RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication : **2 468 135**
(A n'utiliser que pour les commandes de reproduction).

A1

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

(21) N° **79 26278**

(54) **Procédé de fabrication de câbles optiques et câbles ainsi obtenus.**

(51) Classification internationale (Int. Cl. ³). **G 02 B 5/14.**

(22) Date de dépôt..... 23 octobre 1979.
(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du public de la demande..... B.O.P.I. — « Listes » n° 18 du 30-4-1981.

(71) Déposant : Société anonyme dite : FILECA, résidant en France.

(72) Invention de : Jean Rollet.

(73) Titulaire : FOPTICA SA, résidant en France.

(74) Mandataire : Cabinet Bert, de Keravenant et Herrburger,
115, bd Haussmann, 75008 Paris.

2468135

La présente invention concerne un procédé de fabrication de câbles optiques, notamment de câbles optiques monovoie du type comportant au moins une fibre optique placée dans un tube optique protégé par une armature ; l'invention concerne également les câbles optiques obtenus par la mise en oeuvre du procédé.

On connaît déjà un certain nombre de câbles optiques, notamment des câbles monovoie constitués d'un tube entourant la fibre optique ; un guipage ou une tresse d'un matériau de solidité adéquate est monté sur le tube afin de prendre en charge les efforts de traction appliqués aux câbles. Le guipage ou la tresse ont également pour but de protéger le câble et plus particulièrement la fibre optique contre les chocs ou les contraintes d'écrasement. L'ensemble formé par le tube, tressé ou guipé, est revêtu d'une ou de plusieurs gaines suivant les applications du câble.

Cependant, il est apparu à l'usage que certains câbles traditionnels présentent divers défauts dûs notamment au fait que le matériau protégeant le câble par rapport aux efforts de traction n'est pas solidaire du tube, en particulier au voisinage des extrémités. De plus, les matériaux destinés à assurer la protection du câble ne sont ni adaptés à la protection thermique de la fibre, ni à la protection mécanique de la fibre.

Il en résulte un phénomène de dégradation du câble résidant dans le fait que la tresse ou le guipage se désolidarise du tube dans lequel est déposée la fibre. Lorsque la tresse ou le guipage s'est détaché du tube, plusieurs éventualités peuvent se présenter ; elles sont la conséquence de l'indépendance entre le tube et la tresse ou le guipage :

- pour ces câbles optiques traditionnels, le tube peut être tiré sans que les efforts de traction ne soient transmis à l'armature formée par le tressage ou au guipage. Les organes de connexion, risquent également d'effectuer des traction sur la fibre sans tirer ni sur le tube, ni sur l'armature.

La fibre peut également être soumise à des efforts de traction ou de compression résultant d'effets thermiques agissant sur des tubes plastiques ou des tubes métalliques à fort coefficient de dilatation.

De tels efforts, même minimes, appliqués à une fibre optique, détériorent très rapidement les caractéristiques de transmission de cette fibre et peuvent même entraîner sa rupture.

En effet, lorsque le guipage ou la tresse sont indépendants du tube renfermant la fibre, les angles de tressage ou de guipage, ne se maintiennent pas vis-à-vis des variations de longueur du tube déterminées par les contraintes thermiques ou mécaniques.

En conséquence, une tresse ou un guipage d'angle n'offre aucune résistance appréciable, ni à la compression, quelle qu'en soit l'amplitude, ni à la traction, au moins dans la limite de $1 - \cos \alpha$. Pour un angle de 1°, (inapplicable en tressage ou en guipage, car des angles de 5 à 8° sont le minimum permettant de conférer une bonne tenue à l'armature), la variation excède $1{,}5.10^{-4}$ ce qui est trop important pour n'avoir que de faibles variations d'atténuation notamment dans le cas des câbles dits "de longue distance ". La variation de longueur résultant de la destruction d'un angle de tressage de 5° atteint $3{,}8.10^{-3}$ et annule toutes les propriétés de transmission de la fibre.

Dès que la gaine tressée est désolidarisée du tube, les variations thermiques de longueur du tube ne sont jamais contenues aux basses températures et les variations mécaniques de longueur ne sont pratiquement jamais contenues vi-à-vis des efforts de traction. Au voisinage des organes de connexion du câble, c'est-à-dire à ses extrémités, les phénomènes sont encore plus graves. Ainsi, dès que l'on enlève la gaine sur une tresse ou un guipage de nature textile, celle-ci a tendance à s'épanouire en pinceau, de façon anarchique. Lorsque l'on reprend ensuite les brins de la tresse ou du guipage pour y amarrer le corps du système de connexion, rien ne permet d'équilibrer les longueurs qui peuvent être fort disparates selon le degré de détressage de chaque brin ou de chaque fuseau. Il en résulte que le brin le plus court subit la totalité de l'effort de traction. Les matériaux utilisés ayant en général une limite élastique fort près ou confondue avec leur charge à la rupture, il suffit d'une sous-longueur de faible pourcentage pour que le brin le plus court se rompe avant que les autres brins concourent significativement à tenir la charge. Dès lors que la section du membre porteur est amoindrie, le phénomène est cumulatif et les ruptures de brins successives s'effectuent jusqu'à rupture définitive.

Un autre procédé de fabrication de câbles optiques permet d'obtenir un certain degré de pénétration et de dépendance

d'une tresse ou d'un guipage par rapport à un matériau plastique et ceci en effectuant un chauffage approprié.

Suivant un troisième procédé, on fabrique des câbles optiques en une seule opération, en réalisant le tube, déjà pourvu de son armature, directement autour de la fibre.

Cependant, chacun de ces deux derniers procédés présente un certain nombre d'inconvénients majeurs dans le cas particulier des fibres optiques. En effet, ces procédés sont difficiles à mettre en oeuvre sans détériorer les caractéristiques de la fibre optique. Ainsi, dans le procédé, par chauffage, les hautes températures nécessaires pour faire fondre un tube et y faire pénétrer les brins d'un guipage, risquent de provoquer des déformations permanentes du tube telles qu'étirements, ovalisations, aplatissements, étranglements, et de compromettre définitivement l'atténuation du câble optique.

Selon le second procédé, la mise en oeuvre est extrêmement délicate. De plus, la présence d'une armature déjà montée sur le tube peut être incompatible avec les contraintes d'élasticité requises pour ajuster aisément la stricte surlongueur de fibre nécessaire, afin d'assurer le positionnement hélicoïdal de la fibre dans son tube, nécessaire pour un câble à faible variation d'atténuation.

La présente invention a donc pour but de remédier à ces inconvénients et se propose de créer un procédé de fabrication de câbles optiques permettant de s'affranchir des contraintes indiquées ci-dessus et d'obtenir une solidarisation très intime entre, d'une part, le tube et l'armature, et d'autre part, entre l'armature et les gaines.

La présente invention a également pour but de créer un câble optique insensible aux variations thermiques et aux efforts mécaniques dans une gamme beaucoup plus large que celle que l'on obtient habituellement.

Ainsi, les dimensions internes du tube doivent être proportionneles à $\sqrt{\alpha \Delta \theta}$; ($\Delta \theta$ est la plage de température et α le coefficient de dilatation du matériau dont est fait le tube). Les matériaux composites décrits dans le présent brevet ont des coefficients variant de 1 et 3.10^{-6}, alors que les matériaux de l'art antérieur ont des coefficients de dilatation compris entre 3.10^{-5} à 3.10^{-4}. On constate ainsi que lesdits matériaux permettent de réaliser des tubes de dimensions

10 à 20 fois plus faibles que dans l'art antérieur.

A cet effet, l'invention concerne un procédé de fabrication de câbles optiques du type comportant au moins une fibre optique placée dans un tube optique protégé par une armature, procédé caractérisé en ce :

- qu'on réalise un tube autour d'une fibre optique à base d'un matériau admettant au moins un solvant liquide ;
- on revêt le tube d'une armature en forme de tresse ou de guipage ;
- on trempe l'ensemble formé par le tube et l'armature dans un bain de liquide comportant ledit solvant ;
- on imprègne l'armature de ce liquide ;
- on ramollit et on dissout partiellement la zone superficielle extérieure du tube ;
- on fait pénétrer l'armature dans la couche superficielle du tube, en même temps qu'une partie du matériau du tube migré dans le solvant imprégnant l'armature ;
- on fait évaporer le solvant et on provoque ainsi le collage de l'armature sur le tube les particules du matériau ayant migré à travers la surface, le solvant formant une mince pellicule sur la périphérie de l'armature ;
- et on extrude une gaine de protection à chaud réalisée dans un matériau compatible avec le matériau du tube pour la fixer sur l'armature.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, on trempe l'ensemble formé par le tube et l'armature dans un solvant chargé de matériau à l'état de dispersion de même nature que le matériau du tube et on évapore le solvant.

La présente invention concerne également un câble optique obtenu par la mise en oeuvre du procédé, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une fibre optique disposée dans un tube, une armature et au moins une gaine de protection, le tube et l'armature étant solidaires.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, le matériau de la gaine de protection est identique ou compatible avec le matériau du tube, le tube, l'armature et la gaine de protection étant solidaires.

Suivant une autre caractéristique de l'invention, l'armature est un tressage ou un guipage réalisé en un matériau à faible coefficient de dilatation (210^{-5}, à fort module

d'Young ($E \geqslant 7000$ kg/mm^2) et à très forte résistance à la traction ($R \geqslant$ à 40 k /mm^2).

La présente invention sera mieux comprise à l'aide d'un mode de réalisation d'un câble optique obtenu par la mise en oeuvre du procédé conforme à l'invention, représenté schématiquement, à titre d'exemple non limitatif, sur les dessins ci-joints, dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe de côté d'un premier mode de réalisation du câble optique conforme à l'invention ;
- la figure 2 est une vue en coupe de côté, plus schématique du mode de réalisation représenté à la figure 1
- la figure 3 est une vue en coupe de côté d'un second mode de réalisation de câble optique conforme à l'invention ;
- la figure 4 est un schéma explicatif décrivant les différentes opérations du procédé de réalisation du câble optique ;
- la figure 5 montre la succession des opérations de la fabrication du câble optique conforme à l'invention.

Selon la figure 1, le câble optique 1 se compose d'une fibre optique 2, autour de laquelle est réalisé un tube 3 entouré d'une armature 4, elle-même recouverte par une gaine de protection 5, Le tube 3 est réalisé en un matériau admettant au moins un solvant liquide.

L'armature 4 est formée d'une tresse ou d'un guipage dont les qualités mécaniques et thermiques sont suffisantes pour remplir la fonction d'armature. L'armature 4 est solidaire du tube 3. La gaine de protection 5 est solidaire de l'armature 4 et du tube 3. Le câble peut comporter plusieurs gaines de protection.

Pour solidariser le tube 3 et l'armature 4, on trempe l'ensemble formé par ces deux éléments dans un solvant afin de dissoudre superficiellement le matériau du tube 3. Le solvant, après trempage, permet à l'armature formant une tresse de pénéter partiellement dans le matériau formant le tube 3 et à sa surface. La matière dissoute du tube 3 migre vers les extrémités extérieures des fibres de la tresse 4. Le solvant s'évapore ; il en résulte le collage de l'armature 4 sur le tube 3. Au cours de cette opération, il s'est formé une fine

pellicule à la périphérie 6, de l'armature 4. La gaine de protection 5, réalisée dans un matériau compatible avec le matériau du tube, est extrudée à chaud et ramollit la fine pellicule de matière 6 permettant le collage de la gaine 5 sur l'armature 4. Les diverses opérations du procédé de fabrication seront décrites plus en détail ci-après.

Selon la coupe très schématique de la figure 2, le câble optique 1 comporte une armature 4 solidaire du tube 3 renfermant la fibre optique 2. La bande 6 matérialise sur le dessin, la couche du tube qui a été ramollie par le solvant et constitue la zone de fixation par collage de l'armature 4 sur le tube 3. La même représentation schématique a été utilisée pour la bande 8 qui constitue la zone de fixation de la gaine de protection 5 sur l'armature 4. La température de la gaine 5 lors de son extrusion permet, en effet, de ramollir la fine pellicule de matière du tube qui a migré à travers l'armature 4 ; il en résulte la fixation de la gaine de protection 5 sur l'armature 4. Ainsi, le câble optique comporte des éléments parfaitement solidaires protégeant au mieux la fibre optique.

Selon la figure 3, le câble optique 9 présente les mêmes éléments que précédemment décrits. Le tube 3 renferme une fibre optique 10 présentant une forme hélicoïdale , ceci afin d'augmenter le jeu de la fibre à l'intérieur du tube et résister mieux aux contraintes que subit le câble optique 9.

Selon les figures 1 à 3, l'armature 4 du câble 1 est constituée d'une tresse ou d'un guipage réalisée en un matériau à faible coefficient de dilatation, à fort module de Young et à très forte résistance à la traction. Ainsi, cette armature peut être un tressage d'Invar (marque déposée) de Kevlar (marque déposée) ou de fils de silice.

	Module de Young	Coefficient de dilatation	Résistance à la traction
Invar :	E = 14500	$\alpha = 1{,}2.10^{-6}$	R=45 à 80 Kg/mm^2
Kevlar:	E 7500	$\alpha = -2.10^{-6}$	R=120 à 150 Kg/mm^2
Silice:	E 7000	$\alpha = 4.10^{-7}$	R= 20 à 100 Kg/mm^2

La gaine de protection 5 est réalisée en un matériau tel que du fluorure de polyvinylidène ou autre. Selon le mode de réalisation décrit dans les figures 1 et 2, le câble optique 1 monovoie. Il est possible de prévoir des câbles de conceptions différentes en mettant en oeuvre le même procédé.

Par un choix judicieux des matériaux on peut ainsi construire un câble capable de présenter une variation d'affaiblissement inférieure à une fourchette donnée, dans un intervalle de température déterminé, pour une résistance à la traction donnée, et satisfaisant éventuellement à d'autres critères spécifiques.

EXEMPLES : Câble de section de 2,7 mm
- matériau polyvinylidène et Kevlar
- résistance à la rupture 1350 N
- fibre QSFA 400
- section extérieure 0,85 mm
- variation inférieure à 1 dB entre -20°C et + 125°C

Câble de section 1, 5 mm
- matériau polyvinylidène et Invar
- résistance à la rupture 400 N
- fibre SiO_2 gradient d'indice section 100
- tenue - 55°C à + 125°C
- variation inférieure à 0,5 dB

Selon l'invention, il est facile de désolidariser la gaine 5, l'armature 4 et le tube 3 aux extrémités, ceci afin de faciliter les opérations de connexion. Cette opération de désolidarisation se fait par l'emploi localisé et bien défini du solvant tel qu'il est décrit ci-dessus.

La figure 4 constitue une vue schématique des différentes opérations du procédé permettant la fabrication des câbles optiques 1 et 9 précédemment décrits.

Selon le procédé de l'invention, on part d'une fibre optique 11. On protège la fibre optique 11 en réalisant un tube d'un matériau admettant tout au moins un solvant autour de cette fibre. Selon la phase 12 du procédé, on revêt le tube 3 d'une armature 4 en forme de tresse. Selon la phase 13, on trempe l'ensemble formé par le tube 3 et l'armature 4 dans un bain de liquide comportant un solvant. On imprègne ainsi l'armature 4 du liquide.

Selon la phase 14, on ramollit et on dissout partiellement la surface du tube 3, puis, selon la phase 15, on fait pénétrer l'armature dans la surface du tube 3. Le matériau migre partiellement dans le liquide qui imprègne l'armature.

Selon la phase 16, on fait évaporer le solvant et on provoque ainsi le collage de l'armature 4 sur le tube 3.

Selon la phase 17, antérieurement à l'évaporation du solvant, il y a une migration de particules de matière dissoute vers les fibres extérieures de l'armature 4.

Selon la phase 18, ces particules forment une mince pellicule sur la périphérie de l'armature 4.

Enfin selon la phase 19, on extrude à chaud la gaine de protection 5 réalisée dans un matériau compatible avec le matériau du tube pour fixer cette gaine sur l'armature 4.

Selon la figure 5, la fibre optique 11 est placée dans un tube 3 réalisé en un matériau admettant au moins un solvant liquide. Ce matériau peut être du fluorure de polyvinylidène. On revêt ensuite le tube 3 d'une armature en forme de tresse 4. On trempe l'ensemble formé par le tube 3 et l'armature 4 dans un solvant constitué par exemple par un diméthylformamide. L'action du solvant est susceptible de dissoudre rapidement mais de façon limitative la surface du tube. L'armature 4 pénètre dans la zone superficielle ramollie du tube. L'évaporation du solvant provoque le collage de l'armature 4 sur le tube 3.

Pendant la phase de dissolution du tube les particules de matériau du tube migrent selon les flèches F vers l'extrémité extérieure des fibres de l'armature 4 et forment une mince pellicule 20 sur la périphérie de l'armature 4. A ce stade, l'armature 4 est solidaire du tube 3.

Selon la dernière phase du procédé, on recouvre l'armature 4; de la gaine de protection 5. Pour ce faire, on extrude à chaud la gaine de protection 5 réalisée dans un matériau compatible avec le matériau du tube 3. La faible inertie de la gaine ne crée pas de contraintes dans le tube 3 et n'a pas le temps de modifier les caractéristiques optiques de la fibre 11. Cependant, la température de la gaine 5 extrudée est suffisamment élevée pour ramollir la pellicule de matière 20 qui a migré à travers l'armature. De ce fait, la gaine 5 se fixe par collage sur l'armature 4. Il est cependant nécessaire que le matériau de la gaine soit compatible avec le matériau du tube.

Suivant une variante du procédé on trempe l'ensemble formé par le tube 3 et l'armature 4 dans un solvant chargé de matériau à l'état de dispersion de même nature que le matériau du tube 3 et on évapore le solvant. Selon une autre

variante, la disposition peut être remplacée par une colle compatible avec le matériau du tube et l'évaporation du solvant est remplacée par un séchage de la colle. On emploie cette variante lorsque la quantité de matière dissoute du tube 3, par le solvant, est insuffisante pour permettre la fixation de l'armature 4 et de la gaine 5 sur le tube 3 du câble optique.

L'opération de trempage et d'évaporation peut être réalisée en une série de cycles (trempage-évaporation) successifs pour obtenir un résultat bien régulier.

REVENDICATIONS

1°) Procédé de fabrication de câbles optiques du type comportant au moins une fibre optique placée dans un tube optique protégé par une armature, procédé caractérisé en ce qu'on :

- réalise un tube liquide autour d'une fibre optique à base d'un matériau admettant au moins un solvant liquide ;

- revêt le tube d'une armature en forme de tresse ou de guipage ;

- trempe l'ensemble formé par le tube et l'armature dans un bain de liquide comportant ledit solvant ;

- imprègne l'armature de liquide, on ramollit et on dissout partiellement la zone superficielle extérieure du tube ;

- on fait pénétrer l'armature dans la couche superficielle du tube en même temps qu'une partie du matériau du tube migre dans le solvant imprégnant l'armature.

- fait évaporer le solvant et on provoque ainsi le collage de l'armature sur le tube , les particules du matériau ayant migré vers la surface à travers le solvant formant une mince pellicule sur la périphérie de l'armature;

- extrude une gaine de protection à chaud réalisée dans un matériau compatible avec le matériau du tube pour la fixer sur l'armature.

2°) Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'on trempe l'ensemble formé par le tube et l'armature dans un solvant chargé de matériau à l'état de dispersion, de même nature que le matériau du tube et on évapore le solvant.

3°) Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'on trempe l'ensemble formé par le tube et l'armature dans un solvant comportant de la colle à l'état de dispersion.

4°) Procédé conforme à la revendication 1, caractérisé en ce qu'on dissout partiellement la masse du tube à l'aide d'un solvant agissant rapidement, mais de façon limitative tel que du diméthylformamide.

5°) Câble optique obtenu par la mise en oeuvre du procédé conforme à l'une quelconque des revendications 1 à 4

précédentes, caractérisé en ce qu'il comporte au moins une fibre optique disposée dans un tube, une armature et au moins une gaine de protection, le tube et l'armature étant solidaires.

6°) Câble optique conforme à la revendication 4 précédente, caractérisé en ce que le matériau de la gaine de protection est identique ou compatible avec le matériau du tube, le tube, l'armature et la gaine de protection étant solidaires.

7°) Câble optique conforme aux revendications 5 et 6 précédentes, caractérisé en ce que le tube est réalisé en un matériau tel que du fluorure de polyvinylidène, le solvant étant constitué de diméthylformamide, ou par une solution de PVDF dans un solvant convenable.

8°) Câble optique conforme aux revendications 5 et 6 précédentes, caractérisé en ce que l'armature est un tressage ou un guipage réalisé en un matériau à faible coefficient de dilatation (α 210^{-5}) à fort module d'Young ($E \geqslant 7000$ Kg/mm2) et à très forte résistance à la traction ($R \geqslant 40$ Kg/mm^2).

9°) Câble optique conforme aux revendications 5 à 8 précédentes, caractérisé en ce que l'armature est réalisée en un tressage d'Invar (marque déposée), de Kevlar (marque déposée) ou de fils de silice.

10°) Câble optique conforme aux revendications 5 et 6 précédentes , caractérisé en ce que la gaine de protection est réalisée en un matériau tel que du fluorure de polyvinylidène.

11°) Câble optique conforme à l'une quelconque des revendications 5 à 10 précédentes, caractérisé en ce qu'il est monovoie.

2468135

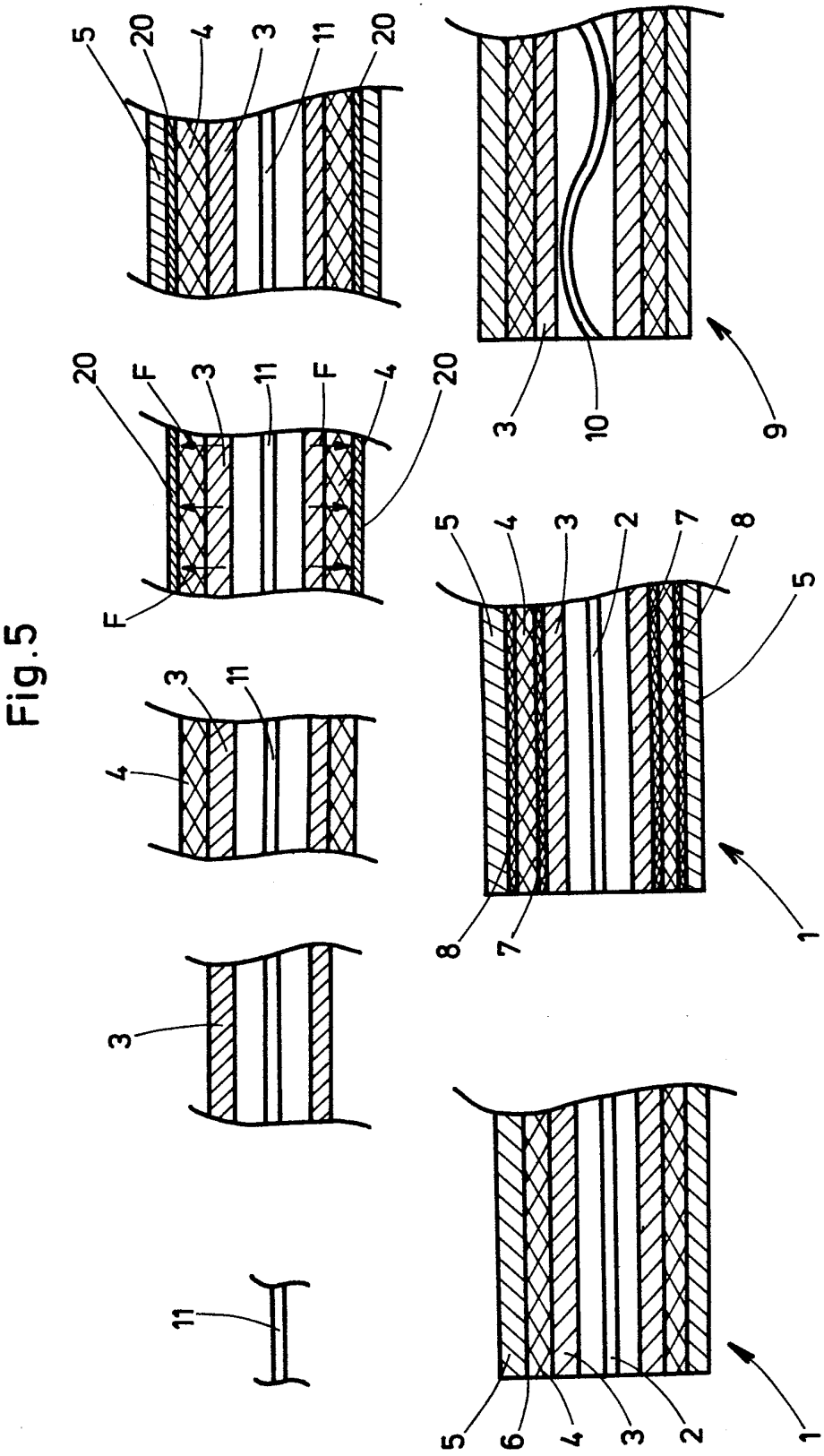


Fig.5

Fig.3

Fig.2

Fig.1

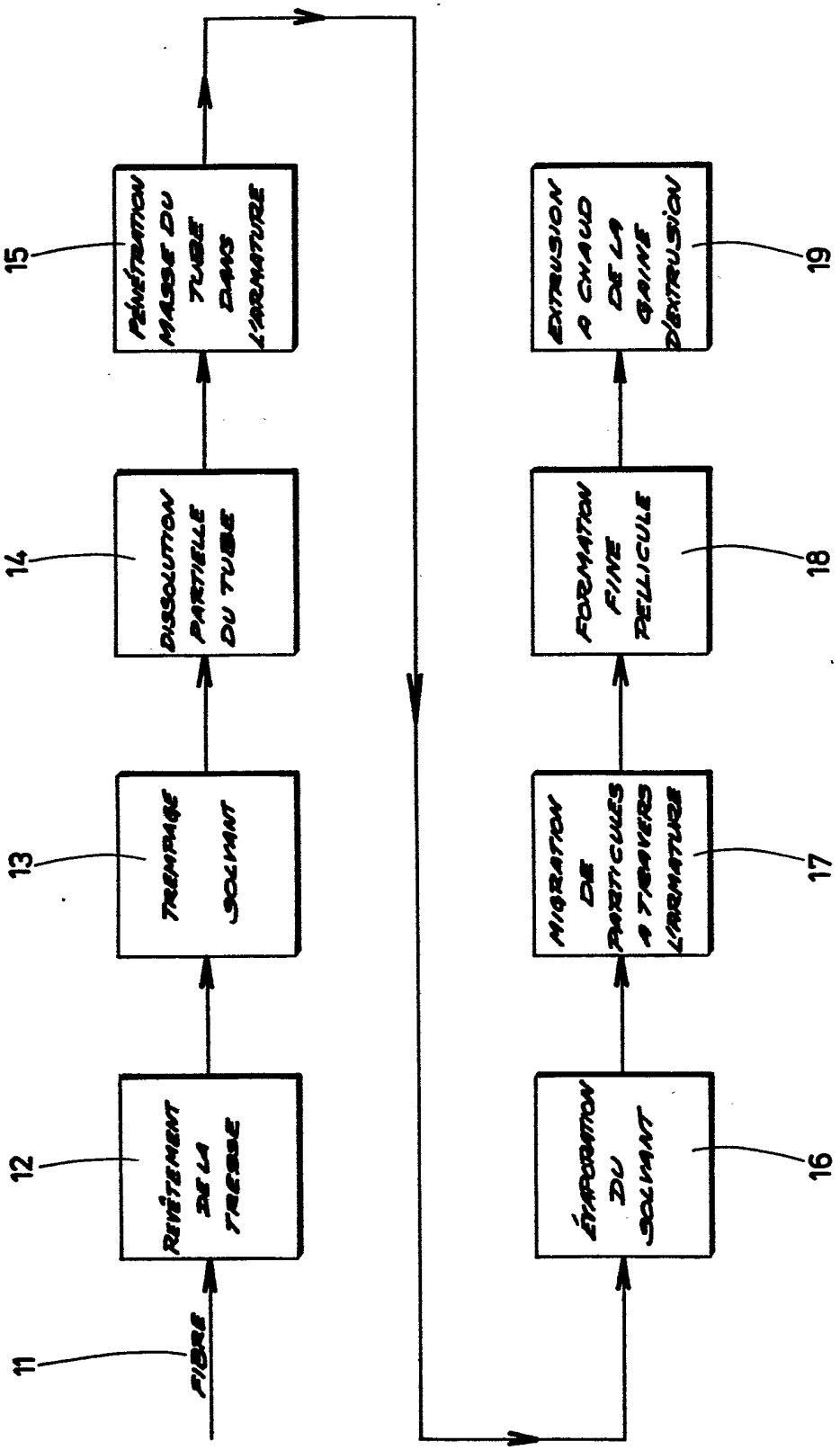

11
FIBRE
12
REVÊTEMENT DE LA FIBRE
13
TREMPAGE GONFLANT
14
DISSOLUTION PARTIELLE DU TUBE
15
PÉNÉTRATION MASSE DU TUBE DANS L'ARMATURE
16
ÉVAPORATION DU GONFLANT
17
MIGRATION DE PARTICULES A TRAVERS L'ARMATURE
18
FORMATION FINE PELLICULE
19
EXTRUSION A CHAUD DE LA GAINE D'EXTRUSION

Fig.4