

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 508**

51 Int. Cl.:

C03C 25/10 (2008.01)

G02B 6/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.11.2009 PCT/EP2009/065888**

87 Fecha y número de publicación internacional: **03.06.2011 WO11063838**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.11.2009 E 09760150 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 2504288**

54 Título: **Fibra óptica con doble revestimiento**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.12.2019

73 Titular/es:
PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)
Via Chiese, 6
20126 Milano, IT

72 Inventor/es:
TERRUZZI, LIDIA;
FRIGERIO, SILVIO y
VILLANI, GIOVANNI

74 Agente/Representante:
CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 734 508 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Fibra óptica con doble revestimiento

Campo de la invención

La presente invención hace referencia a una fibra óptica con un doble revestimiento.

- 5 De manera más particular, la presente invención hace referencia a una fibra óptica con un doble revestimiento que comprende un núcleo de vidrio dentro del cual se transmite la señal óptica, un revestimiento principal interno formado por un material polimérico reticulado que comprende acrilatos procedentes de alcoholes C₉-C₁₂ ramificados, y un revestimiento secundario externos formado por un material polimérico reticulado que comprende una cantidad predeterminada de sílice.

10 **Antecedentes de la técnica**

- Comúnmente, las fibras ópticas comprenden un núcleo de vidrio (típicamente con un diámetro de aproximadamente 120-130 μm), en cuyo interior se confina la señal óptica transmitida, rodeada por un recubrimiento, preferentemente formado por vidrio. La combinación de núcleo y recubrimiento normalmente se identifica como "guía de ondas ópticas" y normalmente se produce por medio de reacciones químicas de acuerdo con procedimientos conocidos, tales como los conocidos como VAD, OVD, PCVD o MCVD. Generalmente, la guía de ondas ópticas está protegida por un revestimiento externo, típicamente de material polimérico. Este revestimiento protector puede comprender una primera capa de revestimiento ubicada directamente sobre la superficie de vidrio, también conocida como "revestimiento primario" y una segunda capa de revestimiento, también conocida como "revestimiento secundario", dispuesta para rodear dicha primera capa de revestimiento.

- 20 Estos revestimientos poliméricos se pueden obtener a partir de composiciones que comprenden oligómeros y monómeros que generalmente están reticulados por medio de irradiación UV en presencia de un foto-iniciador apropiado. Los dos revestimientos descritos anteriormente difieren, entre otras, en las propiedades mecánicas de los respectivos materiales.

- 25 El material que forma el revestimiento principal es un material relativamente blando, con un módulo de elasticidad relativamente bajo a temperatura ambiente (típicamente de 1 MPa a 2 MPa), con el fin de amortiguar el núcleo de vidrio para evitar el fenómeno de micro-plegado, lo cual atenúa la señal óptica y reduce la capacidad de transmisión de señal de la fibra de vidrio.

- 30 El material que forma el revestimiento secundario es relativamente más duro, tiene valores de módulo de elasticidad más elevados a temperatura ambiente (típicamente de 500 MPa a 2000 MPa), para conferir buena resistencia mecánica de la fibra óptica a la tensión externa durante las condiciones de instalación y trabajo.

- 35 El documento US 5.214.734 describe fibras ópticas que incluyen camisas poliméricas para protección ambiental y protección frente a la manipulación. Mediante la adición de partículas de un material apropiado al material de camisa polimérico de una fibra óptica, resulta posible, al menos en cierto modo, proteger la fibra de la pérdida de resistencia que está relacionada con la exposición de la fibra a la humedad. Al menos una capa principal y/o secundaria se rellena con material particulado, por ejemplo, sílice pirógena. La capa rellena con sílice puede ser la única capa de la camisa, y así es como se prefiere actualmente, o, como alternativa, puede ser cualquier capa o capas de una camisa de multi-capa. Aproximadamente un 0,5 - 1 % en peso de sílice es suficiente para proporcionar un aumento a la aparición de la fatiga acelerada cuando se añade al material prepolimérico a modo de ejemplo.

- 40 El documento US 5.558.937 divulga una composición de tiol-eno apta para curado, especialmente adaptada para su uso como revestimiento principal sobre fibras ópticas, que comprende un politiol y un compuesto que tiene una pluralidad de grupos norborneno sobre el mismo, caracterizada por que cualquier compuesto que tenga una pluralidad de grupos norborneno o el poliol tiene una cadena principal de poli(óxido de tetrametileno) o es un oligómero del mismo, y el poli(óxido de tetrametileno) tiene un peso molecular de entre 250 y 5.000. Las formulaciones se pueden curar usando lámparas UV de baja intensidad. Se informa de que los productos curados tienen excelente flexibilidad a baja temperatura, buena resistencia a la absorción de humedad y agua y buena estabilidad oxidativa térmica.

- 45 No se proporciona indicación alguna sobre el comportamiento de la fibra óptica en un entorno caliente y húmedo. No se proporciona indicación alguna sobre la composición de revestimiento secundario (externo).

- 50 El documento US 4.525.026 divulga una fibra óptica que tiene un revestimiento individual o doble, en el que la fibra de transmisión de luz está rodeada por una o más capas protectoras que contienen partículas finamente divididas. Típicamente, estas partículas son de un metal u óxido metálico que ajusta el constituyente metálico o de óxido metálico a las partes externas de la propia fibra óptica y están típicamente suspendidas en la capa amortiguadora, polimérica que rodea directamente a la fibra óptica. En una realización particular, se coloca un material protector (aluminio metálico, óxido de estaño y óxido de titanio) entre el recubrimiento y el material amortiguador con el fin de saturar o neutralizar los fluidos ambientales antes de que alcancen la fibra.

55

La presencia de un capa de material protector implica una etapa de fabricación adicional y costes adicionales, también debido a la necesidad de disponer de un óxido con un elevado grado de pureza.

Sumario de la invención

5 El solicitante ha apreciado que las soluciones técnicas anteriores son capaces de proteger la fibra óptica frente a la tensión de plegado hasta 3 GPa con un tiempo de vida de unas pocas horas, sin evidencia alguna de mejora con el tiempo de la resistencia a la corrosión por fatiga y tensión, especialmente con radios de plegado pequeños, en particular en condiciones de calor y humedad.

10 En particular, el solicitante sometió a ensayo fibras ópticas que tenían un segundo revestimiento (secundario) que contenía una cantidad diversa de sílice y encontraron que la mejora del comportamiento de fibra óptica en las condiciones desafiantes anteriormente mencionadas resultó insatisfactoria.

El solicitante se ha centrado en el primer material de revestimiento (principal), sometiendo a ensayo fibras ópticas con diferentes materiales en las citados condiciones, pero los resultados también fueron insatisfactorios.

15 Sorprendentemente, el solicitante ha encontrado que una combinación específica de una primera revestimiento que tenía una composición peculiar y un segundo revestimiento que comprende una cantidad predeterminada de sílice proporcionaron a la fibra óptica la resistencia buscada en condiciones de calor y humedad, incluso cuando se somete a un bajo radio de plegado (resistencia a la fatiga).

20 De acuerdo con un primer aspecto, la presente invención hace referencia a una fibra óptica que comprende una guía de ondas ópticas, una primera capa de revestimiento dispuesta para rodear la guía de ondas óptica y una segunda capa de revestimiento para rodear dicha primera capa de revestimiento, en la que, dicha primera capa de revestimiento está basada en un material polimérico curado obtenido por medio de curado de la composición apta para curado que comprende al menos un monómero de (met)acrilato esterificado con al menos un alcohol ramificado que tiene de 9 a 12 átomos de carbono, y dicha segunda capa de revestimiento está formada por un material polimérico curado obtenido por medio de curado de la composición de (met)acrilato apta para curado que comprende de un 0,8 % a un 1,5 % en peso de sílice, basado en el peso total de la composición.

El solicitante ha encontrado que la fibra óptica de revestimiento doble de la presente invención tiene buena resistencia a tensiones mecánicas y al envejecimiento.

30 En particular, el solicitante ha encontrado que la fibra óptica de revestimiento doble de acuerdo con la presente invención tiene buena resistencia a la fatiga, incluso en condiciones ambientales de elevada temperatura y elevada humedad relativa.

Ventajosamente, el solicitante ha encontrado que la fibra óptica de revestimiento doble de acuerdo con la presente invención tiene un número reducido de fisuras y/o fallos cuando se enrolla con un radio de plegado altamente reducido (hasta 2 mm).

35 Además, el solicitante ha encontrado que la fibra óptica de revestimiento doble de acuerdo con la presente invención tiene una tiempo de vida promedio elevado también en condiciones ambientales de temperatura y humedad relativa elevadas.

Además, el solicitante ha encontrado que la fibra óptica de revestimiento doble de acuerdo con la presente invención muestra una mejora con el tiempo de la resistencia a la fatiga estática (susceptible de corrosión por tensión medida por medio de ensayo en mandril estático, como se muestra a continuación).

40 Para la finalidad de la presente descripción y las reivindicaciones adjuntas, excepto cuando se indique lo contrario, todos los números que expresan cantidades, porcentajes o similares, deben comprenderse como que está modificaos en todos los casos por el término "aproximadamente". Asimismo, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximo y mínimo divulgados e incluyen cualesquiera intervalos intermedios entre los mismos, que pueden o no citarse específicamente en la presente memoria.

45 El cable óptico de la presente invención, gracias a la resistencia a las condiciones ambientalmente desafiantes, tales como plegado prolongado a temperatura y/o humedad elevadas, se utiliza ventajosamente en aplicaciones de fibra-para-premisa (FTTX) que, con frecuencia, requieren baja pérdida por plegado de las señales ópticas transmitidas a través de las fibras, también bajo estrictas restricciones de instalación que pueden imponer radios de plegado estrechos, por ejemplo, debido a esquinas de edificios más agudas o a la compresión de las fibras ópticas, y donde el calor y/o humedad pueden afectar fácilmente a los cables de fibra óptica ubicados, por ejemplo, en paredes finas o en las proximidades de cables eléctricos o de canalizaciones de agua.

55 Las fibras ópticas del cable de la invención pueden comprender fibras ópticas provistas de una capa coloreada con fines de distinción. La capa coloreada puede ser una capa de tinta, que tiene un espesor típicamente de entre aproximadamente 2 µm y aproximadamente 10 µm, provisto en la posición radialmente externa con respecto a la segunda capa de revestimiento. Como alternativa, se puede añadir un agente de coloreado al segundo material de

revestimiento sin alterar las características del mismo.

Breve descripción de los dibujos

La Figura 1 muestra una corte transversal esquemático de una fibra óptica de acuerdo con la invención;

5 La Figura 2 muestra una realización ilustrativa de una torre de extracción para la extracción de fibra óptica de acuerdo con la invención.

Descripción de las realizaciones preferidas

10 Como se muestra en la Figura 1, una fibra óptica de acuerdo con la invención comprende una guía **101** de ondas ópticas, una primera capa **102** de revestimiento polimérica, también mostrada como revestimiento principal, dispuesta para rodear dicha guía de ondas ópticas y una segunda **103** capa de revestimiento polimérica, también conocida como revestimiento secundario, dispuesta para rodear dicha primera capa polimérica.

Como se ha mencionado anteriormente, una fibra óptica de acuerdo con la presente invención comprende una primera capa (revestimiento principal) formada por un material polimérico curado obtenido por medio de curado de una composición apta para curado por radiación que comprende al menos un (met)acrilato esterificado con al menos un alcohol ramificado que tiene de 9 a 12 átomos de carbono.

15 Las composiciones aptas para curado por radiación apropiadas para la formación de una composición apta para curado por radiación a usar como revestimiento principal en una fibra óptica de acuerdo con la invención contienen uno o más monómeros u oligómeros aptos para curado por radiación (diluyentes reactivos) que tienen al menos un grupo funcional capaz de polimerización cuando se expone a radiación actínica. Comúnmente, la funcionalidad apta para curado por radiación usada es una insaturación etilénica, que se puede polimerizar preferentemente por medio de polimerización por radicales. Preferentemente, al menos aproximadamente un 80 % en moles, más preferentemente, al menos un 90 % en moles y lo más preferentemente sustancialmente todos los grupos funcionales aptos para curado por radiación presentes en el oligómero son acrilato o metacrilato.

Por razones de simplicidad, el término "(met)acrilato" tal y como se usa en toda la presente solicitud abarca la funcionalidad tanto acrilato como metacrilato.

25 La composición apta para curado por radiación para obtener la primera capa de revestimiento de la fibra óptica de la presente invención preferentemente comprende (i) al menos un monómero de (met)acrilato esterificado con al menos un alcohol ramificado que tiene de 9 a 12 átomos de carbono, y (ii) un oligómero de (met)acrilato de uretano apto para curado por radiación, que preferentemente comprende una cadena principal derivada de un polialquilen glicol y un poli(poliol de éster) basado en ácido dímero.

30 El monómero de (met)acrilato (i) puede ser mono- y/o multifuncional, es decir, puede tener uno o más grupos funcionales de (met)acrilato capaces de copolimerizar cuando se exponen a radiación actínica con los otros componentes de la composición apta para curado por radiación. Preferentemente, una pluralidad de monómeros de (met)acrilato (i) está presente en la composición de la primera capa de revestimiento.

35 El alcohol ramificado que tiene de 9 a 12 átomos de carbono puede ser alifático, alicíclico o aromático, preferentemente alifático. Preferentemente, dicho alcohol tiene de 10 a 11 átomos de carbono. Preferentemente, dicho alcohol tiene ramificación de al menos dos restos metílicos procedentes de la cadena carbonada. Preferentemente, dicho alcohol tiene una estructura isomérica.

40 Los ejemplos útiles de (met)acrilato monofuncional útil en la presente invención son (met)acrilato de nonilo, (met)acrilato de decilo, (met)acrilato de undecilo, (met)acrilato de dodecilo, (met)acrilato de isodecilo, (met)acrilato de isobornilo, (met)acrilato de bornilo, (met)acrilato de ciclohexilbutilo, (met)acrilato de ciclohexilpentilo, (met)acrilato de ciclohexilhexilo, (met)acrilato de 2-hidroxidecilo, (met)acrilato de dimetiloctilo, (met)acrilato de trimetiloctilo, (met)acrilato de 2,6-dimetilheptan-4-ilo, (met)acrilato de 3,5,5-trimetilhexan-1-ilo, (met)acrilato de 6,8-dimetilnona-2-ilo, (met)acrilato de 5,7,7-trimetiloctan-1-ilo, (met)acrilato de 2,4,4-trimetilheptan-3-ilo, (met)acrilato de arilbutilo, (met)acrilato de arilpentilo, (met)acrilato de arilhexilo y similares.

45 La composición de revestimiento principal apta para curado por radiación comprende de aproximadamente un 1 a aproximadamente un 80 % en peso de al menos un monómero de (met)acrilato esterificado con al menos un alcohol ramificado que tiene de 9 a 12 átomos de carbono. Las cantidades preferidas del monómero de (met)acrilato incluyen de aproximadamente un 10 a aproximadamente un 60 % en peso, más preferentemente de aproximadamente un 20 a aproximadamente un 55 % en peso, incluso más preferentemente varía de un 25 a un 40 % en peso, basado en el peso total de la composición de revestimiento.

El oligómero (ii) se puede preparar de acuerdo con procedimientos bien conocidos en la técnica. Preferentemente, el oligómero de (met)acrilato de uretano se puede preparar haciendo reaccionar

(A1) el polialquilen glicol, y

(A2) el poli(poliol de éster) basado en ácido dímero,

55 (B) un poliisocianato, y

(C) un (met)acrilato que contiene un grupo hidroxilo.

Ejemplos del procedimiento de fabricación del acrilato de uretano haciendo reaccionar estos compuestos son

- 5 (i) reacción de (A1) y (A2), (B) y (C) de manera conjunta; o
 (ii) reacción de (A1) y (A2) y (B), y reacción del producto resultante con (C); o
 (iii) reacción de (B) y (C) y reacción del producto resultante con (A1) y (A2); o
 (iv) reacción de (B) y (C), reacción del producto resultante con (A1) y (A2) y reacción de (C) una vez más.

10 Polialquilen glicol (A1) - tal y como se usa en la presente memoria - hace referencia a un polialquilen glicol que comprende una composición que tiene una pluralidad de restos de polialquilen glicol. Preferentemente, dicho polialquilen glicol tiene un peso molecular promedio expresado en número que varía de 500 a 15.000, más preferentemente que varía de 1.000 a 8.000, incluso más preferentemente de 1.500 a 6.000, y lo más preferido de 2.000 a 4.500. De acuerdo con una realización preferente, la cantidad de insaturación (referida como meq/g de insaturación para la composición total) de dicho polialquilen glicol es menor que 0,01 meq/g, más preferentemente de 0,0001 a 0,009 meq/g.

15 El polialquilen glicol incluyen 1,2-polipropilen glicol, 1,3-polipropilen glicol, 1,4-politetrametilen glicol, 2-metil-1,4-politetrametilen glicol, 3-metil-1,4-politetrametilen glicol y mezclas de los mismos, prefiriéndose 1,4-politetrametilen glicol.

20 Los polipropilen glicoles apropiados se encuentran comercialmente disponibles con los nombres de, por ejemplo, Voranol™ P1010, P 2001 y P 3000 (suministrado por Dow), Lupranol® 1000 y 1100 (suministrado por Elastogran), ACCLAIM® 2200, 3201, 4200, 6300, 8200 y Desmophen® 1111 BD, 1112 BD, 2061 BD, 2062 BD (todos fabricados por Bayer) y similares.

Los politetrametilen glicoles apropiados se encuentran comercialmente disponibles con los nombres de, por ejemplo, Polymeg® 1000, 1020, 2000 y 2010 (suministrado por LyondellBasell), Teracol™ 1000 y 2000 (suministrado por DuPont), Terathane® 1000 y 2900 (suministrado por Invista) y similares. Los compuestos de uretano se pueden formar por medio de cualquier técnica de reacción apropiada para dicha finalidad.

25 Poli(poliol de éster) basado en ácido dímero (A2) - tal como se usa en la presente memoria - hace referencia a un poli(poliol de éster) con terminación de hidroxilo que se ha preparado por medio de polimerización de un componente ácido y un componente de hidroxilo y que tiene residuos de ácido dímero en su estructura, en el que dichos residuos de ácido dímero son residuos procedentes del uso de un ácido dímero como al menos parte del componente ácido y/o mediante el uso del derivado de diol de un ácido dímero como al menos parte del componente de hidroxilo.

30 Los ácidos dímeros (y los ésteres de los mismos) son una clase disponible comercialmente conocida de ácidos dicarboxílicos (o ésteres). Normalmente, se preparan por medio de dimerización de ácidos monocarboxílicos alifáticos de cadena larga insaturados, normalmente de 13 a 22 átomos de carbono, o sus ésteres (por ejemplo, ésteres alquílicos). Se piensa por parte de los expertos en la técnica que la dimerización transcurre por medio de mecanismos posibles que incluyen Diels-Alder, radicales libres y mecanismos de ion carbonio. El material de ácido dímero normalmente contiene de 26 a 44 átomos de carbono. En particular, los ejemplos incluyen ácidos dímeros (o ésteres) procedentes de ácidos monocarboxílicos insaturados C-18 y C-22 (o ésteres) que dan lugar, respectivamente, a ácidos dímeros C-36 y C-44 (o ésteres). Los ácidos dímeros procedentes de ácidos insaturados C-18, que incluyen ácidos tales como linoleico y linoléico se conocen particularmente bien (dan lugar a ácidos dímeros C-36).

45 Normalmente, los productos ácidos dímeros también contienen una proporción de ácidos trímeros (por ejemplo, ácidos C-54 cuando se usan ácidos de partida C-18), posiblemente incluso oligómeros superiores y también cantidades pequeñas de los ácidos monoméricos. Diversas calidades diferentes de ácidos dímeros se encuentran disponibles a partir de fuentes comerciales y estas difieren unas de otras principalmente en la cantidad de fracciones de ácido trímero y monobásico y el grado de insaturación.

50 Normalmente, los productos de ácido dímero (o éster) son, como han formado inicialmente, insaturados. Posiblemente dicha insaturación podría ser negativa para su estabilidad oxidativa proporcionando sitios para la reticulación o degradación, y así dar como resultado cambios de las propiedades físicas de las películas de revestimiento con el tiempo. Por tanto, es preferible (aunque no esencial) usar los productos de ácido dímero que se hayan hidrogenado para retirar una proporción sustancial de los dobles enlaces que no han reaccionado.

En la presente memoria, la expresión "ácido dímero" se usa para indicar colectivamente tanto el propio material de diácido como los derivados formadores de éster del mismo (tal como ésteres alquílicos inferiores) que podrían actuar como componente de ácido en la síntesis de poliéster e incluye (si está presente) cualquier trímero o monómero.

55 Preferentemente, el poli(poliol de éster) basado en ácido dímero tiene de medida un peso molecular promedio expresado en número que varía de 1.000 a 13.000, más preferentemente que varía de 1.500 a 8.000, incluso más preferentemente de 2.000 a 6.000 y lo más preferido de 2.500 a 4.000.

Los ejemplos de estos poli(poliol de éster) basados en ácido dímero ser proporcionan en el documento EP 0 539 030. Como productos disponibles comercialmente, se pueden proporcionar Priplast™ 3190, 3191, 3192, 3195, 3196, 3197, 3198, 1838, 2033 (fabricados por Uniqema) y similares.

5 La relación de polialquilen glicol con respecto a poli(poliol de éster) basado en ácido dímero en el oligómero puede variar de 1:5 a 5:1, preferentemente de 1:4 a 4:1, y más preferentemente de 1:2 a 2:1, incluso más preferentemente, el polialquilen glicol y el poli(poliol de éster) de ácido dímero están presentes en una relación equimolar.

10 Ejemplos del poliisocianato (B) son diisocianato de 2,4-tolileno, diisocianato de 2,6-tolileno, diisocianato de 1,3-xilileno, diisocianato de 1,4-xilileno, diisocianato de 1,5-naftaleno, diisocianato de m-fenileno, diisocianato de p-fenileno, diisocianato de 3,3'-dimetil-4,4'-difenilmetano, diisocianato de 4,4'-difenilmetano, diisocianato de 3,3'-dimetilfenileno, diisocianato de 4,4'-bifenileno, diisocianato de 1,6-hexano, diisocianato de iso-forona, metilbis(4-ciclohexilisocianato), diisocianato de 2,2,4-trimetilhexametileno, bis(2-isocianatoetil)fumarato, diisocianato de 6-isopropil-1,3-fenilo, diisocianato de 4-difenilpropano, diisocianato de difenilmetano hidrogenado, diisocianato de xilileno hidrogenado, diisocianato de tetrametil xilileno, isocianato de lisina y similares. Estos compuestos de poliisocianato se pueden usar bien individualmente o en combinaciones de dos o más. Los isocianatos preferidos son diisocianato de tolileno, di-isocianato de isoforona y metilen-bis(4-ciclohexilisocianato). Los más preferidos con compuestos de poliisocianato de base completamente alifática, tales como diisocianato de isoforona.

15 Los ejemplos de (met)acrilato (C) que contiene grupo hidroxilo incluyen, (met)acrilatos procedentes de ácido (met)acrílico y (met)acrilatos y epoxi que comprenden óxidos de alquileno, más en particular, 2-hidroxi-etil(met)acrilato, 2-hidroxi-propil-acrilato y 2-hidroxi-3-oxifenil(met)acrilato. Los grupos funcionales de acrilato se prefieren con respecto a los metacrilatos.

20 La relación de glicol (A1), el poliol (A2) y el poliisocianato (B), y el metacrilato (C) que contiene el grupo hidroxilo usada para la preparación del (met)acrilato de uretano viene determinada de manera que se usen de 1,1 a 3 equivalentes de un grupo isocianato incluidos en el poliisocianato (B) y se usan de 0,1 a 1,5 equivalentes de un grupo hidroxilo incluido en el (met)acrilato que contiene grupo hidroxilo (C) por cada un equivalente del grupo hidroxilo incluido en el glicol (A1) y el poliol (A2).

25 El peso molecular promedio expresado en número del oligómero de (met)acrilato de uretano usado en la composición de la presente invención está preferentemente dentro del intervalo de 1200 a 20.000, y más preferentemente de 2.200 a 10.000. Si el peso molecular promedio expresado en número del (met)acrilato de uretano es menor que 1200, la composición de resina tiende a solidificar; por otra parte, si el peso molecular promedio expresado en número es mayor que 20.000, la viscosidad de la composición se vuelve elevada, dificultando la manipulación de la composición.

30 Preferentemente, el oligómero de (met)acrilato de uretano se usa en una cantidad de un 10 a un 90 % en peso, más preferentemente de un 20 a un 80 % en peso, incluso más preferentemente de un 30 a un 70 % en peso, y lo más preferentemente de un 40 a un 70 % en peso, de la cantidad total de la composición de resina. Cuando se usa la composición de resina como material de revestimiento para fibras ópticas, el intervalo de un 20 a un 80 % es particularmente preferido para garantizar una excelente aptitud de formación de revestimiento, así como una flexibilidad superior y fiabilidad a largo plazo del revestimiento curado.

35 Una composición líquida de resina apta para curado apropiada para aplicación como capa de revestimiento principal sobre una fibra óptica de acuerdo con la presente invención se puede curar por radiación. En este caso, la radiación incluye radiación infrarroja, rayos visibles, radiación ultravioleta, rayos-X, haces de electrones, rayos- α , rayos- β , rayos- γ y similares. Se prefieren radiación visible y UV.

40 La composición líquida de resina apta para curado apropiada para aplicación como capa de revestimiento principal sobre una fibra óptica de acuerdo con la presente invención comprende preferentemente un iniciador de foto-polimerización. Además, se puede añadir un agente de foto-sensibilización según se requiera. Ejemplos de iniciador de foto-polimerización son 1-hidroxiciclohexilfenil cetona, 2,2-dimetoxi-2-fenilaceto-fenona, xantona, fluorenona, benzaldehído, fluoreno, antraquinona, trifenilamina, carbazol, 3-metilaceto-fenona, 4-clorobenzofenona, 4,4'-diaminometoxibenzofenona, 4,4'-diaminobenzofenona, cetona de Michler, éter benzoína propílico, éter benzoína etílico, bencil metil cetal, 1-(4-isopropil-fenil)-2-hidroxi-2-metilpropan-1-ona, 2-hidroxi-2-metil-1-fenilpropan-1-ona, tioxanetona, dietiltioxanetona, 2-isopropiltioxanetona, 2-clorotioxanetona, 2-metil-1-[4-(metiltio)fenil]-2-morfolino-propan-1-ona, óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina, óxido de bis-(2,6-dimetoxi-benzoil)-2,4,4-trimetilpentilfosfina, óxido de bis-(2,4,6-trimetilbenzol)-fenil-fosfina y similares.

45 Los ejemplos de productos comercialmente disponibles del iniciador de foto-polimerización incluyen Irgacure® 184, 369, 651, 500, 907, CGI1700, 1750, 1850, 819, Darocur® 116, 1173 (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Co., Ltd.), Lucirin® LR8728 (fabricado por BASF), Ebecryl® P36 (fabricado por UCB) y similares.

50 La cantidad de iniciador de polimerización usado puede variar de un 0,1 a un 10 % en peso, y preferentemente de un 0,5 a un 7 % en peso, de la cantidad total de los componentes para la composición de resina.

Además de los componentes anteriormente mencionados, se pueden usar diversos aditivos tales como

- antioxidantes, absorbentes de UV, estabilizadores de luz, agentes de acoplamiento de silano, mejoradores de superficie de revestimiento, Inhibidores de polimerización térmica, agentes niveladores, tensioactivos, colorantes, conservantes, plastificantes, lubricantes, disolventes, cargas, conservantes de envejecimiento, y mejoradores de humectabilidad, en la composición de resina líquida apta para curado de la presente invención, según se requiera.
- 5 Ejemplos de antioxidantes incluyen Irganox® 1010, 1035, 1076, 1222 (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Co., Ltd.), Antigene P, 3C, FR, Sumilizer GA-80 (fabricado por Sumitomo Chemical Industries Co., Ltd.) y similares; ejemplos de absorbedores UV incluyen Tinuvin® P, 234, 320, 326, 327, 328, 329, 213 (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Co., Ltd.), Seesorb® 102, 103, 110, 501, 202, 712, 704 (fabricado por Sypro Chemical Co., Ltd.) y similares; ejemplos de estabilizadores de luz incluyen Tinuvin® 292, 144, 622LD (fabricado por Ciba Specialty Chemicals Co., Ltd.), Sanol® LS770 (fabricado por Sankyo Co., Ltd.), Sumisorb TM-061 (fabricado por Sumitomo Chemical Industries Co., Ltd.) y similares; ejemplos de agentes de acoplamiento de silano incluyen aminopropiltriethoxisilano, mercaptopropiltrimetoxisilano, y metacriloxipropiltri-metoxisilano, y productos comercialmente disponibles tales como SH6062, SH6030 (fabricado por Toray-Dow Corning Silicone Co., Ltd.) y KBE903, KBE603, KBE403 (fabricado por Shin-Etsu Chemical Co., Ltd.).
- 10
- 15 Las composiciones de revestimiento principales apropiadas para aplicación como capa de revestimiento principal sobre una fibra óptica de acuerdo con la presente invención, cuando se curan, típicamente tienen un estiramiento mayor que un 80 %, más preferentemente de al menos un 110 %, más preferentemente al menos un 150 % pero no típicamente mayor que un 400 %.
- Las composiciones apropiadas para aplicación como capa de revestimiento principal sobre una fibra óptica de acuerdo con la presente invención preferentemente tienen una velocidad de curado de 1,0 J/cm² (a un 95 % de módulo máximo obtenible) o menos, más preferentemente aproximadamente 0,7 J/cm² o menos, y más preferentemente, aproximadamente 0,5 J/cm² o menos, y lo más preferentemente, aproximadamente 0,4 J/cm² o menos.
- 20
- Una formulación típica a modo de ejemplo de un sistema apto para reticulación para revestimiento principales de acuerdo con la presente invención comprende de un 20 a un 40 % en peso de monómeros de (met)acrilato esterificados con alcoholes ramificados que tienen de 9 a 12 átomos de carbono, de un 40 a un 70 % en peso de oligómero de (met)acrilato de uretano, de un 1 a un 5 % en peso de un fotoiniciador y de un 0,5 a un 5 % en peso de otros aditivos, basado en el peso total de la composición.
- 25
- Típicamente, el material polimérico que forma el revestimiento principal tiene un módulo E' a 25 °C de aproximadamente 0,5 MPa a aproximadamente 4 MPa.
- 30
- El espesor del revestimiento principal típicamente varía de aproximadamente 25 µm a aproximadamente 35 µm. Como alternativa, cuando se desea una fibra que tiene una parte de vidrio de espesor de 125 µm (es decir, similar a una de las fibras convencionales), revestida por medio de revestimiento que tiene espesor global reducido, por ejemplo, para una diámetro externo total menor o igual que 210 µm, el espesor de la capa de revestimiento principal puede ser de aproximadamente 18 µm a 28 µm, preferentemente de 22-23 µm.
- 35
- Una fibra óptica de acuerdo con la invención comprende una segunda capa de material polimérico (revestimiento secundario) que se dispone para rodear dicha primera capa (revestimiento principal). Preferentemente, el material polimérico de dicho revestimiento secundario también se basa en una composición apta para curado por radiación. El revestimiento principal descrito anteriormente se cura posteriormente a su vez con un revestimiento secundario, de un tipo conocido en la técnica, compatible con la formulación de revestimiento principal.
- 40
- De acuerdo con la invención, la composición apta para curado por radiación para dicho revestimiento secundario comprende de un 0,8 % a un 1,5 %, preferentemente de un 1,0 % a un 1,4 %, en peso de sílice, basado en el peso total de la composición.
- Se puede usar cualquier sílice conocida en la técnica de acuerdo con la invención, tal como, por ejemplo, sílice sintética, sílice amorfa, gel de sílice, aerogel de sílice, sílice precipitada, sílice pirógena o sílice coloidal, y mezcla de las mismas. Se prefiere sílice coloidal.
- 45
- Típicamente, un revestimiento secundario de base acrílica comprende al menos un oligómero con grupos terminales de acrilato y metacrilato, al menos un monómero acrílico y al menos un fotoiniciador.
- El oligómero representa generalmente un 40-80 % en peso de la formulación. El oligómero es comúnmente un poli(acrilato de uretano).
- 50
- El poli(acrilato de uretano) se prepara por medio de reacción entre una estructura de polioliol, un poliisocianato y un monómero que porta la función acrílica.
- El peso molecular de la estructura de polioliol está indicativamente entre 500 y 6000 dalton; puede ser completamente de hidrocarburo, poliéter, poliéster, polisiloxano o de tipo fluorado, o puede ser una combinación de los mismos. Se prefieren el hidrocarburo y la estructura de poliéter y sus combinaciones. Una estructura representativa de un poli(polioliol de éter) puede ser, por ejemplo, poli(óxido de tetrametileno), poli(óxido de metiltetrametileno), poli(óxido
- 55

de metileno), poli(óxido de propileno), poli(óxido de butileno), sus isómeros y sus mezclas. Estructuras representativas de un poliol de hidrocarburo son polibutadieno y poliisobutileno, completa o parcialmente hidrogenados y funcionalizados con grupos hidroxilo.

5 El poliisocianato puede ser de tipo aromático o alifático, tal como, por ejemplo, un poliisocianato (B) como se ha descrito con anterioridad.

El monómero que porta la función acrílica comprende grupos capaces de reaccionar con el grupo isocianico. Dicho monómero puede estar seleccionado, por ejemplo, entre (met)acrilatos (C) que contienen un grupo hidroxilo como se ha ilustrado con anterioridad.

10 El epoxiacrilato se prepara haciendo reaccionar el ácido acrílico con un glicidiléter de un alcohol, típicamente bisfenol A o bisfenol F.

15 El monómero acrílico representa un 20-50 % de la formulación en peso, siendo su principal finalidad provocar que la formulación logre una viscosidad de aproximadamente 5 Pas a la temperatura de aplicación del revestimiento secundario. El monómero acrílico tiene una estructura compatible con la del oligómero. El monómero acrílico puede contener una estructura alquílica, tal como isobornilacrilato, hexanodiacrilato, dicitropentadieneacrilato, trimetilopropanoacrilato o aromática tal como nonilfeniléteracrilato, polietilenglicol-feniléteracrilato y derivados acrílicos de bisfenol A.

Preferentemente, se añade un fotoiniciador, tal como los ilustrados previamente a la composición. También se pueden añadir aditivos adicionales, tales como inhibidores que inhiben la polimerización por medio del efecto de la temperatura, estabilizadores de luz, agentes de nivelación y promotores de desligado.

20 Una formulación a modo de ejemplo de un sistema apto para reticulación para revestimientos secundarios comprende de un 40 a un 70 % en peso de poliuretanoacrilato, epoxiacrilato o sus mezclas, de un 30 a un 50% en peso de monómero de diluyente, de un 1 a un 5 % en peso de un fotoiniciador y de un 0,5 a un 5 % en peso de otros aditivos, basado en el peso total de la composición.

25 Las fibras obtenidas de este modo se pueden usar bien como tal dentro de cables ópticos, o se pueden combinar, por ejemplo en forma de tira, mediante incorporación en un revestimiento polimérico común, de un tipo conocido en la técnica (tal como Cablelite® 3287-9-53, DSM), para su uso posterior en la formación de un cable óptico.

30 Típicamente, el material polimérico que forma el revestimiento secundario tiene un módulo E' a 25 °C de aproximadamente 1000 MPa a aproximadamente 2000 MPa y una temperatura de transición vítrea (medida como se ha definido anteriormente) mayor de aproximadamente 30 °C, preferentemente mayor de 40 °C y más preferentemente mayor de aproximadamente 50 °C.

35 El espesor del revestimiento secundario típicamente varía de aproximadamente 10 µm a aproximadamente 30 µm. Como alternativa, cuando se desea una fibra que tiene una parte de vidrio de espesor de 125 µm (es decir, similar a una de las fibras convencionales), revestida por medio de revestimiento que tiene espesor global reducido, por ejemplo, para una diámetro externo total menor o igual que 210 µm, si se desea, el espesor del revestimiento secundario es de 10 µm a 20 µm, preferentemente de 15 µm.

Se puede producir una fibra óptica de acuerdo con la presente invención partiendo de una preforma de vidrio de acuerdo con las técnicas de trefilado normales, usando, por ejemplo, un sistema tal como el que se ilustra esquemáticamente en la Figura 2.

40 El presente sistema, comúnmente conocido como "torre de trefilado", típicamente comprende un horno (302) dentro del cual se coloca una preforma óptica de fibra objeto de trefilado. La parte inferior de dicha preforma se calienta hasta el punto de reblandecimiento y se somete a trefilado para dar lugar a una fibra óptica (301). Posteriormente, se enfría la fibra, preferentemente a una temperatura de al menos 60 °C, preferentemente en un tubo de enfriamiento (303) apropiado del tipo descrito, por ejemplo, en la solicitud de patente WO 99/26891, y se hace pasar a través de un dispositivo (304) de medición de diámetro. El presente dispositivo está conectado por medio de un microprocesador (313) a una polea (310) que regula la velocidad de giro; en caso de cualquier variación del diámetro de la fibra, el microprocesador (313) actúa para regular la velocidad de rotación de la polea (310), para mantener constante el diámetro de la fibra óptica. Después, la fibra pasa a través de un aplicador (305) de revestimiento principal que contiene la composición de revestimiento en forma líquida, y está cubierto con la presente composición hasta un espesor de, por ejemplo, 25 µm-35 µm. Posteriormente, se hace pasar la fibra a través de un horno UV (o una serie de hornos) (306) en el que se cura el revestimiento principal. La fibra revestida con el revestimiento primario curado se hacen pasar posteriormente a través de un aplicador secundario (307), donde se reviste con el revestimiento secundario y posteriormente se cura en un horno UV relativo (o serie de hornos) (308). Como alternativa, la aplicación del revestimiento secundario se puede llevar a cabo directamente sobre el revestimiento primario antes de curar éste último, de acuerdo con la técnica de "húmedo-sobre-húmedo". En este caso, se usa un aplicador individual, que permite la aplicación secuencial de las dos capas de revestimiento, por ejemplo, del tipo descrito en la patente de Estados Unidos 4 474 830. De este modo, la fibra revestida se cura posteriormente usando uno o más hornos UV similares a los usados para curar los revestimientos individuales.

Tras el revestimiento y el curado, opcionalmente la fibra se puede hacer pasar a través de un dispositivo capaz de proporcionar una torsión predeterminada a esta fibra, por ejemplo del tipo descrito en el documento WO 07/073754, con la finalidad de reducir el valor de PMD ("Dispersión en Modo de Polarización") de la presente fibra. La polea (310) colocada aguas abajo de los dispositivos ilustrados previamente controla la velocidad de giro de la fibra. Tras esta polea de trefilado, la fibra pasa a través de un dispositivo (311) capaz de controlar la tensión de la fibra, del tipo descrito, por ejemplo, en el documento EP 1 112 979, y finalmente se recoge sobre un riel (312).

Una fibra óptica producida de este modo se puede usar en la producción de cables ópticos. Dentro de dichos cables, la fibra se puede usar bien como tal o en forma de tiras que comprenden varias fibras combinadas juntas por medio de un revestimiento común.

10 **Ejemplos**

La presente invención se explica a continuación con más detalle a modo de ejemplos, que no se pretende que limiten la presente invención.

Preparación de las fibras ópticas

Se fabricaron fibras ópticas revestidas dobles de acuerdo con técnicas convencionales de trefilado, aplicando una primera composición de revestimiento (principal) sobre la fibra óptica trefilada, curando dicha composición de revestimiento y posteriormente aplicando la segunda capa de revestimiento y curándola. Se somete la fibra a trefilado a una velocidad de aproximadamente 20 m/s y el grado de curado de las capas de revestimiento es de al menos un 90 %. El grado de curado viene determinado por medio de la técnica MICRO-FTIR, determinando el porcentaje de insaturaciones de acrilato que han reaccionado en la resina reticulada final con respecto a la composición inicial apta para foto-curado.

La adición de partículas de sílice a la segunda composición de revestimiento se llevó a cabo por medio de un baño de ultrasonidos a 60 °C durante 24 horas. Se dejó la mezcla en reposo durante 12 horas con el fin de eliminar las burbujas.

TABLA 1

Fibra	Revestimiento Principal	Revestimiento Secundario	Sílice (% en peso)
F1*	DeSolite® 3471-1-152A	DeSolite® 3471-2-136	0
F2	DeSolite® 3471-1-152A	DeSolite® 3471-2-136	1
F3*	DeSolite® 6D1-78	DeSolite® 3471-2-136	0

25 Los grupos de fibra marcados con asterisco son comparativos.

DeSolite® 3471-1-152A: producto comercialmente disponibles (comercializado por DSM Desotech), que comprende aproximadamente un 60 % en peso de oligómero de acrilato de uretano que tiene una cadena principal de polioxitetrametilen glicol, aproximadamente un 25-30 % en peso de acrilatos de alcoholes ramificados C₁₀-C₁₁, aproximadamente un 10 % en peso de derivados de glicidilo, y un fotoiniciador (Irgacure® 184 y 819).

30 DeSolite® 3471-2-136: producto comercialmente disponibles (comercializado por DSM Desotech), que comprende aproximadamente un 60 % de poli(acrilato de uretano).

DeSolite® 6D1-78: producto comercialmente disponible (comercializado por DSM Desotech) que comprende aproximadamente un 56 % en peso de isocianato de uretano IDPI-PPG-IDPI (IDPMsoforondiisocianato; PPG=polipropilén glicol), aproximadamente un 16 % en peso de acrilatos de alcoholes C₁₆-C₁₈, aproximadamente un 13 % en peso de derivado de oxietilén glicidilo y un fotoiniciador (Irgacure® 184 y 819).

35 CabOSil® H5: dióxido de silicio coloidal, amorfa, sintético que tiene una longitud de partícula promedio (agregado) de 0,2-0,3 micrómetros (comercializado por Cabot Corporation).

Ensayos de fatiga estática

40 Se sometieron a ensayo las fibras ópticas de la Tabla 1 con mediciones estáticas y de fatiga a 45 °C y 85 % de humedad.

Las mediciones se han llevado a cabo de acuerdo con la siguiente memoria descriptiva: Procedimientos de medición para características mecánicas IEC 60793-1-3 sección B7E (2000): Procedimiento de medición de parámetro de fatiga estática de fibras ópticas por medio de plegado uniforme.

45 Se pretende que el presente procedimiento someta a ensayo el comportamiento de fatiga estática de las fibras por medio del uso de diferentes diámetros de plegado. Se usaron mandriles de precisión de diámetros diferentes. La longitud de fibra (1 m) objeto de ensayo se fija en ambos extremos por punzones pequeños.

La fuerza bobinado, necesaria para garantizar que la fibra toca el mandril a lo largo de su longitud completa fue de

0,25 N. Se sometieron a ensayo quince muestras a un nivel de tensión nominal concreto. Se usó detección óptica para controlar el tiempo hasta la fractura. Se sometió a ensayo un mínimo de cuatro niveles diferentes de tensión nominal. Se escogieron las tensiones nominales de manera que los tiempos medianos hasta fractura variaron de aproximadamente 1 hora a aproximadamente 30 días.

- 5 Los resultados del ensayo de fatiga estática sobre fibras ópticas revestidas dobles F1*, F2 y F3* se presentan en las Tablas 2 a 4 siguientes que presentan el tiempo medio hasta el fallo (MTTF) y el tiempo de fractura (α) a la tensión provocada por el diferente diámetro de plegado

TABLA 2

Fibra óptica F1*			
Diámetro de mandril	Tensión (GPa)	MTTF (horas)	α (horas)
2,7	3.348	1.970	2.220
2,8	3.229	4.052	4.560
2,9	3.118	6.352	7.170
3,3	2.740	228.240	257.420

TABLA 3

Fibra óptica F2			
Diámetro de mandril	Tensión (GPa)	MTTF (horas)	α (horas)
2,7	3.348	1.910	2.120
2,8	3.229	3.690	4.010
2,9	3.118	8.820	9.629
3,3	2.740	233.690	263.330

10

TABLA 4

Fibra óptica F3*			
Diámetro de mandril	Tensión (GPa)	MTTF (horas)	α (horas)
2,7	3.348	1,61	1,69
2,8	3.228	3,98	4,08
2,9	3.117	5,5	5,09
3,3	2.740	37,41	40,52

Mientras los grupos de fibras F1* y F2 parecieron tener una resistencia similar a la fatiga estática en condición de calor y humedad, el grupo de fibras F3* es notablemente más frágil en la condición de ensayo.

El parámetro de susceptibilidad a la corrosión por tensión n para cada fibra F*1 óptica revestida doble, F2 y F*3 se calculó y se presenta en la siguiente Tabla 5.

15

TABLA 5

Fibra	n
F1*	22.706
F2	25.506
F3*	15.088

El valor n calculado para la fibra óptica F3* permitió obtener un MTTF menor que 1 mes en condiciones de calor y humedad (85 % de Humedad Relativa y 45 °C) a un radio de plegado de 4 mm.

El valor n calculado para la fibra óptica F1* permitió obtener un MTTF ligeramente mayor que un año en condiciones de calor y humedad (85 % de Humedad Relativa y 45 °C) a un radio de plegado de 4 mm.

20

El valor n calculado para la fibra óptica F2 de la presente invención permitió obtener un MTTF mayor que cinco años en condiciones de calor y humedad (85 % de Humedad Relativa y 45 °C) a un radio de plegado de 4 mm.

REIVINDICACIONES

1. Fibra óptica que comprende una guía de ondas ópticas, una primera capa de revestimiento dispuesta para rodear la guía de ondas óptica y una segunda capa de revestimiento para rodear dicha primera capa de revestimiento, en la que,
- 5 dicha primera capa de revestimiento está basada en un material polimérico curado obtenido por medio de curado de una composición apta para curado por radiación que comprende al menos un monómero de (met)acrilato esterificado con al menos un alcohol ramificado que tiene de 9 a 12 átomos de carbono, y dicha segunda capa de revestimiento está formada por un material polimérico curado obtenido por medio de curado de una composición de (met)acrilato apta para curado por radiación que comprende de un 0,8 % a un 1,5 % en peso de sílice, en base al peso total de la composición.
- 10 2. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha primera capa de revestimiento está formada por un material polimérico curado obtenido por medio de curado de una composición apta para curado por radiación que comprende (i) al menos un monómero de (met)acrilato esterificado con al menos un alcohol ramificado que tiene de 9 a 12 átomos de carbono, y (ii) un oligómero de (met)acrilato de uretano apto para curado por radiación.
- 15 3. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicho alcohol ramificado está seleccionado entre el grupo que consiste en alcoholes alifáticos.
4. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicho alcohol ramificado tiene de 10 a 11 átomos de carbono.
5. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicho monómero de (met)acrilato está seleccionado entre el grupo que consiste en (met)acrilato de nonilo, (met)acrilato de decilo, (met)acrilato de undecilo, (met)acrilato de dodecilo, (met)acrilato de isodecilo, (met)acrilato de isobornilo, (met)acrilato de bornilo, (met)acrilato de ciclohexilbutilo, (met)acrilato de ciclohexilpentilo, (met)acrilato de ciclohexilhexilo, (met)acrilato de 2-hidroxidecilo, (met)acrilato de dimetiloctilo, metacrilato de trimetiloctilo, (met)acrilato de 2,6-dimetilheptan-4-ilo, (met)acrilato de 3,5,5-trimetilhexan-1-ilo, (met)acrilato de 6,8-dimetilnona-2-ilo, (met)acrilato de 5,7,7-trimetiloctan-1-ilo, (met)acrilato de 2,4,4-trimetilheptan-3-ilo, (met)acrilato de arilbutilo, (met)acrilato de arilpentilo y (met)acrilato de arilhexilo.
- 20 6. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha composición apta para curado por radiación de dicha primera capa de revestimiento comprende de un 1 a un 80 % en peso, en base al peso total de la composición, de dicho al menos un monómero de (met)acrilato esterificado con dicho al menos un alcohol ramificado.
7. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 6, en la que dicha composición apta para curado por radiación de dicha primera capa de revestimiento comprende de un 10 a un 60 % en peso, en base al peso total de la composición, de dicho al menos un monómero de (met)acrilato esterificado con dicho al menos un alcohol ramificado.
- 30 8. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 7, en la que dicha composición apta para curado por radiación de dicha primera capa de revestimiento comprende de un 20 a un 55 % en peso, en base al peso total de la composición, de dicho al menos un monómero de (met)acrilato esterificado con dicho al menos un alcohol ramificado.
- 35 9. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 2, en la que dicho oligómero de (met)acrilato de uretano apto para curado por radiación comprende una cadena principal procedente de un polialquilen glicol y un poli(poliol de éster) basado en ácido dímero.
- 40 10. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la composición apta para curado por radiación de dicha primera capa de revestimiento comprende de un 20 a un 40 % en peso de monómeros de (met)acrilato esterificados con alcoholes ramificados que tienen de 9 a 12 átomos de carbono, de un 40 a un 70 % en peso de oligómero de (met)acrilato de uretano, de un 1 a un 5 % en peso de un fotoiniciador y de un 0,5 a un 5 % en peso de otros aditivos, en base al peso total de la composición.
- 45 11. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha composición apta para curado por radiación de dicha segunda capa de revestimiento comprende de un 1,0 a un 1,4 % en peso de sílice, en base al peso total de la composición.
12. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha sílice está seleccionada entre el grupo que consiste en sílice sintética, sílice amorfa, gel de sílice, aerogel de sílice, sílice precipitada, sílice pirógena, sílice coloidal y mezcla de las mismas.
- 50 13. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 12, en la que dicha sílice es sílice coloidal.
14. Fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha composición apta para curado por radiación de dicha segunda capa de revestimiento comprende de un 40 a un 70 % en peso de poliuretanoacrilato, epoxiacrilato o sus mezclas, de un 30 a un 50% en peso de monómero de diluyente, de un 1 a un 5 % en peso de un fotoiniciador y de un 0,5 a un 5 % en peso de otros aditivos, en base al peso total de la composición.
- 55

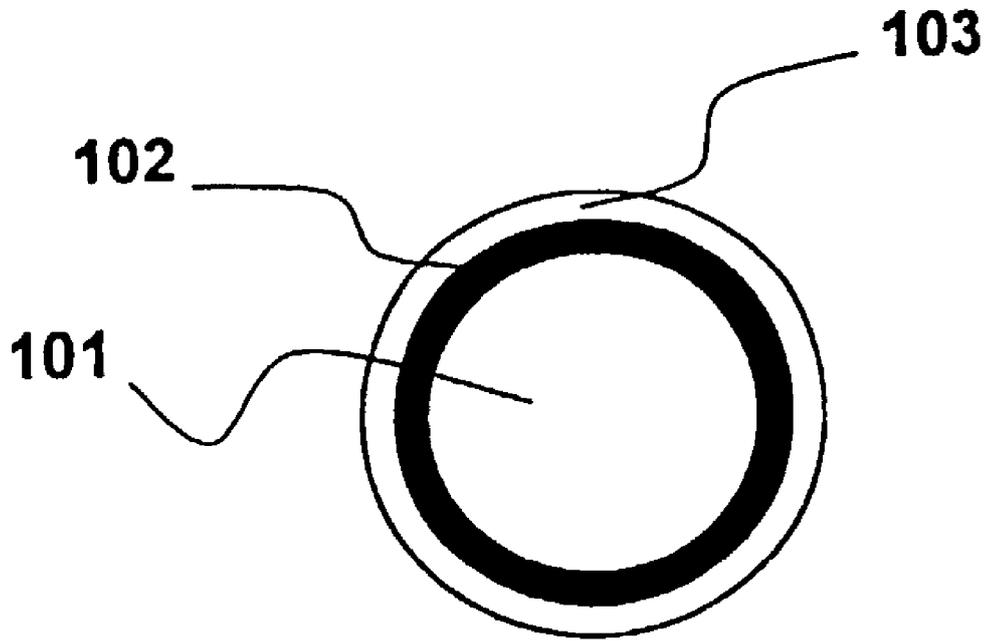


Fig. 1

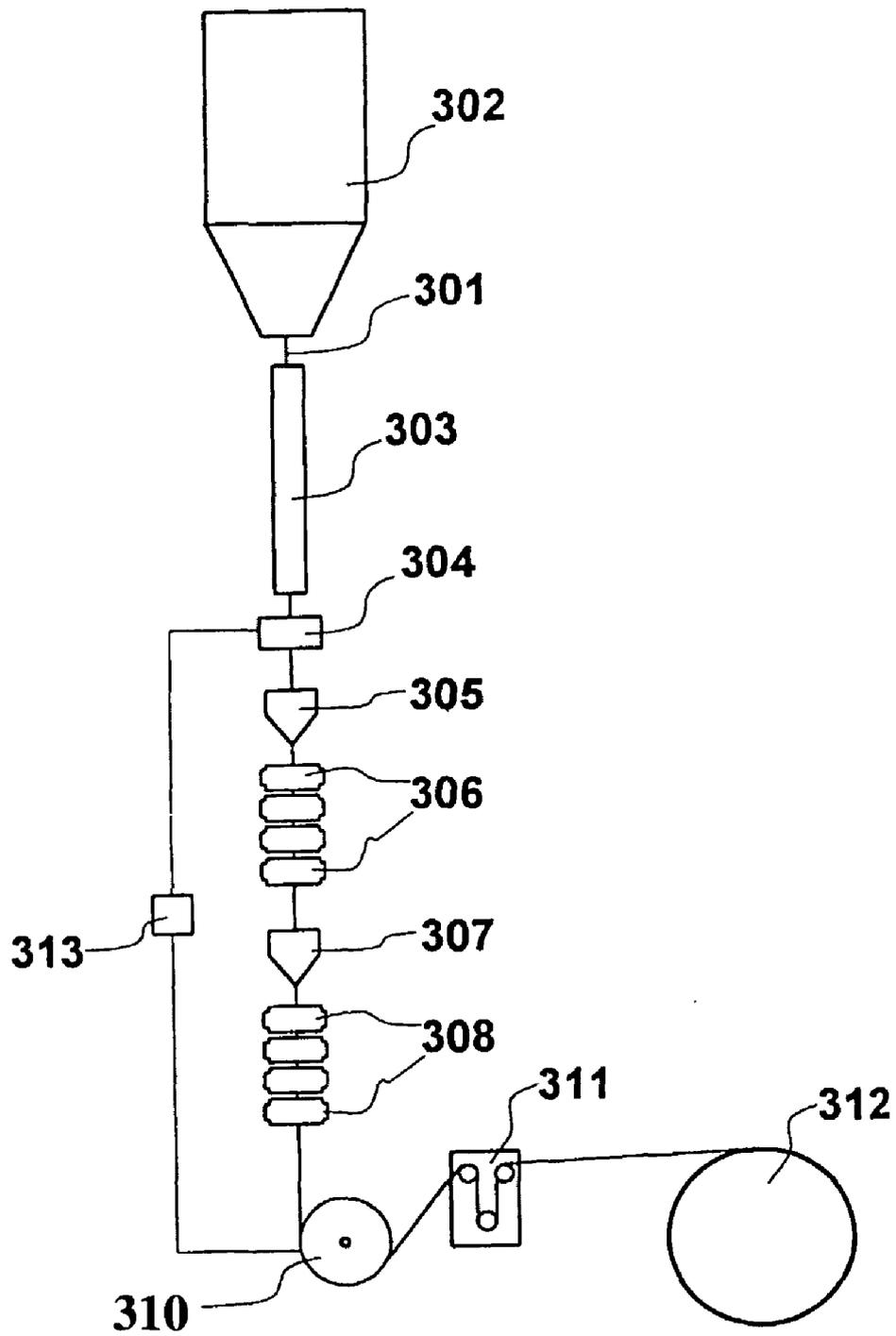


Fig. 2