un mode de réalisation, une alvéole uni-

que est formée. Il n'y a donc qu'une entretoise pour le maintien du conducteur. De préférence dans ce cas, la position angulaire de l'alvéole et de l'entretoise varient le long du fil. Notons qu'il peut être également utile de prévoir cette même disposition (position angulaire de l'alvéole variable le long du fil) dans le cas où le fil est formé avec plusieurs alvéoles.

**[0016]** Le fil électrique selon l'invention peut notamment être formé avec deux à quatre alvéoles, voire davantage ; deux à quatre conducteurs, voire davantage.

**[0017]** Selon un mode de réalisation, la gaine est maintenue à distance du conducteur par ladite au moins une entretoise, celle-ci comportant une partie de jonction sensiblement radiale, et une partie de maintien élargie au contact du conducteur. Le terme 'élargie' indique ici que la partie de maintien est plus large que la partie de jonction. Avantagusement, la partie élargie assure un meilleur maintien du conducteur par l'entretoise (par rapport à une entretoise qui ne comporterait pas de partie élargie), sans pénaliser notablement ni la constante diélectrique, ni le poids du câble, la partie de jonction de l'entretoise restant relativement mince.

**[0018]** L'invention vise également un câble coaxial comprenant un conducteur central, une gaine intermédiaire isolante à base de PTFE, un conducteur extérieur, une gaine extérieure de protection et dont le conducteur central considéré avec la gaine intermédiaire est un fil électrique tel que défini précédemment selon l'invention.

**[0019]** Un second objectif de l'invention est de définir un procédé de fabrication d'un fil électrique comportant au moins un conducteur dans une gaine à base de PTFE, la gaine et ladite au moins une entretoise formant au moins une alvéole longitudinale continue, procédé dans lequel on fait passer un extrudat à base de PTFE dans un passage d'extrusion autour dudit au moins un conducteur de manière à former la gaine, et qui permette la formation d'une alvéole délimitée au moins partiellement par le conducteur, et ainsi l'obtention d'un fil électrique de constante diélectrique E très faible.

**[0020]** Cet objectif est atteint grâce au fait que

- sur une première partie du passage d'extrusion, en amont d'une section d'expansion, au moins une partie de la gaine est formée sensiblement à sa forme définitive à distance du conducteur par un guide, celui-ci maintenant l'extrudat à distance d'au moins une surface, dite surface libre, du conducteur ;
- en aval de la section d'expansion, ladite au moins une alvéole est formée sur ladite surface libre par au moins un profilé s'étendant dans le prolongement d'une partie du guide, la section de ladite alvéole correspondant à celle dudit profilé, au moins une entretoise de maintien de la partie de gaine sur le conducteur étant formée par remplissage d'au moins un canal d'expansion s'ouvrant entre des parois dudit au moins un profilé.

**[0021]** Le procédé comporte ainsi deux étapes successives. Lors de la première étape, a lieu pour l'essentiel la mise en forme de la gaine, au cours de laquelle celle-ci prend dans l'ensemble sa forme définitive (notamment, au retrait près). Naturellement, cette mise en forme nécessite des réglages de machine connus pour la mise en oeuvre du PTFE, permettant notamment d'obtenir la fibrillation du PTFE. A l'issue de cette première étape, immédiatement en amont de la section d'expansion, la gaine est formée, au moins une partie de la gaine étant formée à distance du conducteur, ménageant un espace entre une surface libre du conducteur, qui reste à nu, et la partie de gaine prévue pour devenir la paroi externe de l'alvéole. Cette partie de gaine est formée à sa forme définitive, ce qui signifie qu'elle est formée avec la forme qu'elle conservera dans le fil électrique fabriqué.

**[0022]** Lors de la seconde étape, les alvéoles vont être constituées, en formant des entretoises de liaison entre la partie de gaine précitée et le conducteur. Ces entretoises se forment du fait que lors de la progression de l'extrudat dans l'outillage, à partir de la section d'expansion, le guide qui séparait la partie extérieure de gaine, du conducteur, est remplacé par un ou plusieurs profilés. Ce profilé (Il peut s'agir de plusieurs profilés) ne s'étend vers l'aval dans le prolongement que d'une partie du guide, et au moins un canal d'expansion est formé entre des parois du ou des profilé(s).

**[0023]** Lors de la progression de l'extrudat dans le passage d'extrusion, dès que l'extrudat atteint la section d'expansion, il remplit ce canal d'expansion, et forme ainsi une ou plusieurs entretoises reliant la partie extérieure de gaine au conducteur. Le matériau des entretoises provient donc du matériau de la gaine extérieure, qui flue radialement vers le ou les conducteurs pour former les entretoises. Ces entretoises forment les parois de l'alvéole ou des alvéoles. Cependant, la formation des entretoises ne s'accompagne pas du recouvrement des surfaces libres du conducteur par l'extrudat, pour des raisons indiquées ci-dessous. Aussi, la ou les surfaces libres, restent libres, permettant ainsi l'obtention d'un fil électrique de constante diélectrique particulièrement faible.

**[0024]** L'originalité du procédé réside ainsi dans le fait que bien que la gaine soit mise en forme pour l'essentiel lors de la première étape (en amont de la section d'expansion), l'extrudat conserve une faculté d'expansion résiduelle, avantagusement utilisée dans le procédé pour former à partir de la section d'expansion la ou les entretoises reliant la gaine au conducteur et constituant les parois radiales ou latérales des alvéoles. Ces entretoises assurent le bon positionnement du conducteur par rapport à la gaine.

**[0025]** La formation des entretoises seulement postérieurement au formage de la gaine évite l'irruption du PTFE sur la surface libre du conducteur, et permet de conserver celle-ci à nu au sein de l'alvéole.

**[0026]** En effet, en général, la viscosité de l'extrudat de PTFE est très élevée, et l'extrudat ne flue que sous

une pression très forte. Si nécessaire, en fonction de la viscosité du PTFE, il peut être utile de diminuer cette viscosité en augmentant la proportion de lubrifiant dans l'extrudat (c'est-à-dire dans le mélange à extruder au moment de la préparation de celui-ci). Augmenter la proportion de lubrifiant permet de moduler le fluage de l'extrudat se produisant lors de l'extrusion. Selon l'invention, l'extrudat flue à partir de et en aval de la section d'expansion, libérant les contraintes résiduelles qui sont en lui et dont la relaxation est déterminante. En ajustant de manière adéquate le pourcentage de lubrifiant dans le mélange à extruder, la taille de l'entretoise, ainsi que l'espace entre le guide et le conducteur, on peut agir si nécessaire sur la quantité de PTFE qui vient en contact sur la ou les surface(s) libre(s) du conducteur.

**[0027]** Selon un mode de réalisation, le rapport de réduction immédiatement en aval de la section d'expansion est inférieur au rapport de réduction d'une section dite 'de réduction maximale' située au niveau de ou en amont de la section d'expansion dans le passage d'extrusion. Le rapport de réduction est égal au rapport entre l'aire d'une section de la chambre de compression en partie amont de l'outillage et l'aire de la section considérée de la filière. Dans ce mode de réalisation, la pression dans le passage d'extrusion est moindre au niveau de la section d'expansion (ou immédiatement en aval de celle-ci) par rapport au niveau de la section de réduction maximale. Grâce à cela, le remplissage du ou des canaux d'expansion par le PTFE se fait de manière mesurée, et l'envahissement du volume des alvéoles par l'extrudat est évité. Dans ce but, on peut prévoir en particulier que selon une variante de ce mode de réalisation, le rapport de réduction immédiatement en aval de la section d'expansion soit inférieur de 10% ou plus par rapport à celui de la section de réduction maximale.

**[0028]** Selon un mode de réalisation, la section d'expansion est située à une distance en aval d'un orifice d'extrusion de l'outil situé à l'aval d'une chambre d'extrusion de section décroissante. L'extrudat mis en forme au voisinage de l'orifice d'extrusion bénéficie ainsi d'un laps de temps lui permettant de se stabiliser pendant sa progression entre l'orifice d'extrusion et la section d'expansion.

**[0029]** Selon un mode de réalisation, le contact entre l'extrudat et le conducteur a lieu sensiblement au niveau de la section d'expansion, niveau auquel les vitesses axiales respectives de l'extrudat et du conducteur sont sensiblement égales. De la sorte, les forces de cisaillement s'appliquant à l'interface entre l'extrudat et le conducteur sont réduites au minimum, ce qui permet d'éviter le risque de rupture du conducteur pendant la fabrication.

**[0030]** Un troisième objectif de l'invention est de définir un outillage de fabrication d'un fil électrique comportant au moins un conducteur dans une gaine à base de PTFE, la gaine et ladite au moins une entretoise formant au moins une alvéole longitudinale continue délimitée au moins partiellement par le conducteur, et qui permette la fabrication d'un fil électrique de constante diélectrique

très faible.

**[0031]** Cet objectif est atteint grâce au fait que l'outillage comporte

- 5 - en amont d'une section d'expansion, un guide apte à former une partie extérieure de gaine sensiblement à sa forme définitive autour du conducteur, ce guide étant apte à maintenir l'extrudat à distance d'au moins une surface, dite surface libre, du conducteur ;
- 10 - en aval de la section d'expansion, dans le prolongement d'une première partie du guide, au moins un profilé, ce profilé étant apte à former ladite au moins une alvéole sur ladite surface libre ; des parois dudit au moins un profilé définissant au moins un canal d'expansion, dont le remplissage permet la formation d'au moins une entretoise de maintien de la partie de gaine extérieure sur le conducteur,

ledit au moins un profilé s'étendant radialement sensiblement jusqu'à la surface interne de diamètre minimal du guide, afin d'empêcher l'irruption d'extrudat sur la surface libre du conducteur.

**[0032]** La surface interne de diamètre minimal du guide - ou le prolongement de celle-ci - correspond en effet sensiblement au diamètre que doit avoir le conducteur prévu, afin de permettre un guidage efficace du conducteur, sans jeu inutile. Lorsque le profilé s'étend sensiblement jusqu'à cette surface, pendant la fabrication du fil électrique, la surface interne du profilé est au voisinage du conducteur. Grâce à cela, le risque d'envahissement par le PTFE de l'espace situé entre le conducteur et le profilé reste limité : Le PTFE ayant une viscosité importante, lorsque cet espace est réduit, le PTFE n'y pénètre pas, ce qui permet de préserver la ou les surfaces libres du conducteur.

**[0033]** Naturellement, la machine dans laquelle est monté l'outillage doit comprendre des moyens de mise en oeuvre de l'extrudat, qui permettent le formage et la fibrillation du PTFE contenu dans l'extrudat, lorsque l'extrudat est mis en forme dans le passage d'extrusion.

**[0034]** Selon un mode de réalisation, l'outillage présente immédiatement en aval de la section d'expansion, une surface de passage de l'extrudat supérieure à celle d'une section dite 'de réduction maximale' de l'outillage située plus en amont. Notamment, la surface de passage de l'extrudat immédiatement en aval de la section d'expansion peut être supérieure de 10% à celle de la section de réduction maximale.

**[0035]** Selon un mode de réalisation, la section d'expansion est située en aval d'un orifice d'extrusion de l'outil situé à l'aval d'une chambre d'extrusion de section décroissante.

**[0036]** Selon un mode de réalisation, l'outillage comporte au moins une partie réglable, permettant de faire varier axialement la position de la section d'expansion dans l'outillage. En effet, en fonction des conditions de mise en oeuvre et de la matière première employée, la viscosité de l'extrudat peut varier. Ces variations condui-

sent à un remplissage plus ou moins important des canaux d'expansion. En faisant varier suivant l'axe du passage d'extrusion, la position des canaux d'expansion, il est possible de déclencher le remplissage de ces canaux plus ou moins longtemps après le formage de la gaine, et ainsi de maîtriser l'importance du remplissage de ces canaux.

**[0037]** Selon un mode de réalisation, ledit au moins un profilé est un profilé plein. Avantagement, un tel profilé est facile à réaliser, et le procédé ne nécessite ni mise sous vide, ni injection d'air pour la formation des alvéoles.

**[0038]** L'invention sera bien comprise et ses avantages apparaîtront mieux à la lecture de la description détaillée qui suit, de modes de réalisation représentés à titre d'exemples non limitatifs. La description se réfère aux dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1 est une section, perpendiculairement à son axe, d'un fil électrique connu comportant un conducteur central dans une gaine en PTFE, le conducteur comportant quatre alvéoles longitudinales continues ;
- la figure 2 présente un fil électrique selon l'invention comportant un conducteur dans une gaine à base de PTFE, le fil comportant quatre alvéoles longitudinales continues, chacune de ces alvéoles étant partiellement délimitée par un conducteur, le fil étant représenté en cours de fabrication sur l'outillage de fabrication ;
- la figure 3 présente une section perpendiculairement à son axe d'un fil électrique selon l'invention comportant deux conducteurs dans une gaine commune à base de PTFE, chaque conducteur étant entouré par quatre alvéoles partiellement délimitées par un conducteur ;
- la figure 4 présente un fil électrique comportant une alvéole unique, formée en hélice autour d'un conducteur unique ;
- la figure 5 présente une vue en perspective schématique d'un câble coaxial comportant un fil électrique selon l'invention ;
- la figure 6 est une vue schématique en perspective d'un outillage de fabrication de fils électriques selon l'invention ;
- la figure 7 représente une coupe longitudinale d'un outillage de fabrication d'un fil électrique selon l'invention ;
- la figure 8 est un diagramme représentant l'évolution du rapport de réduction dans l'outillage de fabrication représenté sur la figure 6.

**[0039]** En faisant référence à la figure 2, un fil électrique selon l'invention va maintenant être décrit.

**[0040]** Le fil électrique 22 comporte un conducteur central 24, et une gaine 26 à base de PTFE. Le conducteur central 24 est constitué par une âme en cuivre 23, présentant un plaquage 27 mince en argent. Pour faciliter la compréhension, le plaquage 27 en argent a été repré-

senté avec une épaisseur exagérée sur la figure 2. La gaine 26 est une gaine externe, sensiblement cylindrique et tubulaire.

**[0041]** A l'intérieur de la gaine 26 sont formées quatre alvéoles longitudinales continues 28. Ces alvéoles 28 sont séparées deux à deux par quatre parois séparatrices ou entretoises 30. La gaine 26 a une forme générale tubulaire ; les entretoises 30 permettent de centrer le conducteur 24 à l'intérieur de la gaine 26. Les entretoises 30 s'étendent de la paroi intérieure de la gaine 26 jusqu'au conducteur 24 suivant une direction radiale. Les entretoises 30 comportent une partie de jonction sensiblement radiale 32, qui forme une cloison séparatrice relativement mince ou fine entre deux alvéoles adjacentes 28, et une partie élargie 34 formée au point de contact entre l'entretoise 30 et le conducteur 24. Chacune des alvéoles 28 est délimitée partiellement par le conducteur 24 au niveau d'une surface libre 25, qui n'est pas recouverte de PTFE et reste 'à nu' à l'intérieur de l'alvéole 28.

**[0042]** Il faut noter que sur la figure 2, le fil électrique 22 est représenté en cours de fabrication. Au stade de fabrication représenté, les alvéoles 28 sont partiellement occupées par des parties d'outillage profilées 29 (ou profilés 29, représentés hachurés) servant à former les alvéoles 28. Les alvéoles 28 occupent le volume de ces profilés 29, ainsi que les volumes vides 31 qui s'étendent chacun entre deux entretoises 30, le conducteur 24 et un profilé 29.

**[0043]** La formation des entretoises 30 est illustrée en particulier par le détail sorti en haut à gauche sur la figure 2. Dans une première étape de fabrication du fil électrique 22, la gaine 26 est formée. Dans une seconde étape, une partie de l'extrudat constituant la gaine 26 flue radialement vers l'intérieur, suivant les flèches B, dans l'espace aménagé entre les profilés 29, formant ainsi les entretoises 30 entre les parois des profilés 29. Ce flux est arrêté par le conducteur 24 ; cependant, au contact de celui-ci à l'extrémité des entretoises 30 le flux d'extrudat se divise, et remplit partiellement l'espace annulaire entre le conducteur 24 et les profilés 29, formant ainsi une ou des parties élargies 34 à l'extrémité des entretoises 30. L'outillage de fabrication est agencé et réglé de manière à limiter cette expansion. En particulier, la forte viscosité de l'extrudat peut être prise en compte si nécessaire pour réduire l'entrée d'extrudat dans l'espace disponible entre le conducteur 24 et les profilés 29.

**[0044]** Chacune des entretoises 30 comporte une partie de jonction 32, et une partie élargie 34. Sur le détail sorti de la figure 2, l'axe radial de l'entretoise 30 est figuré par le trait mixte A. La largeur 38 de la partie élargie 34 est supérieure à la largeur 36 de la partie de jonction 32 de l'entretoise 30, ces deux largeurs étant mesurées perpendiculairement à l'axe radial A. Comme cela sera précisé dans ce qui suit, la partie 34 peut être plus ou moins large en fonction du réglage de l'outillage de fabrication, autorisant ainsi un arbitrage entre un fil électrique ayant une constante diélectrique très basse et dans lequel les entretoises 30 assurent moins bien le maintien du con-

ducteur 24 (parce que leur partie élargie 34 est peu voire pas élargie), ou l'inverse.

**[0045]** Par ailleurs, habituellement, la section du fil électrique telle que représentée sur la figure 2 est invariante le long de l'axe de celui-ci. Cependant, il est possible de fabriquer le fil électrique selon l'invention en faisant tourner la position des alvéoles à l'intérieur de la gaine au cours de la fabrication, permettant ainsi d'obtenir un fil électrique dans lequel les alvéoles sont formées en hélice.

**[0046]** Enfin, la figure 2 fait apparaître la direction suivant laquelle se forment les fibres 33 de PTFE dans la gaine et les entretoises, au cours de la fabrication du fil électrique. Comme le présente cette figure, les fibres de PTFE dans les entretoises sont majoritairement dirigées dans une direction sensiblement radiale, puisque c'est la direction suivant laquelle s'étendent les entretoises 30 pour relier la gaine extérieure au conducteur central 24. Cette orientation des fibres 33 de PTFE est due au fait que lors de la fabrication du fil, après la formation de la gaine extérieure du fil, la formation des entretoises se fait à l'aide du matériau de la gaine extérieure, le matériau de la gaine extérieure fluant en direction du fil électrique central 24 de manière à former les entretoises 30. Cette direction d'extension des fibres 33 de PTFE dans les entretoises confère à celles-ci une excellente résistance à l'écrasement.

**[0047]** La figure 3 représente un autre fil électrique selon l'invention, comportant deux conducteurs 40, chaque conducteur étant entouré par quatre alvéoles 42. Une gaine externe 44 à base de PTFE est formée autour des conducteurs et de leurs alvéoles. Avantagusement, chacune des alvéoles 42 est partiellement délimitée par l'un des conducteurs 40.

**[0048]** Dans ce fil électrique, les alvéoles ont été formées de manière à minimiser la constante diélectrique du fil. Dans ce but, les entretoises 46, formées entre des alvéoles adjacentes, ne présentent pas de partie élargie au contact du conducteur. Dans une section perpendiculaire à l'axe longitudinal du fil (par exemple la section de la figure 3), les alvéoles 42 ont une forme de secteur angulaire, d'angle au centre  $\beta$  relativement important, par exemple de 80 degrés ; les entretoises 46 ont également sensiblement une forme de secteur angulaire mais leur angle au centre  $\alpha$  est réduit à environ 10 à 20 degrés.

**[0049]** En faisant référence à la figure 4, un autre mode de réalisation de fil électrique selon l'invention va maintenant être décrit. Ce fil électrique 50 comporte un conducteur électrique 52 monobrin disposé à l'intérieur d'une gaine 54 en matériau à base de PTFE. La gaine 54 est tubulaire. A l'intérieur de celle-ci, l'espace libre 56 entre le conducteur central 52 et la gaine 54 est seulement occupé par une entretoise 58 de forme hélicoïdale qui relie la surface extérieure du conducteur 52 à la surface intérieure de la gaine 54. Grâce à cette configuration, le fil électrique 50 présente une constante diélectrique E extrêmement faible.

**[0050]** La figure 5 présente un câble coaxial intégrant un fil électrique selon l'invention. Ce câble coaxial 60 intègre, successivement, un conducteur électrique 62 central, une gaine tubulaire 64 en matériau à base de PTFE, séparée du conducteur central 62 par quatre alvéoles 66, une couche conductrice 68 et enfin une gaine externe 70. Grâce à la présence des alvéoles longitudinales 66, chacune étant partiellement délimitée par le conducteur 62, la constante diélectrique E du câble coaxial est très faible.

**[0051]** En faisant référence aux figures 6, 7 et 8, un outillage et un procédé de fabrication selon l'invention vont maintenant être présentés.

**[0052]** La figure 6 présente un outillage de fabrication 100 adapté pour la mise en oeuvre du procédé selon l'invention. Elle présente également une portion de fil électrique 150 fabriquée par cet outillage.

**[0053]** L'outillage 100 comporte principalement une filière 102 et un guide 104. La filière 102 comporte un passage interne 106 à l'intérieur duquel a lieu le formage de la gaine en matériau à base de PTFE. Ce passage 106 a une forme générale de révolution autour d'un axe d'extrusion B. L'axe B est un axe vertical et l'extrusion a lieu dans le sens descendant. Le guide 104 a également une forme générale de révolution et est disposé coaxialement à l'axe B de la filière 102, à l'intérieur du passage interne 106 de celle-ci.

**[0054]** Le passage interne 106 de la filière comporte trois parties principales, qui correspondent aux trois phases principales de l'extrusion :

**[0055]** En partie haute, le passage interne 106 comporte une chambre cylindrique 108 ou chambre de compression amont. Pendant la fabrication, cette chambre cylindrique est remplie de matière lubrifiée prête à l'extrusion, formant l'extrudat. L'extrudat est poussé vers le bas par un tiroir 110 coulissant à l'intérieur de la chambre 108 autour du guide 104. Sous l'effet de la pression exercée par le tiroir ou piston 110, l'extrudat est poussé vers le bas à l'intérieur de la chambre cylindrique 108, puis dans un convergent de forme conique 112. En bas du convergent 112, le passage interne 106 comporte une troisième partie qui est le passage d'extrusion 114. Le passage d'extrusion est de forme sensiblement cylindrique et s'étend sur une certaine hauteur en dessous de l'orifice de sortie 116 du convergent 112.

**[0056]** Corrélativement, le guide 104 présente également une forme extérieure en trois parties. Sa partie haute cylindrique 118 est adaptée pour permettre le coulisement du piston 110 autour d'elle ; cette partie haute 118 se prolonge vers le bas par une partie conique 120. Le cône de cette partie 120 est adapté par rapport au convergent 112 pour permettre une augmentation de pression progressive de l'extrudat et une augmentation du rapport de réduction, au fur et à mesure de la descente de l'extrudat dans le passage interne 106 de la filière. Le guide 104 se prolonge enfin par une partie cylindrique aval 122. Dans le prolongement vers le bas de cette partie cylindrique aval 122, s'étendent quatre profilés 124,

qui servent à la formation des alvéoles dans le fil électrique fabriqué grâce à l'outil 100. Les quatre profilés 124 ont chacun la même forme ; ils s'étendent à l'intérieur de l'enveloppe cylindrique de la partie cylindrique aval 122 du guide 104, en occupant chacun un secteur angulaire à l'intérieur de ce volume. Entre chaque paire de profilés 124 adjacents, est formé un canal d'expansion 126. Les canaux d'expansion 126 forment ainsi quatre fentes radiales de largeur 0,8 mm, séparant les profilés 124 à l'extrémité du guide 104.

**[0057]** En outre, le guide 104 sert à guider un conducteur 128, qui est le conducteur central du fil électrique 150 fabriqué avec l'outillage 100. Dans l'outil représenté sur la figure 6, les quatre profilés 124 s'étendent radialement vers l'intérieur sensiblement jusqu'au contact du conducteur central 128. Le diamètre intérieur du guide 104 est de 2,8 mm, alors que le conducteur 128 a un diamètre extérieur de 2,27 mm. Ainsi, un léger jeu est prévu entre le guide 104 et le conducteur 128, jeu qui est suffisant pour permettre la circulation sensiblement sans frottement du conducteur dans l'outillage, mais est suffisamment faible pour empêcher toute remontée d'extrudat à l'intérieur du guide 104 dans le passage prévu pour le conducteur 128.

**[0058]** De manière générale, selon le mode de réalisation et en fonction de la viscosité de l'extrudat, un jeu plus ou moins important peut être conservé entre la surface radialement intérieure des profilés 124 et le conducteur 128.

**[0059]** Le fonctionnement de l'outil 100, et le procédé de fabrication d'un fil électrique selon l'invention, grâce à cet outil, vont maintenant être présentés.

**[0060]** Dans cet exemple de mise en oeuvre de l'invention, l'extrudat est constitué par un mélange constitué essentiellement de PTFE et de lubrifiant. On peut utiliser notamment comme lubrifiant, un solvant à base d'hydrocarbures aliphatiques, par exemple dans une proportion de 10 à 35%, et de préférence 15 à 25%.

**[0061]** Pour la fabrication d'un fil électrique avec l'outil 100, un conducteur 128 est mis en place à l'intérieur du guide 104, et la chambre cylindrique 108 est remplie d'extrudat prêt à l'extrusion. La quantité de lubrifiant présente dans l'extrudat est ajustée de manière à permettre un fluage suffisant de celui-ci lors de l'extrusion.

**[0062]** Le piston 110 descend progressivement et, dans le même temps, le conducteur 128 est entraîné vers le bas. L'extrudat est comprimé dans la chambre cylindrique 108, puis à l'intérieur du convergent 112 et s'engouffre via l'orifice de sortie 116 du convergent 112 dans le passage d'extrusion 114. Le passage d'extrusion 114 comporte une première partie amont 101 servant au formage de la gaine du fil électrique, cette partie amont s'étendant de l'orifice de sortie du convergent 116 jusqu'à la section aval du guide dite section d'expansion 130. Lors de son passage dans cette première partie amont du passage d'extrusion 114, l'extrudat est soumis à une fibrillation qui permet de former la gaine 160 du fil électrique 150 fabriqué, entre la paroi extérieure du guide

104, de diamètre 5 mm, et la paroi intérieure de la filière 102, de diamètre 6 mm. Il s'agit donc pour l'outillage d'une partie de formation de gaine, dans laquelle la forme de l'extrudat se stabilise en bonne partie. L'extrudat est introduit dans cette première partie amont, au niveau de l'orifice de sortie 116 du passage interne 106, à travers une section de passage qui a la forme de la section de la gaine extérieure du fil formé.

**[0063]** A partir de la section d'expansion 130 qui se situe à l'extrémité aval de la première partie amont, le matériau de la gaine subit une expansion et remplit les quatre canaux d'expansion 126. En remplissant ces canaux, le matériau de la gaine forme les entretoises 158 de jonction et de maintien entre le conducteur central 128 et la gaine 160.

**[0064]** Une deuxième partie 103 du passage d'extrusion, ou partie de formation d'entretoises, s'étend depuis la section d'expansion 130 jusqu'à la section aval des profilés 124. Dans cette partie, les entretoises de séparation des alvéoles sont formées, et l'extrudat constituant les entretoises est mis en forme et stabilisé. La formation des entretoises se fait par fluage du matériau de la gaine extérieure, mettant à profit les capacités d'expansion résiduelles que présente le PTFE constituant la gaine à ce stade de l'extrusion. Dans cette partie 103, l'outillage est agencé de telle manière que le matériau des entretoises ne peut provenir que de la gaine extérieure. En effet, en amont de chaque entretoise 30 se trouve la partie cylindrique aval 122 du guide 104. Cette dernière permet de former la surface interne de la gaine extérieure à l'intérieur de la première partie amont 101, mais empêche par là-même la formation des entretoises 30 dans cette partie 101.

**[0065]** En aval de la section aval des profilés 124, sur une courte distance, une partie cylindrique aval 105 de la filière 102 permet une stabilisation et un maintien ultime de la gaine 160 avant la sortie du fil électrique 150 à l'extérieur de l'outil 100. De manière connue, le fil électrique 150 ainsi mis en forme nécessite alors un frittage permettant la stabilisation de la structure de la gaine 160 et des entretoises 158 par coalescence thermique.

**[0066]** Le processus de fabrication des alvéoles peut être mieux compris en relation avec les figures 7 et 8. Le processus de formation de la gaine du fil électrique est un processus continu qui a lieu lors de la progression de l'extrudat suivant l'axe B dans l'outil de fabrication 100. Au fur et à mesure de sa progression, l'extrudat franchit certains points sur l'axe B au niveau desquels la forme de l'outil 100 varie. L'extrudat progresse tout d'abord dans la chambre de compression, jusqu'à une abscisse  $X_0$  sur l'axe B à partir de laquelle le guide 104 est de diamètre minimum et se prolonge par une partie cylindrique 122. Plus en aval, à l'abscisse  $X_1$ , l'extrudat atteint, à l'extrémité aval de la chambre de compression, l'orifice 116 ou orifice de sortie du convergent 112 de la filière 102. En aval de cet orifice 116, l'extrudat progresse dans une partie cylindrique de la filière 102, autour du guide 104.

[0067] Dans cette partie aval de la filière 102, le guide 104 se termine au niveau de la section d'expansion 130, à une abscisse  $X_2$ . Le guide 104 est prolongé en aval de cette section d'expansion 130 par les profilés 124, qui servent à former les quatre alvéoles du fil électrique. Les profilés 124 s'étendent jusqu'à une section  $X_3$  à l'intérieur de la filière 102, et la filière 102 s'étend en aval de ces profilés jusqu'à une abscisse  $X_4$  (en aval de  $X_3$ ).

[0068] La figure 8 présente l'évolution du rapport de réduction dans l'outil de fabrication au fur et à mesure de l'avancée de l'extrudat dans celui-ci. A partir de l'injection de l'extrudat en amont de la chambre de compression, dans un premier temps, le rapport de réduction augmente lorsque l'extrudat est comprimé à l'intérieur du convergent 112. A partir de l'abscisse  $X_0$ , à partir de laquelle le guide adopte une forme cylindrique 122, le rapport de réduction croît encore plus vite pour atteindre une valeur maximale  $R_1$  à partir de  $X_1$ . Cette forte valeur du rapport de réduction  $R_1$  est choisie de manière à permettre la fibrillation de l'extrudat dans la première partie 101 du passage d'extrusion 114. Ainsi, cette première partie 101 du passage d'extrusion permet le formage de la gaine extérieure 160 du fil électrique 150.

[0069] A partir de la section d'expansion 130, l'espace offert au passage de l'extrudat est accru, du fait de l'ouverture des passages d'expansion 126 entre les profilés 124. L'extrudat emplit les canaux d'expansion 126 et forme les parois séparatrices entre les alvéoles, à savoir les entretoises 158 de maintien de la gaine 160 du fil électrique 150. Le rapport de réduction diminue jusqu'à une seconde valeur  $R_2$  inférieure à  $R_1$ . Dans cette seconde partie 103 du passage d'extrusion, l'extrudat a pris sa forme définitive. La longueur de cette seconde partie 103 du passage d'extrusion est choisie pour être suffisante pour permettre la stabilisation de l'extrudat, qui prend dans cette partie 103 sa forme sensiblement définitive.

[0070] Lorsque cette stabilisation s'est suffisamment opérée pour éviter tout affaissement, les profilés 124 se terminent à l'abscisse  $X_3$ , laissant les alvéoles 158 se remplir d'air. Cet emplissage se déroule à l'intérieur de la troisième partie 105 du passage d'extrusion, dans laquelle le guidage de la gaine par la filière 102 favorise le maintien de la forme de la gaine et évite l'affaissement de celle-ci sur les alvéoles.

[0071] De manière connue, après l'extrusion a lieu une étape de frittage de la gaine du câble, permettant de stabiliser la structure de la gaine. Après frittage, le câble présente un diamètre extérieur de 5,3 mm. Le taux de vide dans le diélectrique est estimé à 28%, et la constante diélectrique  $\epsilon$  est mesurée égale à 1,47, ce qui confirme l'efficacité de la structure choisie pour la réalisation de câbles électriques de faible constante diélectrique. Un paramètre important pour le réglage de l'outil et la mise au point du fil électrique fabriqué est la position de la section d'expansion 130 (abscisse  $X_2$ ) dans l'outil. En effet, plus la section d'expansion 130 se trouve en amont, à proximité de l'orifice de sortie 116 du convergent 112,

moins le PTFE de l'extrudat est stabilisé dans la gaine. Par conséquent, plus la section d'expansion 130 est proche de cet orifice de sortie 116, plus l'extrudat pourra pénétrer à l'intérieur des canaux d'expansion 126 et, par conséquent, plus les entretoises 158 auront une partie élargie au contact du conducteur.

[0072] Pour permettre ce réglage, l'outillage 100 comporte une partie réglable comportant la partie cylindrique 122 du guide associée aux profilés 124, cette partie pouvant être déplacée axialement verticalement suivant la direction d'extrusion (flèche F) par un actionneur 140, en fonction de l'importance plus ou moins grande que doit avoir la partie élargie des entretoises 158 du fil 150. En remontant la partie réglable vers le haut (dans le sens opposé à la flèche F, en figure 6), on réduit la longueur de la partie 101 du passage d'extrusion 114, on permet ainsi la formation des entretoises 158 peu de temps après la formation de la gaine 160. La gaine étant alors peu stabilisée, une quantité accrue de matériau à base de PTFE se déplace radialement entre les profilés 124 pour former les entretoises 158, et en conséquence celles-ci présentent une partie élargie plus importante.

## 25 Revendications

1. Fil électrique (22, 50) comportant au moins un conducteur (24, 40, 52) maintenu par au moins une entretoise (30, 46, 58) dans une gaine (26, 44, 54) à base de PTFE, la gaine et ladite au moins une entretoise formant en outre au moins une alvéole (28, 42, 56) longitudinale continue, ladite au moins une alvéole étant délimitée au moins partiellement par le conducteur, le fil électrique **se caractérisant en ce que** vues dans une section perpendiculaire à un axe du fil, les fibres de PTFE de ladite au moins une entretoise sont majoritairement dirigées dans une direction sensiblement radiale.
2. Fil électrique selon la revendication 1, dont la gaine est maintenue à distance du conducteur par ladite au moins une entretoise (30), celle-ci comportant une partie de jonction sensiblement radiale (32), et une partie de maintien (34) élargie au contact du conducteur.
3. Câble coaxial (60) comprenant un conducteur central (62), une gaine intermédiaire (64) isolante à base de PTFE, un conducteur extérieur (68), une gaine extérieure de protection (70), **caractérisé en ce que** le conducteur central (62) considéré avec la gaine intermédiaire (64) est un fil électrique selon la revendication 1 ou 2.
4. Procédé de fabrication d'un fil électrique comportant au moins un conducteur (24, 40) maintenu par au moins une entretoise dans une gaine (26, 44, 54) à

base de PTFE, la gaine et ladite au moins une entretoise (30, 46, 58) formant au moins une alvéole sensiblement longitudinale continue (28, 42, 56), procédé dans lequel on fait passer un extrudat à base de PTFE dans un passage d'extrusion (114) autour dudit au moins un conducteur de manière à former la gaine,

**caractérisé en ce que**

- sur une première partie (101) du passage d'extrusion, en amont d'une section d'expansion (130), au moins une partie de la gaine est formée sensiblement à sa forme définitive à distance du conducteur par un guide, celui-ci maintenant l'extrudat à distance d'une surface libre du conducteur (25) ;
  - en aval de la section d'expansion, ladite au moins une alvéole est formée sur ladite surface libre (25) par au moins un profilé (124) s'étendant dans le prolongement d'une partie du guide (104), la section de ladite alvéole correspondant à celle dudit profilé, au moins une entretoise (158) de maintien de la partie de gaine sur le conducteur étant formée par remplissage d'au moins un canal d'expansion (126) s'ouvrant entre des parois dudit au moins un profilé.
5. Procédé de fabrication selon la revendication 4, dans lequel le rapport de réduction (R) immédiatement en aval de la section d'expansion (130) est inférieur au rapport de réduction d'une section (X1) dite 'de réduction maximale' située au niveau de ou en amont de la section d'expansion (130) dans le passage d'extrusion (114).
  6. Procédé de fabrication selon la revendication 5, dans lequel le rapport de réduction (R) immédiatement en aval de la section d'expansion (130) est inférieur de 10% ou plus par rapport à celui de la section de réduction maximale.
  7. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 4 à 6, dans lequel la section d'expansion (130) est située à une distance en aval d'un orifice d'extrusion (116) de l'outil (100) situé à l'aval d'une chambre d'extrusion de section décroissante (112).
  8. Procédé de fabrication selon l'une quelconque des revendications 4 à 7, dans lequel le contact entre l'extrudat et le conducteur a lieu sensiblement au niveau de la section d'expansion (130), niveau auquel les vitesses axiales respectives de l'extrudat et du conducteur (128) sont sensiblement égales.
  9. Outillage (100) de fabrication d'un fil électrique (150) comportant au moins un conducteur (128) maintenu par au moins une entretoise (30, 46, 58) dans une

gaine (160) à base de PTFE, la gaine et ladite au moins une entretoise formant au moins une alvéole sensiblement longitudinale continue (28, 42, 56) délimitée au moins partiellement par le conducteur, l'outillage étant **caractérisé en ce qu'il** comporte en amont d'une section d'expansion (130), un guide (104) apte à former une partie extérieure de gaine sensiblement à sa forme définitive autour du conducteur, ce guide étant prévu pour maintenir l'extrudat à distance d'au moins une surface libre (25) du conducteur, que l'on ne souhaite pas recouvrir d'extrudat ;

en aval de la section d'expansion, dans le prolongement d'une première partie du guide, au moins un profilé (124), ce profilé étant apte à former ladite au moins une alvéole sur ladite surface libre ; des parois dudit au moins un profilé définissant au moins un canal d'expansion (126), dont le remplissage permet la formation d'au moins une entretoise de maintien de la partie de gaine extérieure sur le conducteur ; ledit au moins un profilé s'étendant radialement sensiblement jusqu'à la surface interne de diamètre minimal du guide, afin d'empêcher l'irruption d'extrudat sur la surface libre (25) du conducteur (128).

10. Outillage de fabrication (100) selon la revendication 9, présentant immédiatement en aval de la section d'expansion, une surface de passage de l'extrudat supérieure à celle d'une section dite de réduction maximale de l'outillage située plus en amont.
11. Outillage de fabrication selon la revendication 9 ou 10, dont la section d'expansion (130) est située en aval d'un orifice d'extrusion (116) de l'outil situé à l'aval d'une chambre d'extrusion de section décroissante (112).
12. Outillage de fabrication selon l'une quelconque des revendications 9 à 11, comportant au moins une partie réglable, permettant de faire varier axialement la position de la section d'expansion dans l'outillage.
13. Outillage de fabrication selon l'une quelconque des revendications 9 à 12, dont ledit au moins un profilé est un profilé plein.

#### Patentansprüche

1. Stromkabel (22, 50), das wenigstens einen Leiter (24, 40, 52) aufweist, der von mindestens einem Abstandshalter (30, 46, 58) in einem Mantel (26, 44, 54) auf PTFE-Basis gehalten wird, wobei der Mantel und der mindestens eine Abstandshalter ferner mindestens eine ununterbrochene Längszelle (28, 42, 56) bilden, wobei die mindestens eine Zelle mindestens teilweise von dem Leiter abgegrenzt ist, wobei das Stromkabel **dadurch gekennzeichnet**

- ist, dass** die PTFE-Fasern des mindestens einen Abstandshalters in einem Querschnitt senkrecht zu der Achse des Kabels gesehen überwiegend in eine im Wesentlichen radiale Richtung gerichtet sind.
2. Stromkabel nach Anspruch 1, dessen Mantel von dem mindestens einen Abstandshalter (30), der einen im Wesentlichen radialen Verbindungsteil (32) und einen Halteteil (34), der an der Berührung des Leiters verbreitert ist, aufweist, von dem Leiter beabstandet gehalten wird.
  3. Koaxialkabel (60), das einen zentralen Leiter (62), einen isolierenden Zwischenmantel (64) auf PTFE-Basis, einen äußeren Leiter (68) und einen äußeren Schutzmantel (70) aufweist, **dadurch gekennzeichnet, dass** der zentrale Leiter (62) mit dem Zwischenmantel (64) betrachtet ein Stromkabel nach Anspruch 1 und 2 ist.
  4. Verfahren zum Herstellen eines Stromkabels, das mindestens einen Leiter (24, 40) aufweist, der von wenigstens einem Abstandshalter in einem Mantel (26, 44, 54) auf PTFE-Basis gehalten wird, wobei der Mantel und der mindestens eine Abstandshalter (30, 46, 58) mindestens eine im Wesentlichen ununterbrochene Längszelle (28, 42, 56) bilden, wobei man bei dem Verfahren ein Extrudat auf PTFE-Basis in einer Extrusionspassage (114) um den mindestens einen Leiter durchgehen lässt, um den Mantel zu bilden, **dadurch gekennzeichnet, dass**
    - auf einem ersten Teil (101) der Extrusionspassage, stromaufwärts eines Ausdehnungsquerschnitts (130) mindestens ein Teil des Mantels im Wesentlichen mit seiner endgültigen Form von dem Leiter durch eine Führung beabstandet ausgebildet ist, die das Extrudat in Entfernung von einer freien Oberfläche des Leiters (25) hält,
    - stromabwärts des Ausdehnungsquerschnitts die mindestens eine Zelle auf der freien Oberfläche (25) durch mindestens ein Profil (124), das sich in der Verlängerung eines Teils der Führung (104) erstreckt, ausgebildet ist, wobei mindestens ein Abstandshalter (158) zum Halten des Mantelteils auf dem Leiter durch Füllen mindestens eines Ausdehnungskanals (126), der sich zwischen den Wänden des mindestens einen Profils öffnet, ausgebildet ist.
  5. Herstellungsverfahren nach Anspruch 4, bei dem das Verringerungsverhältnis (R) unmittelbar stromabwärts des Ausdehnungsquerschnitts (130) kleiner ist als das Verringerungsverhältnis eines sogenannten Querschnitts (X1) "mit maximaler Verringerung", der auf dem Niveau oder stromaufwärts des Ausdehnungsquerschnitts (130) in der Extrusionspassage (114) liegt.
  6. Herstellungsverfahren nach Anspruch 5, bei dem das Verringerungsverhältnis (R) unmittelbar stromabwärts des Ausdehnungsquerschnitts (130) im Vergleich zu dem des Querschnitts mit maximaler Verringerung kleiner ist als 10 % oder mehr.
  7. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 6, bei dem der Ausdehnungsquerschnitt (130) in einer Entfernung stromabwärts einer Extrusionsöffnung (116) des Werkzeugs (100), das sich stromabwärts einer Extrusionskammer mit abnehmendem Querschnitt (112) befindet, liegt.
  8. Herstellungsverfahren nach einem der Ansprüche 4 bis 7, bei dem der Kontakt zwischen dem Extrudat und dem Leiter im Wesentlichen auf dem Niveau des Ausdehnungsquerschnitts (130) auftritt, dem Niveau, bei dem die jeweiligen axialen Geschwindigkeiten des Extrudats und des Leiters (128) im Wesentlichen gleich sind.
  9. Werkzeug (100) zum Herstellen eines Stromleiters (150), der mindestens einen Leiter (128) aufweist, der von mindestens einem Abstandshalter (30, 46, 58) in einem Mantel (160) auf PTFE-Basis gehalten wird, wobei der Mantel und der mindestens eine Abstandshalter mindestens eine im Wesentlichen ununterbrochene Längszelle (28, 42, 56) bilden, die mindestens teilweise von dem Leiter abgegrenzt ist, wobei Werkzeug **dadurch gekennzeichnet ist, dass** es umfasst:
    - stromaufwärts eines Ausdehnungsquerschnitts (130) eine Führung (104), die geeignet ist, um einen äußeren Mantelteil im Wesentlichen mit seiner endgültigen Form um den Leiter auszubilden, wobei diese Führung vorgesehen ist, um das Extrudat von mindestens einer freien Oberfläche (25) des Leiters, die man nicht mit Extrudat abdecken will, beabstandet zu halten, stromabwärts des Ausdehnungsquerschnitts, in der Verlängerung eines ersten Teils der Führung, mindestens ein Profil (124), wobei dieses Profil geeignet ist, die wenigstens eine Zelle auf der freien Oberfläche zu bilden, wobei Wände des wenigstens einen Profils wenigstens einen Ausdehnungskanal (126) definieren, dessen Füllen das Ausbilden mindestens eines Abstandshalters zum Halten des äußeren Mantelteils auf dem Leiter erlaubt, wobei sich das mindestens eine Profil radial im Wesentlichen bis zu der inneren Oberfläche des Mindestdurchmessers der Führung erstreckt, um das Eindringen von Extrudat auf der freien Oberfläche (25) des Leiters (128) zu verhindern.

10. Herstellungswerkzeug (100) nach Anspruch 9, das unmittelbar stromabwärts des Ausdehnungsquerschnitts eine Durchgangsoberfläche des Extrudat aufweist, die größer ist als diejenige eines so genannten Querschnitts mit maximaler Verringerung des Werkzeugs, der weiter stromaufwärts liegt. 5
11. Herstellungswerkzeug nach Anspruch 9 oder 10, dessen Ausdehnungsquerschnitt (130) stromabwärts einer Extrusionsöffnung (116) des Werkzeugs, das sich stromabwärts einer Extrusionskammer mit abnehmendem Querschnitt (112) befindet, liegt. 10
12. Herstellungswerkzeug nach einem der Ansprüche 9 bis 11, das mindestens einen einstellbaren Teil aufweist, der es erlaubt, die Position des Ausdehnungsquerschnitts in dem Werkzeug axial variieren zu lassen. 15
13. Herstellungswerkzeug nach einem der Ansprüche 9 bis 12, von dem mindestens ein Profil ein massives Profil ist. 20

#### Claims

1. An electric wire (22,50) comprising at least one conductor (24,40,52) held by at least one spacer (30,46,58) in a covering (26,44,54) based on PTFE, the covering and said at least one spacer also forming at least one longitudinal and continuous cell (28,42,56), said at least one cell being defined at least partially by the conductor; the electric wire being **characterized in that**, as seen in a section perpendicular to an axis of the wire, the majority of the PTFE fibers of said at least one spacer point in a substantially radial direction. 30
2. An electric wire according to claim 1, having its covering held at a distance from the conductor by said at least one spacer (30), said spacer having a substantially radial junction portion (32), and a broader holding portion (34) in contact with the conductor. 40
3. A coaxial cable (60) comprising a central conductor (62), an intermediate insulating covering (64) based on PTFE, an outer conductor (68), and a protective outer covering (70), **characterized in that** the central conductor (62) considered together with the intermediate covering (64) forms an electric wire according to claim 1 or 2. 50
4. A method of manufacturing an electric wire comprising at least one conductor (24,40) held by at least one spacer in a covering (26,44,54) based on PTFE, the covering and said at least one spacer (30,46,58) forming at least one substantially longitudinal and continuous cell (28,42,56); 55

in which method an extrudate based on PTFE is caused to pass through an extrusion passage (114) around said at least one conductor in such a manner as to form the covering;

**characterized in that:**

- over a first portion (101) of the extrusion passage, upstream an expansion section (130), at least a portion of the covering is formed substantially to its final shape at a distance from the conductor by a guide, which guide keeps the extrudate at a distance from a free surface of the conductor (25); and
- downstream from the expansion section, said at least one cell is formed on said free surface (25) by at least one section member (124) extending following on from a portion of the guide (104), the section of said cell corresponding to the section of said section member, at least one spacer (158) for holding the covering portion on the conductor being formed by filling at least one expansion channel (126) opening between walls of said at least one section member.

5. A manufacturing method according to claim 4, in which the reduction ratio (R) immediately downstream from the expansion section (130) is less than the reduction ratio of a "maximum reduction" section (X1) situated at or upstream from the expansion section in the extrusion passage (114). 30
6. A manufacturing method according to claim 5, in which the reduction ratio (R) immediately downstream from the expansion section (130) is less by 10% or more than the reduction ratio of the maximum reduction section. 35
7. A manufacturing method according to any one of claims 4 to 6, in which the expansion section (130) is situated at a distance downstream from an extrusion orifice (116) of the tool (100) that is situated downstream from an extrusion chamber of decreasing section (112). 40
8. A manufacturing method according to any one of claims 4 to 7, in which the contact between the extrudate and the conductor takes place substantially at the expansion section (130), whereat the respective axial speeds of the extrudate and of the conductor (128) are substantially equal. 50
9. Tooling (100) for manufacturing an electric wire (150) that has at least one conductor (128) held by at least one spacer (30,46,58) in a covering (160) based on PTFE, the covering and said at least one spacer forming at least one substantially longitudinal and continuous cell (28,42,56) that is defined at least partially by the conductor; 55

the tool being **characterized in that** it comprises:

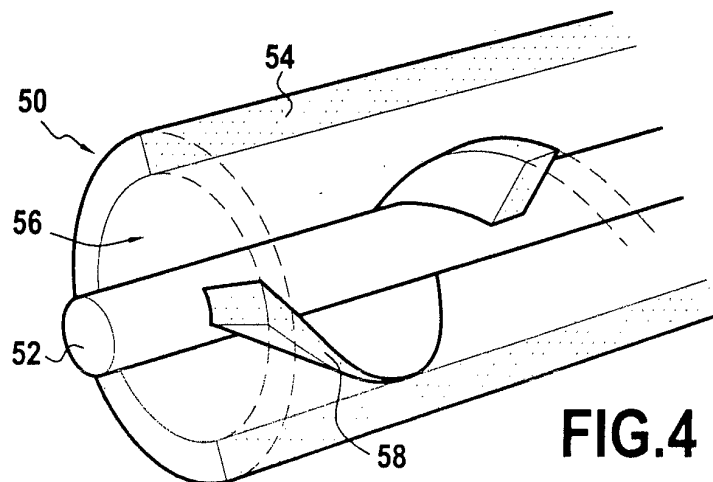
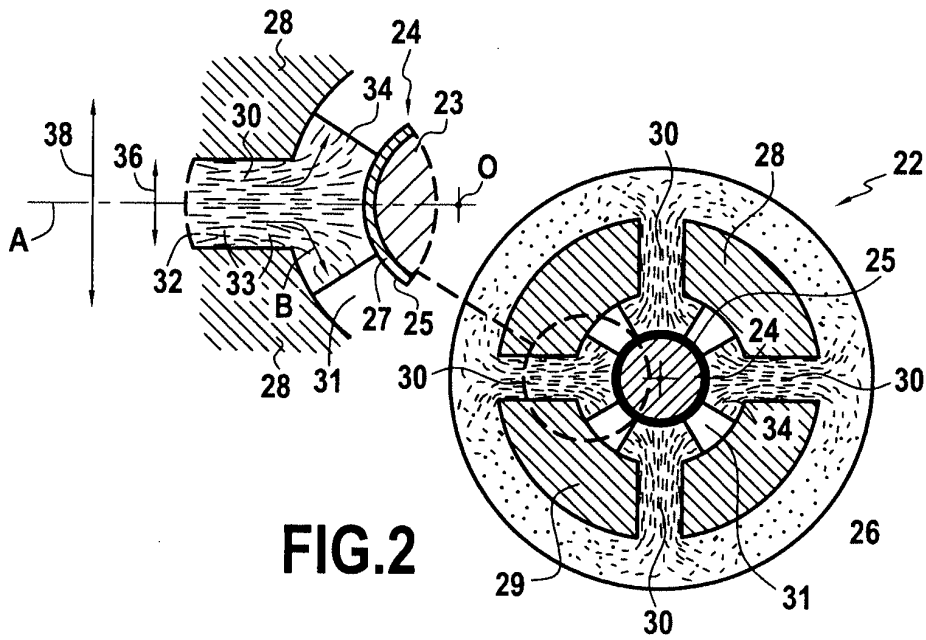
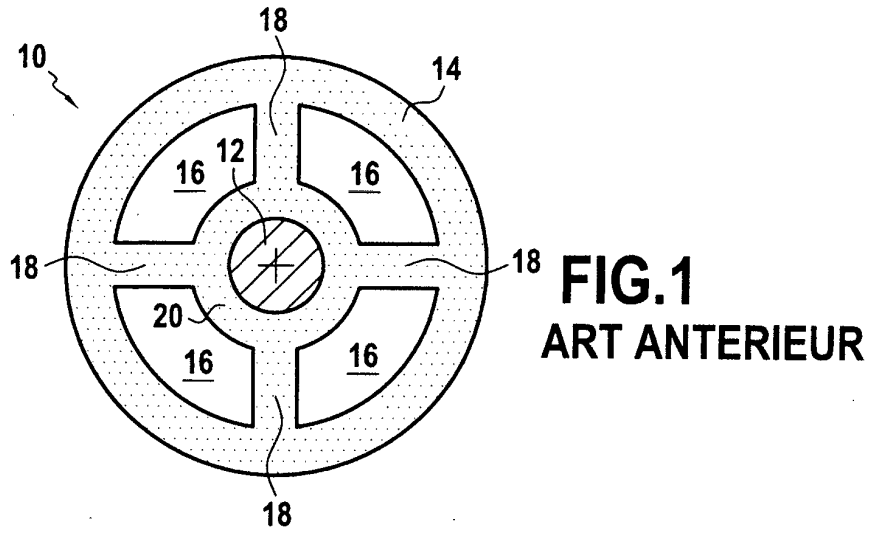
- upstream from an expansion section (130), a guide (104) suitable for forming an outer portion of covering substantially to its final shape around the conductor, which guide is designed to keep the extrudate at a distance from at least one free surface (25) of the conductor, which free surface is not to be covered with extrudate; and
- downstream from the expansion section, following on from a first portion of the guide, at least one section member (124), which section member is suitable for forming said at least one cell on said free surface; walls of said at least one section member defining at least one expansion channel (126), filling of which makes it possible to form at least one spacer for holding the portion of outer covering on the conductor;

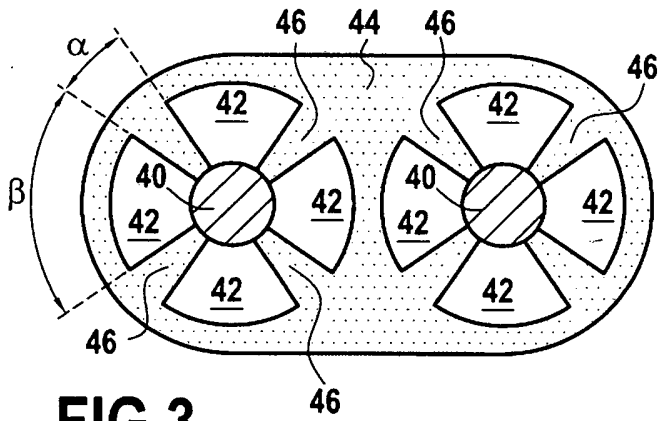
said at least one section member extending radially substantially to the inside surface of minimum diameter of the guide, in order to prevent extrudate from spreading over the free surface (25) of the conductor (128).

- 10. Manufacturing tooling (100) according to claim 9, that, immediately downstream from the expansion section, has a through area for passing the extrudate that is greater than the through area of a "maximum reduction" section of the tool that is situated further upstream.
- 11. Manufacturing tooling according to claim 9 or 10, having its expansion section (130) situated downstream from an extrusion orifice (116) of the tool that is situated downstream from an extrusion chamber of decreasing section (112).
- 12. Manufacturing tooling according to any one of claims 9 to 11, having at least one adjustable portion, making it possible to cause the position of the expansion section in the tooling to vary axially.
- 13. Manufacturing tooling according to any one of claims 9 to 12, in which said at least one section member is a solid section member.

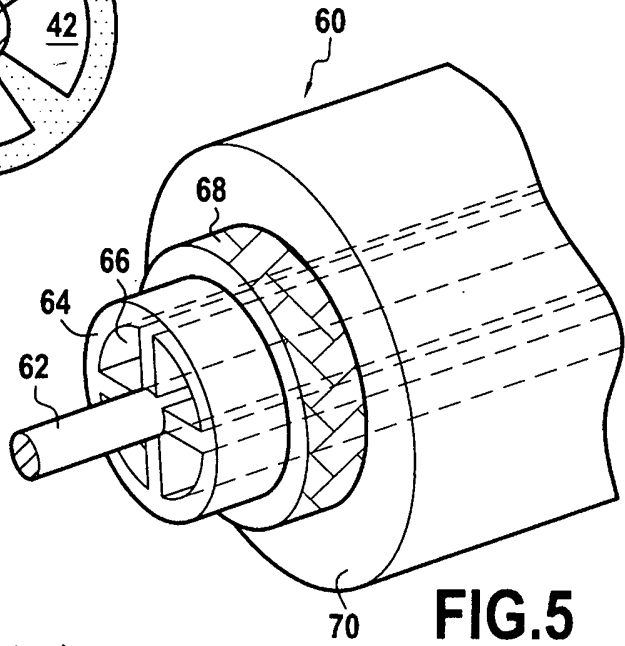
50

55

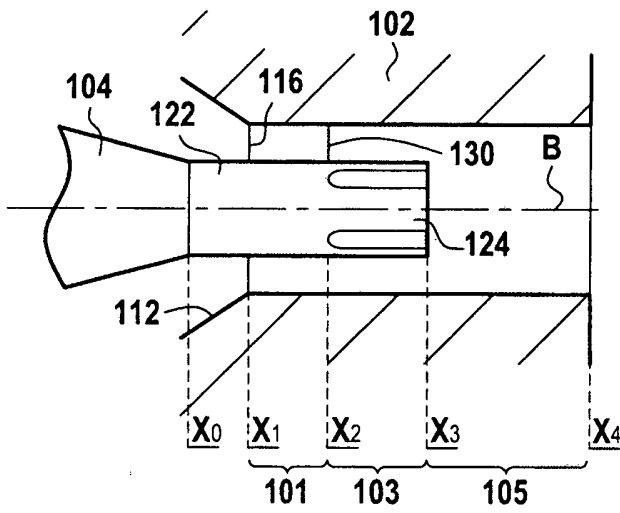




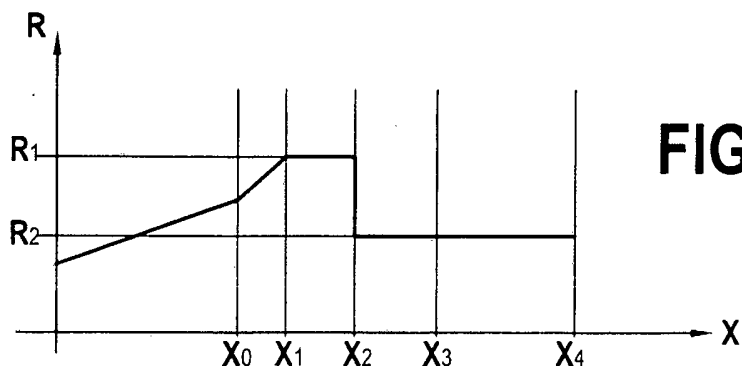
**FIG. 3**



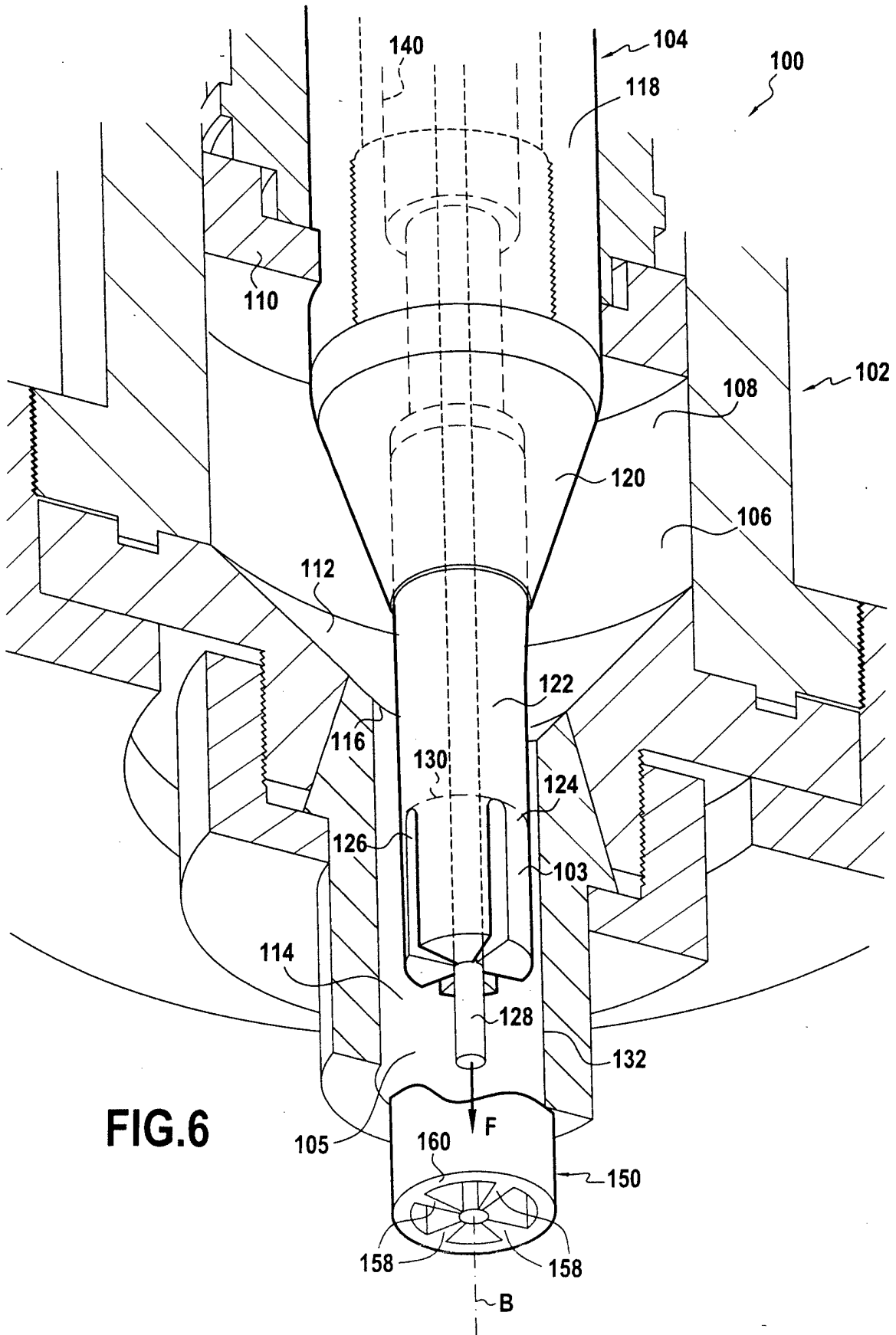
**FIG. 5**



**FIG. 7**



**FIG. 8**



**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 2005066979 A, de E.I. Dupont **[0007]**