



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 669 186 A5

⑲

Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑤① Int. Cl.4: C 03 C 25/02
G 02 B 6/02
C 23 C 2/38

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑳ Numéro de la demande: 4959/86

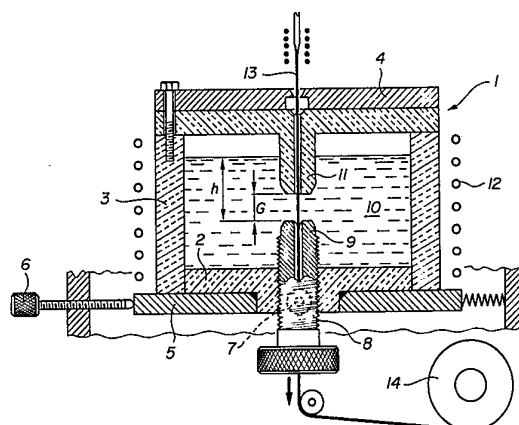
㉔ Date de dépôt: 13.12.1986

㉖ Brevet délivré le: 28.02.1989

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 28.02.1989⑦③ Titulaire(s):
Battelle Memorial Institute, Carouge GE⑦② Inventeur(s):
Kornmann, Michel, Grand-Lancy⑦④ Mandataire:
Blasco Dousse, Carouge GE

⑤④ Procédé pour revêtir une fibre optique d'un manchon métallique, protecteur et dispositif de revêtement correspondant.

⑤⑦ On fait passer la fibre à protéger dans un bain de métal fondu qui se solidifie à son contact et forme le manchon désiré. La fibre passe par des filières immergées dans le bain dont l'écartement est réglable, de manière à faire varier la distance au long de laquelle la fibre entre en contact avec le métal fondu et, par voie de conséquence, l'épaisseur du manchon.



REVENDEICATIONS

1. Procédé pour déposer sur une fibre optique fraîchement étirée de diamètre d un manchon protecteur d'aluminium ou d'un métal choisi parmi Sn, Pb, Cu, Ni, Ag et leurs alliages avec et sans Al, suivant lequel on fait passer cette fibre, centrée symétriquement, à travers deux filières de diamètre D à bec tronconique non mouillable par le métal fondu, l'une débitrice et l'autre réceptrice, superposées face à face verticalement et coaxialement, et immergées dans un bain de métal fondu à une distance l'une de l'autre suffisante pour que le métal fondu entre en contact avec la fibre dans l'espace situé entre les faces planes des bords des filières et, en se solidifiant à son contact, forme ledit manchon protecteur, caractérisé par le fait que, les filières étant mobiles axialement l'une par rapport à l'autre, on commence par les réunir par leur face plane, on liquéfie le métal, on met la fibre en circulation à travers les filières à une vitesse de 5 à 200 m/min et on les écarte progressivement jusqu'à une valeur G comprise entre 0,5 et 5 mm, le jeu $D - d$ entre la fibre et l'alésage des filières étant de 50 à 200 μm , de manière que se forme ledit manchon, l'épaisseur de ce dernier étant de 10 à 50 μm .

2. Procédé suivant la revendication 1, le métal fondu formant, au contact de la fibre, un ménisque en entonnoir dont le bord affleure l'embouchure du bec de la filière réceptrice et dont l'extrémité inférieure, où s'effectue la solidification du manchon, se raccorde avec celui-ci, caractérisé par le fait que, pour éviter des fuites de métal en fusion à la sortie de la filière réceptrice, la distance r entre l'axe de la filière et la zone annulaire où le ménisque présente la courbure la plus prononcée est inférieure au rayon de courbure R de cette zone.

3. Procédé suivant la revendication 2, caractérisé par le fait que l'embouchure de la filière réceptrice est immergée dans le métal en fusion à une profondeur h de 1,5 à 10 cm.

4. Procédé suivant la revendication 1 pour déposer un manchon protecteur d'aluminium, caractérisé par le fait que la température de l'aluminium en fusion est maintenue entre 660 et 685° C, de préférence entre 663 et 670° C.

5. Procédé suivant la revendication 4, caractérisé par le fait que la différence de température ΔT entre la fibre qui vient en contact avec le métal en fusion et celui-ci est comprise entre 100 et 650° C.

6. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'on étire la fibre optique à partir d'une préforme en barreau.

7. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que la pression de gaz autour de la fibre dans la filière débitrice est inférieure à celle régnant dans la filière réceptrice.

8. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que le bain de métal fondu est alimenté en continu par un fil de ce métal qui pénètre dans le bain progressivement au fur et à mesure de sa fusion.

9. Procédé suivant la revendication 1, caractérisé par le fait qu'à la sortie de la filière réceptrice, on refroidit la fibre et on l'enroule, pour la stocker, sur un mandrin.

10. Dispositif pour mettre en œuvre le procédé suivant la revendication 1, comprenant essentiellement les éléments suivants:

a) un creuset en graphite rempli d'Al et muni de moyens pour fondre cet aluminium et maintenir celui-ci en fusion, ce creuset présentant un fond et un couvercle percés adaptés de manière à recevoir des filières, respectivement réceptrices et débitrices d'une fibre optique qui les traverse;

b) un support horizontal du creuset en forme de table déplaçable en X et en Y par des moyens micrométriques et permettant de positionner ce creuset;

c) des filières à bec tronconique, faites en une matière non mouillable par le métal en fusion, s'adaptant dans les trous, respectivement, du fond et du couvercle du creuset, de manière à se faire axialement face à l'intérieur de celui-ci, l'une d'elles, au moins, pouvant être déplacée axialement par rapport à l'autre jusqu'à la toucher, par exemple à la façon d'une vis;

d) des moyens pour engendrer, par étirage à chaud, la formation

d'une fibre optique; des moyens pour faire circuler cette fibre à travers lesdites filières de manière que, dans l'intervalle entre celles-ci, elle vienne en contact avec le métal en fusion et, par solidification de celui-ci, se recouvre d'une couche protectrice; et des moyens pour refroidir la fibre ainsi plaquée et l'enrouler sur un support.

11. Dispositif suivant la revendication 1, caractérisé par le fait que les moyens pour maintenir le métal en fusion dans le creuset sont constitués par un four à induction.

12. Dispositif suivant la revendication 10, caractérisé par le fait que la matière des filières est une céramique usinable repoussant le métal en fusion.

13. Dispositif suivant la revendication 10, caractérisé par le fait que l'angle de la pente du tronc de cône des filières est compris entre 40 et 75°.

DESCRIPTION

La présente invention concerne un procédé pour revêtir une fibre optique d'un manchon métallique, notamment d'aluminium.

On sait qu'il est désirable de protéger les fibres optiques de la corrosion par les agents atmosphériques qui, peu à peu, compromettent ses propriétés de transmission de la lumière et ses qualités de résistance aux efforts mécaniques. Un manchon d'aluminium, d'une épaisseur de l'ordre de 10 à 150 μm d'épaisseur, déposé de préférence par passage de la fibre dans de l'aluminium fondu, lequel adhère à la fibre et se solidifie à son contact, constitue une bonne protection.

Ainsi le document J-57 106.542 (Furukawa) décrit-il la mise à nu de fibres optiques (par exemple par combustion de leur manchon protecteur en résine organique) et leur revêtement par de l'aluminium, par passage dans un bain de ce métal en fusion.

Le document J-57 071.840 (Furukawa) décrit le revêtement de fibres optiques par des métaux par un procédé d'extrusion suivant lequel on maintient le métal de revêtement (alliage Al-Cu) en phase semi-fondue (dans laquelle la proportion de phase solide est de 80-90%). On procède ainsi de manière à réduire, dans la mesure du possible, la température à laquelle on soumet la fibre en contact avec le métal fondu, cette élévation de température ayant une influence néfaste sur ses qualités mécaniques.

Le document J-58 074.543 (Fujitsu) divulgue la mise en circulation d'une fibre optique dans un bain de métal fondu (Sn, Al, etc.) en vue de son revêtement par dépôt d'un tel métal, la fibre ainsi revêtue étant instantanément refroidie par aspersion d'eau froide ou par un courant de gaz.

Le document J-58 027.977 (Furukawa) décrit le placage de matériaux filamentaires, notamment de fibres optiques. Suivant ce procédé, on place un tube chauffable à la surface d'un bain de métal fondu contenu dans un creuset à double paroi, on chauffe le métal au-dessus de son point de fusion et le tube à une température légèrement supérieure à celle du métal fondu, puis on fait circuler le filament dans le tube, tout en y réduisant la pression afin de promouvoir une évaporation sous vide. On obtient des couches épaisses de métal de revêtement par cette technique.

Le document J-58 045.133 (Fujitsu) divulgue le dépôt de films métalliques sur des fibres optiques sitôt celles-ci étirées. Les métaux utilisés comprennent Al et Sn. Cu évite l'oxydation du métal en opérant sous protection d'un gaz inerte tel que l'azote ou l'argon. Les fibres ainsi obtenues présentent de faibles pertes à la transmission et une résistance à la traction élevée.

Le document J-58 045.134 (Fujitsu) décrit le revêtement de fibres optiques par des métaux, le procédé utilisé comprenant la mise en contact des fibres sortant du four d'étirage avec un courant de gaz chaud. Ce courant de gaz appliqué à la fibre alors que le métal de revêtement est encore liquide permet de contrôler l'épaisseur et l'uniformité du revêtement et conduit à des fibres à faibles pertes de transmission.

Le document J-59 035.046 (Fujitsu) décrit l'application d'un revêtement métallique sur des fibres optiques par passage de celles-ci à

travers un bec ou buse contenant du métal fondu et en soumettant celui-ci à des ultrasons. Ce traitement convient aux fibres fraîchement étirées et fournit des films métalliques adhérents pouvant être soudés, ce qui permet de relier les fibres entre elles.

Le document J-60 194.041 (Sumitomo) enseigne de revêtir des fibres optiques d'un film métallique par passages de celles-ci, sous pression réduite, dans du métal en fusion, la température de la fibre étant inférieure ou égale à celle du métal fondu. Après dépôt du métal fondu, on fait passer la fibre dans une filière de calibrage.

Quoique les techniques de l'art antérieur permettent de résoudre un bon nombre de problèmes relatifs au placage des fibres optiques par du métal en fusion, certains subsistent malgré tout, ou bien certaines des solutions proposées sont difficiles à appliquer et mériteraient d'être simplifiées. En particulier, le contrôle des conditions de placage est toujours difficile à réaliser ainsi que l'homogénéité de l'épaisseur et la régularité du dépôt. Il est notamment difficile, compte tenu des températures respectives de la fibre et du métal en fusion, d'assurer un bon temps de contact entre ces deux éléments pour que le métal adhère bien à la fibre et s'y solidifie sous la forme d'un manchon homogène et d'épaisseur régulière.

Le procédé de la présente invention, tel que résumé à la revendication 1, constitue un pas en avant en direction de l'amélioration et de la simplification de la technique de revêtement de fibres de quartz ou verre d'un manchon métallique protecteur.

Un dispositif permettant de mettre en œuvre le présent procédé est décrit à la revendication 11.

Une forme d'exécution d'un tel dispositif figure, sous forme de coupe schématique, au dessin annexé auquel on se réfère pour la suite de la description.

La figure 1 représente un creuset muni de filières verticales destinées à revêtir une fibre optique d'un manchon métallique protecteur.

La figure 2 représente un détail, à échelle agrandie, d'une des filières du creuset de la figure 1.

Le dispositif de la figure 1 se compose d'un creuset 1 délimité par un fond 2, des parois 3 et un couvercle 4. Ce creuset repose sur une table horizontale 5 qui peut être déplacée longitudinalement et transversalement par un jeu de vis micrométriques 6 et 7. Le fond du creuset est percé et taraudé de manière à recevoir une filière filetée 8 dont le bec 9, tronconique, pénètre à l'intérieur du creuset 1. Celui-ci est rempli d'aluminium fondu 10.

Le creuset comporte une autre filière 11 disposée dans le couvercle 4 et faisant axialement face au bec 9 de la filière 8. Par le jeu du pas de vis de cette dernière, on peut déplacer le niveau du bec 9, c'est-à-dire la profondeur h à laquelle il se trouve plongé dans le métal en fusion ainsi que la distance G entre les plats des becs des deux filières; la filière 8 peut être réglée jusqu'à toucher la filière 11 ($G = 0$).

Le présent dispositif comprend encore un enroulement de chauffage 12 destiné à maintenir l'aluminium à l'état liquide. Par ailleurs, un système d'étirage d'une fibre optique (non représenté, mais classique) fournit une fibre optique 13 qu'on peut faire circuler à travers les filières 8 et 11 et enrouler sur un accessoire de stockage représenté schématiquement par un tambour 14. On notera que, pour éviter le contact de l'air avec la fibre fraîchement étirée, on peut protéger celle-ci par un gaz sec ou inerte, de l'argon par exemple.

La figure 2 représente, à échelle très agrandie, l'embouchure du bec 9 de la filière réceptrice pendant le fonctionnement du dispositif de revêtement. En bref, on fait fondre le métal dans le creuset et le maintient en fusion à une température donnée grâce aux moyens de chauffage 12. On étire une fibre 13, par exemple à partir d'une pré-forme en barreau (non représenté), et on la fait circuler dans les filières 8 et 11 de diamètre intérieur D , la filière 8 ayant été, au préalable, complètement vissée à toucher la filière 11. Puis, après avoir soigneusement centré la fibre par le jeu des moyens de réglage 6 et 7, on dévisse progressivement la filière 8 jusqu'à créer, entre les filières, un espacement G tel que le métal fondu vienne en contact avec la fibre 13 de diamètre d qui se déplace en direction de la flèche. Ce mouvement crée, au sein du métal en fusion, un ménisque 15 en forme de

«vortex» ou d'entonnoir dont le bord 16 épouse l'embouchure du bec 9, et la tige 17 donne naissance à et prolonge le manchon protecteur 18 de métal solidifié qui entoure la fibre 13 à la sortie de la filière 8. La génératrice 19 de ce ménisque en forme de «vortex» présente une courbure variable dont le rayon minimal R concerne une région annulaire 20 placée à une distance r de l'axe du système.

Ces paramètres sont intéressants pour les raisons suivantes: pour éviter que le métal en fusion ne fuie entre la fibre et les parois du guide de la filière 8 (ou, en d'autres termes, pour que se forme un manchon protecteur de métal solidifié régulier et uniforme), il faut, d'après les lois de la tension superficielle, que la pression hydrostatique ρgh qui règne au niveau du bec 9 ne dépasse pas la valeur donnée par la relation $\sigma(1/r + 1/R)$.

On peut admettre que r est intermédiaire entre $D/2$ et $d/2$. Par exemple, si d vaut $100 \mu\text{m}$ ($0,1 \text{ mm}$) et $D = 0,4 \text{ mm}$, r est voisin de $0,1 \text{ mm}$. Pour une vitesse de circulation de la fibre de l'ordre de 30 m/min (50 cm/s), R est environ $0,2 \text{ mm}$, d'où $1/r + 1/R = 150 \text{ cm}^{-1}$ et, dans l'aluminium en fusion ($\rho = 2,7$), $h \leq 914 \times 150 / 2,7 \times 981 \approx 52 \text{ cm}$. On opère donc avantageusement à une profondeur de $1,5$ à 10 cm dans l'aluminium en fusion. Cependant, h peut être supérieur ou inférieur à ce domaine.

Il est cependant à remarquer qu'une telle évaluation doit être complétée en tenant compte du facteur dynamique créé par le mouvement de la fibre elle-même. Une telle «pression» est donnée par la relation $\rho v^2/2$ où v est la vitesse de la fibre en cm/s . Dans le cas ci-dessus, on aura donc $h = v^2/2g = 1,3 \text{ cm}$, ce qui est négligeable par rapport aux valeurs de h évaluées ci-dessus.

De manière générale, on a trouvé que, pour revêtir une fibre optique d'un calibre de 50 à $200 \mu\text{m}$ en général, on peut utiliser une filière dont le diamètre intérieur est compris entre 200 et $1000 \mu\text{m}$. On opère avantageusement à une profondeur h de l'ordre de 2 à 10 cm . En faisant varier G , l'écartement entre les plats des filières tronconiques, entre environ $0,5$ et 5 mm , on peut régler l'épaisseur du manchon d'aluminium entre environ 10 et $150 \mu\text{m}$.

Il est à remarquer que si, en principe, on a avantage à laisser aussi peu de jeu que possible entre la fibre et le guide de la filière, celui-ci ne devrait pas être inférieur à 20 - $100 \mu\text{m}$ environ; en effet, au-dessous, le centrage de la fibre est excessivement difficile.

Par ailleurs, on peut contrecarrer la tendance éventuelle du métal à former des fuites et des irrégularités dans la filière 9 (cas où on ménage un jeu important entre la fibre et celle-ci) en appliquant une dépression de gaz en amont de la filière 11 ou une surpression en aval de la filière 8, le creuset étant alors partie d'une enceinte étanche comportant un compartiment supérieur (où la fibre est débitée) et un compartiment inférieur (où la fibre revêtue est stockée). On peut opérer sous atmosphère inerte (azote, argon, etc.) ou dans l'air, la surpression concernant le compartiment supérieur et la dépression concernant le compartiment inférieur. Des variations de pression de l'ordre de $0,05$ à $0,5 \text{ bar}$ sont applicables.

Dans le présent procédé, le préchauffage de la fibre avant placage n'est pas critique. De manière générale, lorsque la station d'étirage se trouve à une distance suffisante du creuset, par exemple entre $0,5$ et 2 m , la fibre acquiert, par refroidissement, une température appropriée pour son revêtement par l'aluminium. A défaut, par exemple si la fibre n'est pas étirée *in situ*, on peut prévoir un préchauffage à 300 - 400°C avant placage. De préférence, la différence de température ΔT entre la fibre et le métal en fusion est comprise entre 100 et 650°C .

La température de l'aluminium fondu doit être contrôlée entre certaines limites. Elle peut varier, par exemple, entre 660 et 685°C , mais les résultats ne sont pas identiques pour toutes les valeurs de cet intervalle. Aux températures inférieures, la solidification peut être trop rapide et le dépôt peut devenir irrégulier ou même bloquer le passage de la fibre. Aux températures trop élevées, le revêtement est trop mince ou a tendance à couler. L'intervalle de températures qu'on préfère est de 663 à 670°C .

Le présent procédé s'applique au revêtement des fibres optiques en quartz ou autre minéral transparent d'indice de réfraction fixe ou

variable radialement. Il est également applicable à d'autres fibres minérales pour autant que leur résistance mécanique soit suffisante aux températures du bain de métal en fusion.

Par ailleurs, d'autres métaux à l'état fondu sont également utilisables, notamment Sn, Pb, Cu, Ni, Ag, etc., ainsi que leurs alliages avec ou sans l'aluminium. Bien entendu, les paramètres opératoires sont à modifier suivant la température de fusion et les propriétés physiques (viscosité, tension superficielle) de chaque métal ou alliage considéré. Le remplissage du creuset peut se faire en discontinu ou en continu. Dans ce dernier cas, l'apport de métal se fait sous la forme d'un fil dont la fusion progressive compense le métal déposé sur la fibre et dont le débit maintient le niveau du liquide constant dans le creuset.

On notera encore que, dans la construction des filières illustrée à titre d'exemple au dessin, la largeur L de la portion plate des troncs de cône des filières peut être comprise entre environ 0,5 et 5 mm; l'angle de pente de la portion tronconique peut être compris entre environ 40 et 75°. Pour refroidir la fibre à la sortie de la filière réceptrice 8, on peut utiliser l'atmosphère ambiante ou un jet d'air froid ou de liquide réfrigérant.

Les exemples suivants illustrent l'invention.

On a opéré au moyen d'une installation comprenant une station d'étirage de fibres de verre à partir d'une préforme, c'est-à-dire un barreau de silice de type Herafil I (Heraeus, Wisag), diamètre 12 mm, longueur 50 cm, qu'on a étiré au moyen d'un four à induction de modèle ordinaire (température d'étirage 2000-2200° C).

Pour le placage, on a utilisé un creuset de graphite, tel que celui représenté au dessin (placé à 1,20 m de la station d'étirage), contenant 250 g d'aluminium. Les filières 8 et 11 sont usinées dans une céramique spéciale, type «Macor» non mouillable et non corrodable par l'aluminium en fusion. La filière supérieure est fixe; la filière inférieure 8 est réglable en hauteur (de manière à faire varier G entre 0 et environ 10 mm), grâce à son pas de vis; on peut faire tourner cette filière en agissant sur la tête à six pans 21. Le guide intérieur des filières a 0,5 mm de diamètre.

On commence par rapprocher les filières jusqu'à ce qu'elles se touchent par leur face plane, on fond l'aluminium (puissance du four 12 = 4 kW) et on règle sa température. On fait passer la fibre dans la filière à la vitesse choisie et on l'enroule sur le tambour 14, la fibre prenant appui sur une poulie non représentée au dessin. Puis on écarte les filières en dévissant la filière 8 jusqu'à une valeur choisie, de manière que l'aluminium fondu se dépose sur la fibre et l'entoure du manchon désiré. Pour interrompre la formation du manchon, on rapproche à nouveau les filières. En général, vu la vitesse de défilement de la fibre, le temps pendant lequel elle est en contact avec le métal en fusion entre les filières est de l'ordre de 10^{-2} à 10^{-4} s.

Le tableau ci-dessous résume les paramètres opératoires utilisés pour une série d'essais 1 à 7 ainsi que les résultats obtenus. Les valeurs du tableau concernent, dans l'ordre: le numéro de l'essai, le diamètre en μm de la fibre soumise au revêtement, la vitesse de son défilement en m/min, la valeur en mm de l'écartement G entre les filières, le temps de contact, en ms, entre la fibre et le métal en fusion, la température de celui-ci en °C, l'épaisseur du manchon en μm et la tension de rupture de la fibre revêtue en N/mm².

1	130	30	1,87	3,7	666-669	20	2044
2	130	30	1,87	3,7	661-662	20	2414
3	135	50	2,25	2,7	673	20	1364
4	180	30	2,25	4,5	667	20	1360
5	130	50	2,25	2,7	663	20	1580
6	134	30	1,87	3,7	676	17	2032
7	120	30	4,5	9,0	685	15	2978

Par ailleurs, on a soumis les fibres ainsi revêtues à un test de corrosion en les enroulant sur des mandrins (diamètres 6 et 9 mm) et en les soumettant 10 jours à une température de 60° C dans une atmosphère humide au taux de 90% (humidité relative). Après ce temps, les contrôles étaient tous brisés, alors que les fibres protégées avaient résisté à la corrosion.

