

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
—  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
—  
PARIS  
—

①① N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

**2 555 352**

②① N° d'enregistrement national :

**83 18487**

⑤① Int Cl<sup>4</sup> : H 01 B 13/00, 7/02, 7/18.

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②② Date de dépôt : 21 novembre 1983.

③⑦ Priorité :

④③ Date de la mise à disposition du public de la  
demande : BOPI « Brevets » n° 21 du 24 mai 1985.

⑥⑦ Références à d'autres documents nationaux appa-  
rentés :

⑦① Demandeur(s) : *THERMOCOAX ET CIE, société en nom  
collectif.* — FR.

⑦② Inventeur(s) : Gilles Bailleul et Tjerk Sannes.

⑦③ Titulaire(s) :

⑦④ Mandataire(s) : Claudine Lottin, SPID.

⑤④ Câble blindé à isolant minéral et procédé de fabrication permettant d'obtenir un tel câble.

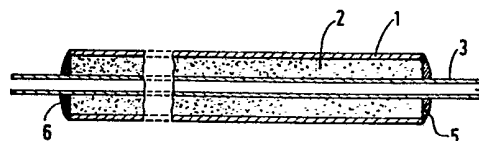
⑤⑦ Câble blindé à isolant minéral comprenant une gaine  
métallique cylindrique et un ou plusieurs conducteurs centraux  
également cylindriques isolés de la gaine par l'isolant minéral,  
les extrémités de ce câble étant fermées de façon étanche  
tout en laissant passer le ou les conducteurs centraux.

Ce câble est remarquable en ce que le ou les conducteurs  
centraux sont creux sur toute leur longueur.

Procédé de fabrication d'un tel câble consistant à partir de  
l'ébauche de ce dernier, d'un diamètre environ 10 fois supé-  
rieur au diamètre du câble terminé, et à faire subir à cette  
ébauche un traitement mécanique soit de tréfilage, soit de  
laminage, soit de martelage, au cours duquel le câble est  
soumis périodiquement à un traitement thermique de restaura-  
tion.

Ce procédé est remarquable en ce que le conduit du ou des  
conducteurs centraux est rempli, avant le traitement mécanique,  
d'un matériau capable de supporter les fortes pressions impo-  
sées par ce traitement mécanique et la température imposée  
par les traitements thermiques qui l'accompagnent, et capable  
en outre d'être éliminé entièrement en fin de fabrication.

Application : connexion électrique de capteurs étanches.



FR 2 555 352 - A1

D

CABLE BLINDE A ISOLANT MINERAL ET PROCEDE DE FABRICATION PERMETTANT  
D'OBTENIR UN TEL CABLE

L'invention concerne un câble blindé à isolant minéral et trouve son application dans la connexion électrique de capteurs étanches. L'invention a trait également au procédé de réalisation permettant d'obtenir de tels câbles.

05 Un câble blindé à isolant minéral, tel que fabriqué sous la dénomination "THERMOCOAX", est constitué d'une gaine métallique contenant un ou plusieurs conducteurs métalliques, séparés de la gaine, qui constitue le blindage, par un isolant minéral. Ce dernier peut être de la magnésie ou de l'alumine en poudre fortement  
10 comprimée. Les extrémités du câble sont obturées par un bouchon d'étanchéité qui empêche toute pénétration d'humidité, tout en laissant passer le conducteur.

La gaine métallique est généralement en acier inoxydable, ou en alliage de nickel. Elle assure l'étanchéité, la tenue  
15 mécanique et une protection du conducteur central contre les agents chimiques extérieurs.

Le ou les conducteurs centraux sont souvent de même nature que la gaine, ce qui confère au câble de meilleures propriétés mécaniques. Ce ou ces conducteurs peuvent cependant être en cuivre  
20 par exemple, lorsqu'une meilleure conductivité électrique est recherchée. Dans ce cas le câble blindé ne peut subir sans altération de ses propriétés des températures supérieures à 800°C.

Les câbles blindés à isolant minéral ont pour fonction d'assurer la liaison entre un capteur et un appareil de mesure dans  
25 un environnement qui interdit l'emploi d'isolant organique. En effet, un grand nombre d'installations fonctionnant à haute température, ou sous forte pression, ou sous vide, ou encore sous radiations nucléaires, sont surveillées par des capteurs étanches. Ces capteurs peuvent être des capteurs de pression, de vibration, de  
30 déformation, ou de particules ionisantes. La connexion électrique

de ces capteurs peut donc être réalisée par le moyen de câbles blindés à isolant minéral, à condition que ces câbles soient reliés aux capteurs de manière étanche.

05 Cependant une telle utilisation fait apparaître à l'usage certains inconvénients. En effet, pour une installation fonctionnant à haute température, par exemple, le gaz enfermé dans le capteur, ainsi que le gaz qui se trouve dans le câble de raccordement, montent en pression. Si ce câble sert de connexion à un capteur de pression ou à une jauge de contrainte capacitive, par  
10 exemple, il apparaît alors des dérives dans les mesures.

On pourrait penser que la perméabilité du "lit" de poudre isolante qui existe entre le conducteur central et la gaine métallique est suffisante pour absorber ce surplus de pression. En fait, il n'en est rien pour deux raisons.

15 La première raison est que le câble blindé est, comme il a été dit, fermé à chacune de ses extrémités de façon étanche. En effet, il faut interposer une barrière entre l'isolant minéral en poudre, qui est hygroscopique, et l'humidité de l'air ambiant, pour conserver un isolement électrique correct entre le conducteur central et la gaine.  
20

La seconde raison est que la perméabilité de l'isolant, bien que ce dernier soit pulvérulent, est très faible, et que les longueurs de câbles utilisées, qui peuvent atteindre 50 mètres, sont trop grandes pour permettre un écoulement du gaz indésirable dans  
25 un temps relativement court.

La présente invention vise à pallier ces inconvénients en proposant un nouveau câble blindé à isolant minéral, comprenant une gaine métallique cylindrique et un ou plusieurs conducteurs centraux également cylindriques isolés de la gaine par l'isolant minéral, les extrémités de ce câble étant fermées de façon étanche  
30 tout en laissant passer le ou les conducteurs centraux, remarquable en ce que le ou les conducteurs centraux sont creux sur toute leur longueur.

Dans ces conditions, les gaz accumulés dans le capteur,  
35 sous l'effet de conditions de température et donc de pression

produisant des effets indésirables, peuvent être éliminés par le conduit formé par l'intérieur du conducteur central de manière à ce que le fonctionnement du capteur ne soit pas perturbé par ces conditions.

05           Le procédé de fabrication habituellement utilisé pour réaliser les câbles à isolant minéral conventionnels consiste à fabriquer d'abord une ébauche d'un tel câble d'un diamètre environ 10 fois supérieur à son diamètre définitif, puis à réduire ce diamètre par un procédé industriel courant.

10           Un tel procédé industriel est bien connu de l'homme de l'art. Il peut consister en un tréfilage ou bien en un laminage ou bien en un martelage. Une description de ces différentes méthodes est donnée par exemple dans la demande de brevet français n° 81 23 708 déposée le 18 Décembre 1981 par la Demanderesse.

15           Au cours de la réduction du diamètre de l'ébauche par l'une de ces méthodes, le métal composant le conducteur central d'une part, et la gaine d'autre part, est écroui, et il devient mécaniquement résistant au traitement qu'il subit. Aussi, pour pouvoir poursuivre le traitement mécanique choisi, jusqu'à l'obtention  
20 du diamètre final, il est nécessaire de pratiquer périodiquement, pendant ce traitement mécanique, un traitement thermique de restauration métallurgique.

          Cependant, selon les matériaux constituant le conducteur central et la gaine, ce traitement thermique est différent. Ainsi  
25 pour des matériaux tels que l'acier inoxydable ou les alliages de nickel, matériaux qui sont les plus utilisés, le traitement thermique est une hypertrempe à 1000°C. Pour d'autres matériaux tels que l'aluminium, le cuivre, ou le titane, la température de recuit sera plus faible pouvant être comprise entre 300 et 700°C.

30           Il est clair qu'il est impossible de fabriquer le nouveau câble selon la présente invention, par la méthode de fabrication traditionnelle, car le conducteur central se trouverait écrasé et le trou axial de ce conducteur central se trouverait bouché partiellement ou totalement.

35           Or il est très important que la cavité soit parfaite sur toute la longueur du câble.

C'est pourquoi la présente invention propose également un procédé de réalisation d'un câble blindé à isolant minéral à conducteur central creux, qui permet de résoudre ces problèmes.

05 Ce nouveau procédé de fabrication, consistant à partir de l'ébauche d'un câble blindé à isolant minéral selon la présente invention d'un diamètre environ 10 fois supérieur au diamètre du câble terminé, et à faire subir à cette ébauche soit un traitement mécanique de tréfilage, soit de laminage, soit de martelage, au cours duquel le câble est soumis périodiquement à un traitement  
10 thermique de restauration dont la température est fonction des métaux constituant le câble, est remarquable en ce que le conduit du ou des conducteurs centraux est rempli, avant le traitement mécanique, d'un matériau capable de supporter les fortes pressions imposées par ce traitement mécanique, et la température imposée par  
15 le traitement thermique qui l'accompagne, et capable en outre d'être éliminé entièrement lorsque ces opérations sont terminées et que le diamètre souhaité pour le câble est atteint.

Selon une mise en oeuvre de ce procédé de fabrication, le matériau utilisé pour remplir le conduit axial du conducteur central est un métasilicate de sodium supportant des recuits de  
20 1000°C et éliminé après les traitements mécaniques et thermiques par lavage de la cavité.

Selon une autre mise en oeuvre de ce procédé de fabrication, le matériau utilisé pour remplir le conduit axial du conducteur central est un métal utilisé sous des formes solides et li-  
25 quides, le conduit étant pendant les traitement mécaniques et thermiques obturé à chacune de ses extrémités, le métal étant éliminé sous forme liquide après ces opérations.

Selon une mise en oeuvre particulière de ce dernier procédé de fabrication, le métal utilisé sous ses formes solides et liquides est l'étain ou bien le plomb et supporte des recuits de  
30 1000°C.

Selon une autre mise en oeuvre de ce procédé de fabrication le matériau utilisé pour remplir le conduit du conducteur central durant les traitements mécaniques et thermiques est un ma-  
35 tériel dont la température de sublimation est très légèrement

supérieure à la température de recuit, et qui peut ainsi être éliminé lorsque ces opérations sont terminées.

05 Selon une mise en oeuvre particulière de ce dernier procédé de fabrication, le matériau utilisé peut être le fluorure ou le nitrure de gallium dont la température de sublimation est de l'ordre de 800°C, le nitrure ou le sulfure de germanium, le sulfure d'indium dont la température de sublimation est de l'ordre de 600°C, ou encore le chlorure d'ammonium dont la température de sublimation est 340°C.

10 Dans ces conditions, le procédé de fabrication habituellement utilisé pour la fabrication des câbles blindés conventionnels, peut aussi être utilisé pour la réalisation des câbles selon la présente invention, ce qui est un avantage industriel considérable.

15 La description ci-après en se référant aux figures annexées fera mieux comprendre les particularités de l'invention.

La figure 1a représente en coupe longitudinale un câble à un seul conducteur central, réalisé selon la présente invention.

20 La figure 1b représente un même câble en coupe transversale.

La figure 1c représente en coupe transversale, un câble à trois conducteurs centraux, réalisé selon la présente invention.

25 La figure 2a représente en coupe longitudinale, un câble selon la présente invention, avant le traitement destiné à réduire son diamètre, et préparé en vue de subir un tel traitement mécanique et thermique.

La figure 2b représente un tel câble en coupe transversale.

30 Tel que représenté sur les figures 1a et 1b, le câble réalisé selon la présente invention comprend d'abord une gaine 1 cylindrique, qui peut être en acier inoxydable, en alliage de nickel, ou en différents autres métaux compatibles avec l'application voulue pour ce câble. Il comprend ensuite un conducteur central cylindrique 3 pourvu d'un conduit axial 4, également cylindrique.

35 Le conducteur central est généralement mais non pas nécessairement,

du même métal que la gaine. L'intervalle entre la gaine et le conducteur central est ordinairement rempli d'un isolant minéral 2 du type magnésie ou alumine en poudre. Cette dernière est maintenue en place par des bouchons d'étanchéité 5 et 6 qui laissent cependant  
05 passer le conducteur central 3.

La mise en oeuvre du procédé de fabrication, qui permet de passer d'une ébauche de 0,5 à 3 cm de diamètre représentée figures 2a et 2b, à un câble terminé, dont le diamètre est de 1 à 3 mm, comprend le remplissage de la cavité 4 du conducteur central  
10 par un matériau capable de supporter les opérations de tréfilage, ou de martelage, ainsi que les opérations de recuits à fortes températures qui leurs sont associées, permettant ainsi au conducteur central de résister à l'écrasement au cours de ces opérations.

A cet effet, la cavité axiale 4 du conducteur central  
15 peut être remplie, par exemple, de métasilicate de sodium. Ce produit se présente sous la forme d'une poudre qui entre dans la composition de nombreuses lessives actuelles. Son point de fusion est 1088°C. Elle permet donc de maintenir la forme de la cavité 4, pendant les opérations mécaniques que doit subir le câble, tout en  
20 permettant des recuits jusqu'à 1000°C. Ce produit convient ainsi parfaitement à la fabrication des câbles avec des métaux nécessitant une hypertrempe, tels que l'acier inoxydable ou les alliages de nickel.

Ce produit peut ensuite être éliminé par lavage, lorsque  
25 toutes les étapes de la fabrication sont franchies. Cependant, il faut bien comprendre que lorsque le câble blindé est terminé, le diamètre de la cavité axiale du conducteur central est compris entre 0,2 et 0,6 mm. Dans ces conditions, la poudre de lessive ne peut être dissoute simplement par trempage du câble dans l'eau, ou  
30 même par injection d'eau sous pression.

Il est nécessaire d'avoir recours à une opération supplémentaire. Un tube de diamètre inférieur à celui de la cavité 4 du conducteur central est introduit dans cette dernière, avec une avance lente, et l'eau est injectée petit à petit au moyen de ce  
35 tube, dans la poudre de lessive, ce qui permet d'en obtenir la dissolution.

Selon une autre mise en oeuvre du procédé destiné à réaliser un câble blindé selon la présente invention, la cavité axiale 4 peut être emplie par un métal, dont le point d'ébullition est supérieur à la température de recuit utilisée au cours de la fabrication. A cet effet, le métal peut être par exemple le plomb dont la température de fusion est  $327^{\circ}\text{C}$  et dont la température d'ébullition est  $1740^{\circ}\text{C}$ . Le métal peut également être l'étain dont la température de fusion est  $232^{\circ}\text{C}$  et dont la température d'ébullition est  $2270^{\circ}\text{C}$ . Après emplissage de la cavité par le métal alors par exemple sous forme de poudre, les deux extrémités du conducteur central sont obturées par des bouchons d'étanchéité. Le métal reste sous sa forme liquide pendant les traitements thermiques. Lorsque le câble a atteint son diamètre définitif, les bouchons sont enlevés, le câble étant porté à une température supérieure à la température de fusion du métal, et la cavité du conducteur central est vidée, en poussant le métal liquide par un jet d'air comprimé. En outre, si cela est nécessaire, il peut être procédé ensuite à un rinçage de la cavité par un acide approprié, afin d'éliminer les traces de métal indésirables.

Selon une troisième mise en oeuvre du procédé de fabrication proposé, la cavité du conducteur central peut être emplie d'un matériau qui se sublime à une température légèrement supérieure à la température de recuit. A cet effet on citera différents matériaux qui sont parfaitement appropriés, tels que le chlorure d'ammonium qui se sublime à  $340^{\circ}\text{C}$  et qui permet des recuits jusqu'à  $300^{\circ}\text{C}$ , le fluorure et le nitrure de gallium qui se subliment à  $800^{\circ}\text{C}$  et qui permettent des recuits jusqu'à  $750^{\circ}\text{C}$ , le nitrure et le sulfure de germanium, ainsi que le sulfure d'indium qui se subliment à  $600^{\circ}\text{C}$  et permettent des recuits jusqu'à  $550^{\circ}\text{C}$ . Ces différents matériaux sont tout à fait aptes à être employés lorsque les métaux constituant le conducteur central sont : le cuivre, l'aluminium ou le titane dont les recuits se font à des températures moyennes.

Dans la mise en oeuvre de ce dernier procédé, la cavité 4 du conducteur central est donc emplie à l'aide de l'un de ces matériaux et obturée par les bouchons 7 et 8, puis le câble est



soumis aux différents traitements permettant la réduction de son diamètre dans les proportions voulues.

05 Lorsque le câble est terminé les bouchons 7 et 8 sont enlevés et le câble est porté à la température de sublimation du matériau choisi, ce qui permet de l'éliminer.

L'avantage principal apporté par la création d'une cavité axiale dans le conducteur central du câble blindé est assurément de permettre l'élimination de vapeurs indésirables.

10 Mais il faut citer un avantage supplémentaire qui est la création d'une nouvelle fonction pour le câble blindé.

En effet, ces câbles sont parfois utilisés pour raccorder des capteurs nucléaires qui sont placés sous atmosphère particulière telle que l'hélium 3 ( $^3_2\text{He}$ ) ou des mélanges d'argon et d'azote.

15 Ce nouveau câble permet d'introduire ces gaz après l'installation du capteur au lieu de le faire avant son installation, comme il était fait auparavant, ce qui nécessitait également de sceller ce capteur, et ce qui impliquait enfin qu'il n'était plus possible de changer l'atmosphère initiale.

20 Grâce à ce nouveau câble, non seulement il est possible d'introduire le gaz après l'installation du capteur, mais encore, il est possible de régler la pression, et même de changer ladite atmosphère à n'importe quel moment du fonctionnement.

25 La figure 1c montre un câble blindé selon la présente invention pourvu de trois conducteurs centraux. Il est en effet possible de réaliser grâce à ce procédé de nombreuses variantes de l'invention. Si le câble blindé présente plusieurs conducteurs centraux, soit un seul, soit tous les conducteurs peuvent posséder une cavité axiale selon l'application qui peut en être faite.

30 Il est manifeste que de nombreuses variantes tant dans la forme que dans les dimensions du câble selon la présente invention, ainsi que dans son procédé de fabrication sont possibles, sans sortir du cadre de la présente invention tel que défini par les revendications ci-après annexées.

REVENDEICATIONS :

- 05 1. Câble blindé à isolant minéral comprenant une gaine métallique cylindrique et un ou plusieurs conducteurs centraux également cylindriques isolés de la gaine par l'isolant minéral, les extrémités de ce câble étant fermées de façon étanche tout en laissant passer le ou les conducteurs centraux, caractérisé en ce que, le ou les conducteurs centraux sont creux sur toute leur longueur.
- 10 2. Procédé de fabrication d'un câble blindé à isolant minéral selon la revendication 1, consistant à partir de l'ébauche d'un tel câble d'un diamètre environ 10 fois supérieur au diamètre du câble terminé, et à faire subir à cette ébauche un traitement mécanique soit de tréfilage, soit de laminage, soit de martelage, au cours duquel le câble est soumis périodiquement à un traitement
- 15 thermique de restauration dont la température est fonction des métaux constituant le câble, caractérisé en ce que le conduit du ou des conducteurs centraux est rempli, avant le traitement mécanique, d'un matériau capable de supporter les fortes pressions imposées par ce traitement mécanique et la température imposée par les traitements
- 20 thermiques qui l'accompagnent, et capable en outre d'être éliminé entièrement lorsque ces opérations sont terminées et que le diamètre souhaité pour le câble est atteint.
- 25 3. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le matériau utilisé pour remplir le conduit axial du ou des conducteurs centraux durant les opérations mécaniques et thermiques est un métasilicate de sodium, supportant des recuits de 1000°C, éliminé par lavage de la cavité, après ces opérations.
- 30 4. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le matériau utilisé pour remplir le conduit axial du ou des conducteurs centraux durant les opérations mécaniques et thermiques est un métal utilisé sous ses formes solides et liquides, le ou les conduits étant pendant ces opérations obturés à chacune de ses/leurs extrémités, le métal étant éliminé sous forme liquide après ces opérations.

5. Procédé selon la revendication 4, caractérisé en ce que le métal utilisé est soit l'étain, soit le plomb, la température de recuit pouvant être 1000°C.
- 05 6. Procédé selon la revendication 2, caractérisé en ce que le matériau utilisé pour emplir le conduit axial du ou des conducteurs centraux durant les traitements mécaniques et thermiques est un matériau dont la température de sublimation est très légèrement supérieure à la température de recuit, et peut ainsi être éliminé par sublimation après ces opérations.
- 10 7. Procédé selon la revendication 6, caractérisé en ce que le matériau utilisé est le fluorure ou le nitrure de gallium dont la température de sublimation est environ 800° permettant des recuits de 750°C, le nitrure ou le sulfure de germanium ou le sulfure d'indium dont la température de sublimation est environ 600° permettant des recuits de 550°, le chlorure d'ammonium dont la température de sublimation est 340°C permettant des recuits de 300°C.
- 15

1/2

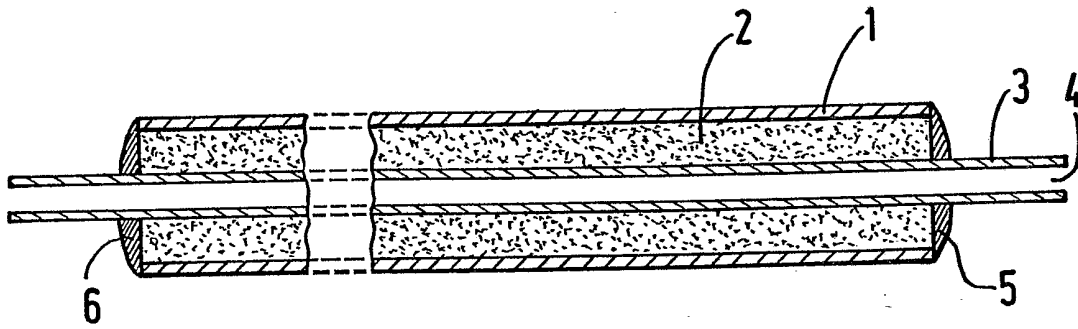


FIG. 1a

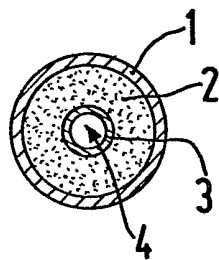


FIG. 1b

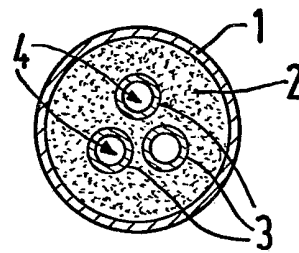


FIG. 1c

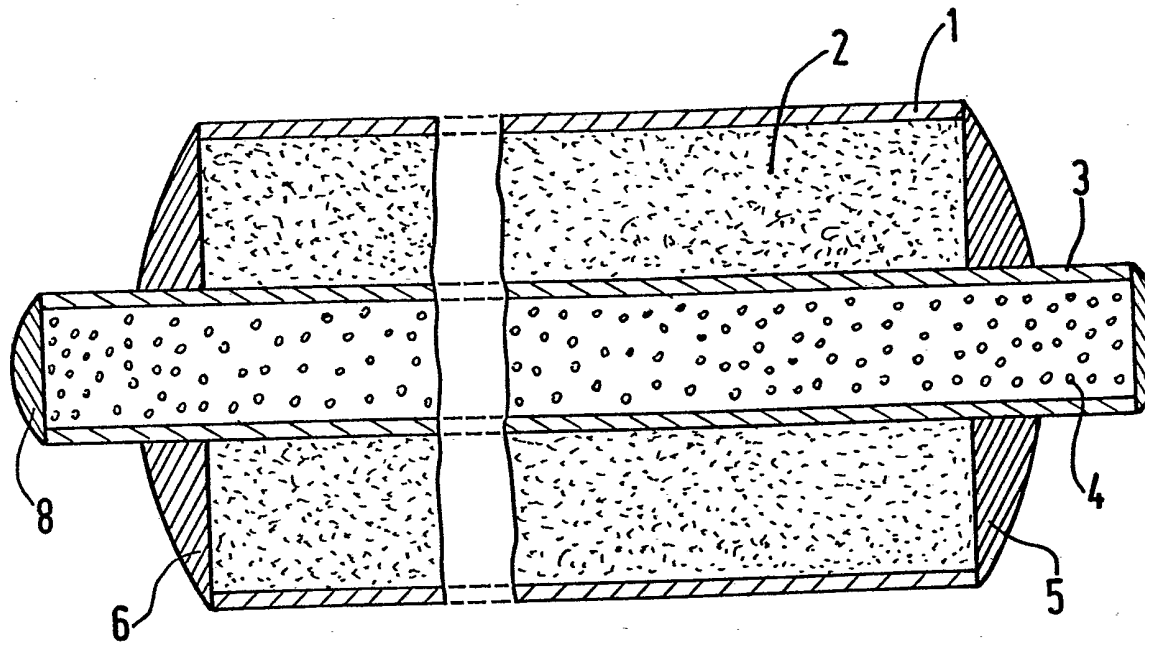


FIG. 2a

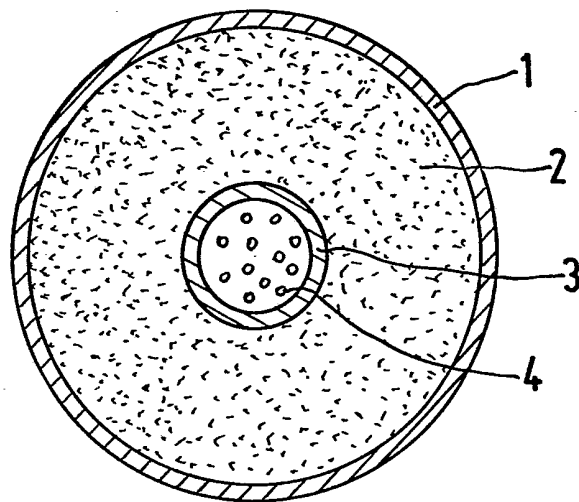


FIG. 2b