

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 987 479**

51 Int. Cl.:

C03C 25/285 (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2018 PCT/US2018/059205**

87 Fecha y número de publicación internacional: **09.05.2019 WO19090218**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2018 E 18807797 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2024 EP 3687949**

54 Título: **Sistemas de bloqueo de agua que incluyen fibras recubiertas con composiciones de SAP líquidas curables por radiación**

30 Prioridad:

03.11.2017 US 201762581191 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
15.11.2024

73 Titular/es:

**COVESTRO (NETHERLANDS) B.V. (100.0%)
Urmonderbaan 22
6167 RD Geleen, NL**

72 Inventor/es:

**CAO, HUIMIN;
REN, KANGTAI;
PEPELS, MARK PETRUS FRANCISCUS y
JANSEN, JOHAN FRANZ GRADUS ANTONIUS**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 2 987 479 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

Sistemas de bloqueo de agua que incluyen fibras recubiertas con composiciones de SAP líquidas curables por radiación

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a métodos de recubrimiento de fibras que bloquean el agua, tales como fibras ópticas, junto con composiciones hinchables en agua adecuadas para su uso con las mismas, las fibras ópticas que bloquean el agua resultantes y los tubos amortiguadores que incorporan dichas fibras ópticas que bloquean el agua.

Referencia cruzada a aplicaciones relacionadas

- 10 La presente solicitud reivindica prioridad con respecto a la Solicitud de la Patente Provisional de los Estados Unidos No. 62/581191, presentada el 3 de noviembre de 2017.

Antecedentes

- 15 Las fibras ópticas permiten la transmisión guiada de señales luminosas. Son preferibles a otros medios de transmisión de datos por cable por su capacidad para transmitir datos a grandes distancias sin una pérdida significativa de intensidad de la señal. En las últimas décadas, el aumento del uso de fibras ópticas ha facilitado la transformación digital mundial. De este modo, la industria de las telecomunicaciones utiliza ahora fibras ópticas, especialmente las de vidrio, como medio preferido para la transmisión de datos.

- 20 El procedimiento de preparación de hebras largas y delgadas de vidrio para la producción de fibra óptica, llamado estirado, es bien conocido. Las fibras de vidrio suelen extraerse de una preforma cilíndrica especialmente preparada que se ha calentado local y uniformemente a una temperatura de, por ejemplo, aproximadamente 2000 °C. A medida que se calienta la preforma, tal como introduciendo la preforma en un horno, se extrae una fibra de vidrio del material fundido. Sin embargo, si se dejan sin protección, las fibras ópticas de vidrio desnudo no son adecuadas para su uso sobre el terreno debido a la fragilidad de la delgada hebra de vidrio a través de la cual se transmiten las señales ópticas. Además de su susceptibilidad a los daños físicos, las fibras ópticas sin recubrimiento también se verían afectadas negativamente por el contacto con el agua. Por ello, desde hace tiempo se aplican recubrimientos superficiales a las fibras ópticas para protegerlas y garantizar un alto nivel de rendimiento. Las composiciones de recubrimiento superficial por lo general se aplican a la fibra de vidrio poco después de que haya sido extraída de la preforma, preferiblemente inmediatamente después de enfriarse. A continuación, las composiciones de recubrimiento se curan para producir la fibra óptica recubierta.
- 30

- 35 Para proporcionar una protección óptima, las fibras ópticas se recubren frecuentemente con dos o más recubrimientos curables por radiación superpuestos inmediatamente después de que la fibra se produzca por estirado. El recubrimiento que entra en contacto directo con la fibra óptica se denomina "recubrimiento primario interior" y el recubrimiento superpuesto, "recubrimiento primario exterior". Con el tiempo, sin embargo, el recubrimiento primario interior ha pasado a denominarse simplemente "recubrimiento primario", mientras que el recubrimiento primario exterior ha pasado a denominarse simplemente "recubrimiento secundario". Los recubrimientos primarios suelen estar formulados para poseer un módulo significativamente inferior al de los recubrimientos secundarios.

- 40 El recubrimiento primario relativamente blando proporciona resistencia a la microcurvatura, lo que resulta en una atenuación agregada de la transmisión de la señal (es decir, pérdida de señal) de la fibra óptica recubierta y, por lo tanto, no es deseable. Las microcurvaturas son curvaturas microscópicas en la fibra óptica que implican desplazamientos axiales locales de unos pocos micrómetros y longitudes de onda espaciales de unos pocos milímetros. Las microcurvaturas pueden ser inducidas por tensiones térmicas y/o fuerzas laterales mecánicas. Los recubrimientos pueden proporcionar una protección contra la fuerza lateral que protege la fibra óptica de las microcurvaturas, pero a medida que disminuye el espesor del recubrimiento disminuye la cantidad de protección proporcionada. El recubrimiento primario exterior más duro, es decir, el recubrimiento secundario, proporciona resistencia a las fuerzas de manipulación tales como las que se producen cuando la fibra recubierta se encinta y/o cablea.
- 45

- 50 Los recubrimientos primarios poseen preferiblemente un índice de refracción más alto que el revestimiento de la fibra óptica asociada, para permitirles separar las señales ópticas erróneas del núcleo de la fibra óptica. Los recubrimientos primarios deben mantener una adherencia adecuada a la fibra de vidrio durante el envejecimiento térmico e hidrolítico, pero (en caso necesario) deben poder desprenderse de ella para realizar

empalmes. El recubrimiento primario por lo general tiene un espesor en el intervalo de 20-50 μm (por ejemplo, aproximadamente 25 o 32.5 μm), y un espesor más fino en el intervalo de 15-25 μm para fibras de 200 μm .

Los recubrimientos secundarios entran en contacto con el recubrimiento primario y lo rodean. El recubrimiento secundario es, por ejemplo, el producto de polimerización de una composición de recubrimiento cuyas moléculas se han vuelto altamente reticuladas al polimerizarse. En las realizaciones descritas en el presente documento, el recubrimiento secundario tiene un alto módulo in situ (por ejemplo, más de aproximadamente 800 MPa a 25 °C, más preferiblemente entre aproximadamente 1 GPa y aproximadamente 3 GPa) y una alta T_g (por ejemplo, más de aproximadamente 50 °C). El módulo secundario in situ es preferiblemente más de aproximadamente 1000 MPa. Los recubrimientos secundarios suelen tener un espesor menor que aproximadamente 40 μm .

Los recubrimientos de fibra óptica, incluidas las capas primaria y secundaria, se aplican mediante uno de los dos procedimientos siguientes: húmedo sobre húmedo (WOW) y húmedo sobre seco (WOD). En el procedimiento WOD, la fibra pasa primero por una aplicación de recubrimiento primario, que se cura mediante exposición a radiación electromagnética (por lo general ultravioleta), y después pasa por una aplicación de recubrimiento secundario, que se cura posteriormente por medios similares. En el procedimiento WOW, la fibra pasa por las aplicaciones de recubrimiento primario y secundario antes de entrar en la etapa de curado. En un procedimiento húmedo sobre húmedo, se omiten por tanto las lámparas de curado entre la aplicación del recubrimiento primario y el secundario.

La energía de la luz radiante se utiliza en la fabricación de recubrimientos curables por radiación para fibras ópticas. En concreto, los procedimientos de curado utilizan la energía radiante de las lámparas UV para curar los recubrimientos de fibra óptica. Las lámparas UV con espectros de mercurio de banda ancha se utilizan habitualmente en la industria, debido a su alta intensidad y amplio espectro de emisión para garantizar un curado rápido y completo de dichos recubrimientos curables por radiación. También se han empezado a utilizar cada vez más sistemas de curado que utilizan lámparas UV-LED (diodos emisores de luz), ya que su eficiente construcción permite un procedimiento de producción de fibras con un aporte energético reducido.

Después de haber sido recubiertas según los procedimientos descritos anteriormente, una pluralidad de fibras ópticas recubiertas distintas se combinan o agrupan para formar la porción funcional de un cable de fibra óptica. Este denominado agrupamiento de fibras ópticas puede adoptar múltiples configuraciones generales. En una popular configuración "matricial", una pluralidad de fibras ópticas se agrupan (a menudo linealmente) en virtud de una cinta. Tales cintas de fibra óptica están compuestas por un material matriz, que por lo general es curable a la luz ultravioleta y puede estar formado por algunos de los mismos componentes que componen los propios recubrimientos primario y secundario de la fibra óptica. A continuación, se apilan varias cintas y se disponen en una sección transversal sustancialmente cuadrada o rectangular para formar lo que se conoce como matriz. A continuación, la matriz se introduce en una funda protectora cilíndrica hueca para formar el denominado tubo amortiguador. Debido a la discrepancia en las formas de la sección transversal entre la matriz cuadrada (o rectangular) y el tubo amortiguador circular, se crea un importante volumen desocupado alrededor de la matriz de fibra óptica. Este espacio intersticial suele rellenarse con un material gelatinoso, que absorbe además los diversos impactos y tensiones que puedan aplicarse a las fibras ópticas durante su manipulación posterior. Tal gel también actúa como barrera para evitar la entrada de agua en la fibra óptica.

En otra configuración "flotante" popular, un grupo de fibras ópticas recubiertas se insertan sin cinta individualmente en el tubo amortiguador, en algunos casos alrededor de un miembro de resistencia central. En este caso, los tubos amortiguadores pueden tener una configuración suelta o apretada. En una configuración de tubo amortiguador suelto, queda una cavidad importante entre las fibras ópticas recubiertas y el tubo amortiguador circundante. Este vacío puede rellenarse con un material de relleno de tubo amortiguador de tipo gel de la misma variedad que se utiliza con las configuraciones de matriz o de cinta, con el fin de servir sustancialmente para el mismo propósito.

En cambio, en una configuración de tubo amortiguador estrecho, casi todo el volumen del tubo amortiguador está ocupado por las fibras ópticas recubiertas. En dicha configuración, los tubos amortiguadores flexibles utilizados pueden tener un diámetro pequeño, tal como 2.7 mm o menos. Por ello, los geles rara vez se emplean en esta configuración. Dicha configuración es muy deseable en aplicaciones de cableado en las que el espacio es escaso, ya que permite la instalación de una mayor densidad de fibras ópticas (y, por consiguiente, una mayor cantidad de datos que se va a transmitir) por cada volumen dado. Esto resulta especialmente ventajoso en aplicaciones de fibra hasta el hogar, en entornos urbanos o en otras aplicaciones en las que se dispone de menos espacio para completar la instalación del cable.

Independientemente de la configuración de agrupamiento, un cable se fabrica en última instancia combinando uno o más tubos amortiguadores con componentes adicionales del cable, tales como miembros de resistencia

y protección. En muchos casos, múltiples tubos amortiguadores se unen con elementos de refuerzo para formar un núcleo de cable. Luego el núcleo puede protegerse aún más colocándolo dentro de una funda de núcleo. Esta funda puede comprender múltiples capas, cada una de las cuales puede estar formada por materiales orgánicos o inorgánicos para proteger contra una variedad de posibles entradas para agregar más fuerza, de una manera que es bien conocida en la técnica. Por último, el cable se envuelve con un material de revestimiento polimérico (tal como polietileno) para formar una cubierta exterior que proteja el cable de la exposición ambiental.

Ha sido necesario implementar las numerosas medidas de protección descritas anteriormente para garantizar el rendimiento a largo plazo de las fibras ópticas en condiciones ambientales adversas. Tanto si se instalan en un sistema de cable terrestre (incluidos los cables aéreos), en un sistema de fondo marino, en un sistema de cable subterráneo en conducto o mediante enterramiento subterráneo directo, las fibras ópticas están expuestas a ciclos extremos de temperatura, humedad y agua. Los cables de fibra óptica deben soportar estas duras condiciones durante muchos años o décadas. Sin embargo, a pesar de las medidas de protección anteriores, la industria sigue enfrentándose al reto de evitar suficientemente la entrada de humedad o agua.

Como se ha indicado anteriormente, el agua que entra en contacto con la fibra óptica de vidrio tiende a degradar la resistencia del vidrio. La entrada de agua en el cable o en el tubo amortiguador también puede perjudicar la transmisión de la luz digital a través de la fibra (es decir, un riesgo de aumento de la atenuación), especialmente si el agua penetrada se congela posteriormente. Además, las pérdidas de atenuación debidas a la entrada de agua se agravan si el agua penetra a lo largo de una gran longitud de la fibra, por lo que es fundamental que el diseño de la fibra limite el alcance de los daños una vez que se ha producido una brecha.

De acuerdo con lo anterior, incluso en el caso de que haya entrado agua en un cable de fibra óptica, sería muy deseable proporcionar una solución que bloquee el agua longitudinalmente, es decir, que limite la longitud posterior a lo largo de la cual el agua penetrada se desplaza por la fibra o el cable. Esto minimizaría no sólo el antes mencionado aumento de la atenuación debido a la entrada de agua, sino también la longitud de fibra que debe repararse y/o sustituirse durante una filtración de agua, reduciendo a su vez los costes de mantenimiento asociados de los cables. Los diseños de bloqueo de agua suficientemente longitudinales también limitarían el riesgo de que el agua migre a lo largo del cable hacia equipos sensibles y costosos en los puntos de conexión del cable.

A lo largo de los años se han realizado muchos intentos para mejorar las características de bloqueo de agua de las fibras y/o cables.

Un enfoque, en, *i.a.*, WO1999026095, prescribe el uso de geles tixotrópicos o grasas a base de petróleo. Tales enfoques basados en gel son conocidos por bloquear suficientemente la entrada de agua en el cable rellenando el espacio libre dentro de un tubo amortiguador y acoplar mecánicamente las fibras ópticas al tubo amortiguador. Sin embargo, tales materiales son sucios y engorrosos para trabajar en operaciones sobre el terreno (tal como el empalme), y por lo tanto aumentan el tiempo y los costes de instalación.

Para eliminar los inconvenientes de manipulación asociados a los geles bloqueadores de agua durante las operaciones de empalme de fibras, otros enfoques promueven la incorporación de elementos basados en sustratos bloqueadores de agua, tales como un hilo o cinta impregnados o recubiertos con polímeros superabsorbentes (SAP) en polvo o líquidos en el diseño del tubo amortiguador. Los filamentos o cintas impregnados de partículas de este tipo se describen generalmente en el documento US5157752. También, el documento EP1170614, por ejemplo, describe un sustrato a base de cinta de "blindaje" que está recubierto con material polimérico líquido al menos parcialmente curado sobre el mismo.

En el documento US20030124350, se impregnan partículas SAP secas en un hilo o fibra polimérica que se entreteje entre un haz de fibras ópticas recubiertas o entre el haz y el tubo amortiguador. El documento US20080181564 describe otras mejoras al respecto, incluida la posibilidad de utilizar fibras poliméricas hinchables en agua entretejidas entre los haces de forma similar.

Las cintas, hilos o fibras antes mencionados mitigan los problemas de limpieza asociados a los geles, pero su rendimiento de bloqueo longitudinal del agua puede seguir siendo inferior, en parte debido a la heterogeneidad del sustrato recubierto o impregnado. Además, las soluciones basadas en polvo o partículas pueden causar problemas medioambientales y contribuir a reducir el rendimiento de microcurvaturas de la fibra óptica recubierta a la que están asociadas. Además, el tamaño y el volumen relativamente grandes del sustrato a base de SAP o impregnado de SAP (o incluso de las propias partículas) utilizado da lugar a una reducción del número de fibras ópticas que pueden emplearse por tubo amortiguador de un diámetro determinado, o a la utilización de tubos amortiguadores de mayor diámetro. En cualquier caso, tales soluciones no son adecuadas para aplicaciones que requieren una gran densidad de cable (tales como las aplicaciones FTTX o metro).

- Sin embargo, otros enfoques promueven el uso de recubrimientos SAP líquidos a medida directamente en un elemento de diseño de cable existente con el fin de maximizar el espacio disponible eliminando la necesidad de un elemento de sustrato impregnado o recubierto con SAP dedicado. Uno de tales enfoques, descrito en el documento US5684904 propone revestir el diámetro interior del tubo amortiguador con una capa absorbente de agua curable por UV. Sin embargo, uno de los principales inconvenientes de este enfoque es la dificultad de efectuar un procedimiento de curado UV a lo largo del diámetro interior de una gran extensión de tubo amortiguador. La referencia sugiere además la posible utilización de tubos amortiguadores transparentes, lo que aumentaría el coste de diseño del cable y aún no eliminaría todas las dificultades asociadas a su procesamiento y curado.
- Otro enfoque, sugerido en el documento JPH03137607 consiste en incorporar componentes de absorción de agua en la composición de la propia fibra óptica recubierta. Esta referencia analiza la posible incorporación de polímeros SAP en la capa de recubrimiento "más externa" de la fibra óptica, que en las figuras se muestra conectada a la capa primaria como capa secundaria. Este enfoque minimiza las interrupciones en el procedimiento de recubrimiento de la fibra óptica. Sin embargo, dotar a todo el recubrimiento secundario grueso de la funcionalidad SAP aumentaría su coste, dificultaría su procesabilidad y perjudicaría su función, lo que daría lugar a una fibra óptica recubierta costosa pero inferior incluso en condiciones secas. Además, la falta de especificidad de la referencia sobre la química SAP optimizada y su preferencia por la inclusión de SAP en capas de recubrimiento tan gruesas (el espesor de la capa SAP del ejemplo de fibra recubierta es de 50 micrómetros) no permite una construcción de fibra óptica recubierta que bloquee el agua longitudinalmente de forma óptima, o incluso suficiente. El documento US-7899291 consiste en cubrir una fibra óptica (3) con un polímero no curado (4), es decir, resina de acrilato. Sobre una superficie exterior (1) del polímero se aplica un material en polvo (2) que bloquea el agua, es decir, un material superabsorbente. La fibra óptica recubierta se cura y se coloca en un núcleo ranurado. La fibra óptica recubierta se coloca en un único cable de fibra óptica. El polímero se cura con luz UV. Una vez curado el polímero, se aplica una funda al rededor del mismo. El material que bloquea el agua se aplica mediante pulverización. El documento no dice nada sobre el desprendimiento de la capa adherida anterior. El documento US-5756159 describe un material no tóxico, absorbente de agua, que comprende un sustrato fibroso impregnado con un polímero absorbente de agua, insoluble en agua, polimerizable por UV. El polímero es poli(acrilamida y/o un polímero de ácido acrílico 60-100 % mol neutralizado con un metal alcalino. El polímero se entrelaza y se entreconecta con las fibras del sustrato. También se reivindica un cable que comprende una funda que rodea un núcleo con el material absorbente de agua en la funda entre este y el núcleo.

De lo anterior se desprende que existe una necesidad insatisfecha de proporcionar una solución de bloqueo de agua que minimice el transporte longitudinal de agua, no introduzca una complejidad innecesaria en el procedimiento de producción de fibras ópticas ni comprometa los atributos de rendimiento de las fibras ópticas estándar, facilite un mantenimiento limpio y sencillo, y permita la construcción de una configuración de cable de tubo suelto de alta densidad y/o tamaño reducido.

Breve resumen

En el presente documento se describen varias realizaciones de la invención que resuelven esta necesidad insatisfecha. Una primera realización es una composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica que incluye un ácido acrílico, una sal de un ácido acrílico, un formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado, un fotoiniciador, un modificador de la viscosidad, una cantidad de agua y un reticulante multifuncional, en la que la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación es un líquido a temperatura ambiente.

Una segunda realización es una fibra óptica recubierta con un recubrimiento primario, un recubrimiento secundario adherido al recubrimiento primario y que lo rodea, y un recubrimiento exterior hinchable en agua adherido al recubrimiento secundario y que lo rodea, en el que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse del recubrimiento secundario en al menos un punto a lo largo de una sección de la fibra óptica recubierta en 3 minutos después de que la fibra óptica recubierta se haya sumergido en agua desionizada.

Una tercera realización es un método de aplicación de un recubrimiento líquido hinchable en agua a una fibra óptica recubierta que comprende las etapas de proporcionar una fibra óptica recubierta, aplicar una composición de recubrimiento líquido hinchable en agua a una superficie exterior de una sección de la fibra óptica recubierta para formar una fibra óptica recubierta con una composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua, y exponer la fibra óptica recubierta con la composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua a una fuente de luz capaz de emitir radiación ultravioleta para afectar al curado de dicha composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua, para formar una fibra óptica recubierta con

un recubrimiento exterior hinchable en agua, en el que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse de la fibra óptica recubierta en al menos un punto a lo largo de la sección de la fibra óptica recubierta en 3 minutos después del momento a partir en que la fibra óptica recubierta con el recubrimiento exterior hinchable en agua ha estado sumergida en agua desionizada.

- 5 Una cuarta realización es un haz amortiguado de fibras ópticas, que comprende un tubo amortiguador flexible que posee una longitud y una cavidad sobre al menos una porción de la longitud, y una pluralidad de fibras ópticas recubiertas dispuestas dentro de la cavidad del tubo amortiguador flexible a lo largo de la porción, en el que al menos una de la pluralidad de fibras ópticas recubiertas comprende un recubrimiento exterior hinchable en agua, y en el que dicho recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse de la fibra óptica recubierta en al menos un punto a lo largo de una sección de la misma en 3 minutos a partir del momento en que la cavidad se llena de agua desionizada.

A continuación se describen otras realizaciones de la invención.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La figura 1 es una vista en sección transversal de una fibra óptica recubierta según una realización de la presente invención.

La figura 2 es un esquema de una prueba utilizada en el presente documento para evaluar el rendimiento relativo de bloqueo longitudinal del agua de diversos recubrimientos, fibras ópticas recubiertas y/o diseños de cables.

- 20 La figura 3a y la figura 3b muestran imágenes de microscopio de una fibra recubierta de SAP según la presente invención con comportamiento de pandeo y desprendimiento.

La figura 4 muestra una imagen microscópica de una fibra recubierta de SAP que no presenta ni comportamiento de pandeo ni de desprendimiento.

- 25 La figura 5 muestra una imagen microscópica de una fibra recubierta de SAP que se ha pandeado pero no se ha desprendido de su fibra recubierta asociada después de haber alcanzado su estado de hinchamiento de equilibrio.

Descripción detallada

- 30 Una primera realización es una composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra que incluye un ácido acrílico, una sal de un ácido acrílico, un formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado, un fotoiniciador, un modificador de la viscosidad, una cantidad de agua y un reticulante multifuncional, en la que la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación es un líquido a temperatura ambiente. Tales composiciones son adecuadas para fibras finas alargadas, tales como las de plástico o vidrio. En una realización, tales composiciones son adecuadas para recubrir fibras compuestas de polímeros de polietileno de peso molecular ultra alto, tal como Dyneema®. En una realización preferida, sin embargo, las composiciones descritas en el presente documento son particularmente adecuadas para su uso en el recubrimiento de fibras ópticas.

- 35 Los inventores han construido composiciones según la presente invención, que además de ser hinchables en agua, están adaptadas de forma única para tener un rendimiento óptimo en la aplicación de fibra óptica y para cumplir los requisitos del procedimiento de recubrimiento de fibra óptica. Entre estos requisitos de procesado para la composición se incluyen la curabilidad UV, ser líquida a temperatura ambiente y poseer un grado sustancial de homogeneidad. Las composiciones según la presente invención pueden considerarse polímeros superabsorbentes (SAP). Los SAP son redes termoestables hinchables que absorben y retienen cantidades extremadamente grandes de un líquido en relación con su propia masa.

- 40 Las composiciones SAP curables por UV son conocidas y se describen en, *i.a.*, EP1522545. Tales SAP se basan generalmente en cadenas poliméricas reticuladas formadas a partir de monómeros de (met)acrilamida o ácido (met)acrílico. Las cadenas poliméricas formadas contienen un gran número de grupos carboxilo. Los átomos de hidrógeno se liberan al entrar en contacto con el agua, lo que da lugar a la formación de grupos carboxilato. Se cree, sin querer estar sujeto a ninguna teoría, que estos grupos carboxilato se repelen mutuamente y crean un andamiaje en la red polimérica por el que las moléculas de agua que pasan pueden quedar encapsuladas y atrapadas.

- 50 Se sabe que la capacidad de absorción de los polímeros superabsorbentes aumenta aún más cuando el ácido acrílico se neutraliza con una base fuerte. Los grupos carboxilato neutralizados resultantes facilitan una

absorción osmótica de agua significativa. Los iones cargados positivamente se hidratan, aumentando a su vez la brecha física entre los sucesivos grupos carboxilato. Los grupos carboxilato libres restantes volverán a repelerse entre sí, por lo que las cadenas comenzarán a estirarse más, de modo que se creará aún más espacio para la absorción de agua adicional.

- 5 Una característica de las composiciones según determinadas realizaciones de la presente invención es que son líquidas a temperatura ambiente. Esto preserva la posibilidad de que tales composiciones sean procesables en aplicaciones de recubrimiento de fibra óptica, y además garantiza que los constituyentes SAP dentro de la formulación se dispersen generalmente de forma homogénea o se disuelvan en toda la resina líquida. Un material SAP líquido es más ventajoso en aplicaciones de fibra óptica que los sistemas SAP en polvo o basados en partículas, porque los sistemas líquidos evitan los problemas de salud y seguridad asociados al trabajo con polvos, y además mitigan la aparición de microcurvaturas inducidas por partículas SAP que producirían una pérdida de señal indeseable (también conocida como atenuación inducida por microcurvaturas) en la fibra óptica correspondiente. Además, dado que muchos polvos SAP comunes poseen un tamaño de partícula tan grande o superior a el espesor de recubrimiento óptimo, es preferible utilizar sistemas de base líquida donde el tamaño de partícula no sea una limitación para el diseño del sistema.

De acuerdo con lo anterior, aunque los recubrimientos hinchables en agua, las fibras ópticas recubiertas, los métodos de recubrimiento de una fibra óptica o los tubos amortiguadores descritos en el presente documento que resuelven los problemas de la presente invención no se limitan necesariamente a ninguna composición SAP específica o conjunto de composiciones SAP, en una realización preferida, la composición líquida incluye un ácido acrílico, una sal de ácido acrílico, un formador de red monofuncional etilénicamente insaturado, un fotoiniciador, un modificador de la viscosidad, una cantidad de agua, un reticulante multifuncional y, además, opcionalmente, uno o más aditivos. Cada uno de los componentes se analiza en el presente documento por separado.

Ácido acrílico

- 25 Por lo tanto, en una realización, la composición incluye un ácido acrílico. El ácido acrílico es un compuesto orgánico de fórmula $\text{CH}_2=\text{CHCOOH}$. Es el ácido carboxílico insaturado más simple, que consiste en un grupo vinilo conectado directamente a una terminación de ácido carboxílico. Los ácidos poliacrílicos de mayor peso molecular también pueden considerarse ácidos acrílicos.

La presencia del ácido acrílico en la composición final es opcional. Sin embargo, los inventores han descubierto que la presencia de una cantidad residual de ácido acrílico no neutralizado en la formulación final puede contribuir a garantizar la homogeneidad de la composición, en el sentido de que ayuda a minimizar la precipitación de la sal de ácido acrílico tras la formulación. En una realización, por lo tanto, el ácido acrílico está presente en una cantidad, relativa al peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica, desde 0 % en peso a 60 % en peso, o desde 10 % en peso a 60 % en peso, o de 15 % en peso a 40 % en peso, o de 18 % en peso a 35 % en peso, o de 20 % en peso a 30 % en peso.

La cantidad relativa de ácido acrílico en la formulación puede describirse alternativamente en términos de molalidad. El concepto de molalidad, que es una representación del número de moles de una sustancia concreta por unidad de masa dada, es bien conocido. La unidad SI para la molalidad es moles por kilogramo. Puede determinarse dividiendo la masa del componente concreto que debe medirse por 1 kilogramo de toda la composición por la masa molar de dicho componente. La masa molar, por su parte, se determina multiplicando el peso atómico estándar (del compuesto idealizado que se va a medir) por la constante 1×10^{-3} kg/mol.

- Por lo tanto, en una realización, el ácido acrílico está presente, en una cantidad relativa a toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica expresada en términos de molalidad, desde 0 a 4.2 mol/kg, o desde 0.14 a 4.2 mol/kg, o desde 0.7 a 2.1 mol/kg.

La cantidad relativa de ácido acrílico en la formulación puede describirse alternativamente en términos de equivalentes de acrilóilo. El método para determinar equivalentes (tal como equivalentes de acrilóilo) es similar a la molalidad y también es bien conocido, expresado en, *i.a.*, US 7,183,040. Como se utiliza en el presente documento, el número de equivalentes de acrilóilo de un componente particular en la composición se calcula de acuerdo con la fórmula:

$$\text{Equivalentes de un componente Z} = \frac{\% \text{ en peso}}{N \times Mwt}$$

En la que "% en peso" es el peso en kilogramos del componente que se va a medir en relación con el de 1 kg de la composición completa, "N" es el número de grupos acrililo en una molécula idealizada del componente Z, y "Mwt" es el peso molecular de una molécula idealizada del compuesto particular que se va a medir. Donde

5 "% en peso" es el peso en kilogramos del componente que se va a medir en relación con el de 1 kg de la composición completa, "N" es el número de grupos acrililo en una molécula idealizada del componente Z, y "Mwt" es el peso molecular de una molécula idealizada del compuesto particular que se va a medir.

Dado que el ácido acrílico posee un único grupo acrililo en su molécula, los equivalentes de acrililo no diferirán de la molalidad expresada anteriormente. De este modo, en una realización, la composición total posee desde 0.14 a 4.2 equivalentes de acrililo, o desde 0.7 a 2.1 equivalentes de acrililo en virtud de la inclusión del componente de ácido acrílico. Dicho de otro modo, el componente de ácido acrílico aporta desde 0.14 a aproximadamente 4.2, o desde 0.7 a 2.1 equivalentes de acrililo a la composición total.

10

En otra realización, incluso si la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica no posee una cantidad detectable de ácido acrílico en sí, se habrá utilizado un ácido acrílico como reactivo para formar una sal derivada de un ácido acrílico, que estará presente. Por consiguiente, en diversas realizaciones, el ácido acrílico puede estar presente en diversos grados de neutralización. Tal como se utiliza en el presente documento, el grado de neutralización se refiere a la cantidad relativa en peso, expresada como porcentaje, del ácido acrílico de partida que se convierte en una sal de ácido acrílico (es decir, se neutraliza) mediante una base adecuada. Puede determinarse en la formulación final dividiendo la cantidad total, en peso, de la sal de ácido acrílico por la cantidad total, en peso, de la sal de ácido acrílico más el ácido acrílico (no neutralizado).

15

20

Sal de ácido acrílico

En una realización, por lo tanto, la composición de la presente invención también incluye una sal de ácido acrílico, que es el producto de reacción del ácido acrílico y una base. La base seleccionada puede ser cualquier componente alcalino adecuado, incluidas las sales básicas. Una sal básica es el producto de la reacción de neutralización de una base fuerte con un ácido débil, lo que indica que las sales básicas son también bases. Una sal básica incluye sales que contienen un grupo hidroxilo ionizable.

25

Un ejemplo de sal básica es una sal alcalina. Una sal alcalina es un hidróxido soluble en agua de metales alcalinos y/o alcalinotérreos. Ejemplos comunes de sales alcalinas incluyen hidróxido de sodio, hidróxido de potasio, lejía, hidróxido de calcio, e hidróxido de magnesio, aunque existen otros como se entenderá por el experto en la técnica. En una realización, la sal alcalina comprende un catión de litio, sodio o potasio.

30

En una realización, la sal de ácido acrílico es el producto de reacción de un ácido acrílico y un compuesto iónico que consiste en un catión de metal alcalino y un anión hidróxido. El metal alcalino puede seleccionarse entre cualquiera de los elementos apropiados del grupo I, incluidos el litio, el sodio, el potasio, el rubidio, el cesio o el francio. En una realización preferida, el compuesto iónico posee un catión sodio que, al reaccionar con ácido acrílico, da lugar a la formación de una sal en forma de acrilato de sodio.

35

La sal de ácido acrílico es útil para permitir la formulación satisfactoria de una composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica en varios aspectos. En primer lugar, contribuye a mejorar la hinchabilidad al agua del recubrimiento al que se incorpora. También permite formular un recubrimiento curado con mayor integridad, como indica su tendencia a efectuar un aumento del valor del módulo de equilibrio de su recubrimiento asociado.

40

Los inventores han descubierto que el grado de neutralización del ácido acrílico está relacionado con una mejora en la velocidad a la que la composición de recubrimiento a la que se incorpora es procesable en aplicaciones de recubrimiento de fibra óptica. En otras palabras, los inventores han descubierto sorprendentemente que la capacidad de la composición de recubrimiento para curarse rápidamente durante el procedimiento de estirado o entintado de fibras ópticas mejora a medida que aumenta el porcentaje del ácido acrílico inicial que se convierte en una sal. Esto es beneficioso en aplicaciones de recubrimiento de fibra óptica, en las que es muy deseable efectuar el curado a altas velocidades y/o con un aporte reducido de energía. Se cree, sin querer atarse a ninguna teoría, que el grado de neutralización está ligado a una reducción de la

45

inhibición por oxígeno, un fenómeno que se sabe que tiene un efecto de enfriamiento en la cinética de polimerización de radicales libres.

Además, aunque el grado de neutralización no parece tener un efecto significativo sobre el rendimiento inicial de hinchamiento, los inventores creen que si el grado de neutralización se vuelve demasiado bajo, los recubrimientos de fibra óptica formados a partir de los mismos tienden a mostrar una degradación del rendimiento de hinchamiento con el tiempo. Sin querer ceñirse a ninguna teoría, esto puede ser el resultado de la contribución de una gran cantidad de ácido acrílico no neutralizado a la formación secundaria de enlaces cruzados de red adicionales con el paso del tiempo.

Por lo tanto, en una realización, al menos una porción del ácido acrílico inicial se neutraliza con la sal básica. En una realización, la reacción del ácido acrílico y la sal básica neutraliza al menos el 10 % del ácido acrílico, más preferiblemente al menos el 25 % del ácido acrílico, o al menos el 33 % del ácido acrílico, o al menos el 50 % del ácido acrílico, o al menos el 75 % del ácido acrílico, o al menos el 90 % del ácido acrílico. En una realización alternativa, una sal alcalina neutraliza entre el 10-100 % del ácido acrílico en peso, en relación con la cantidad de ácido acrílico presente antes de la reacción, o entre el 25-90 % en peso, o entre el 33-95 % en peso, o entre el 50-98 % en peso, o entre el 75-100 % en peso. En una realización alternativa, el ácido acrílico posee un grado de neutralización de entre 10-100 %, o entre 25-99 %, o entre 33-98 %, o entre 50-95 %, o entre 75-90 %. En otras realizaciones más, el grado de neutralización es de al menos el 10 %, o al menos el 20 %, o al menos el 30 %, o al menos el 40 %, o al menos el 50 %, o al menos el 60 %, o al menos el 70 %, o al menos el 80 %, o al menos el 90 %, o al menos el 95 %, o al menos el 98 %. En una realización, el grado de neutralización es aproximadamente del 100 %.

La proporción entre el ácido acrílico no neutralizado y la cantidad de ácido acrílico neutralizado por la sal básica presente en el recubrimiento líquido hinchable y curable por radiación para una fibra óptica también puede desempeñar un papel importante en la determinación de la velocidad de curado de la composición durante el procedimiento de recubrimiento y curado, así como su comportamiento potencial de hinchamiento una vez curado en una fibra óptica. En una realización, por lo tanto, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica comprende una proporción del ácido acrílico a la sal de ácido acrílico de aproximadamente 12:1 a aproximadamente 1:12, o de aproximadamente 6:1 a aproximadamente 1:6, o de aproximadamente 3:1 a aproximadamente 1:1. Las proporciones antes mencionadas pueden expresarse como proporciones molares o en términos de proporciones en peso.

La composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica puede comprender cualquier cantidad adecuada de una sal de ácido acrílico, tal como, en relación con el peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica, una cantidad de aproximadamente 1 % en peso a aproximadamente 30 % en peso, o desde aproximadamente 5 % en peso a aproximadamente 15 % en peso.

En una realización, la cantidad total de los componentes derivados del ácido acrílico (es decir, el ácido acrílico y la sal de ácido acrílico) está presente en una cantidad, relativa a toda la composición, desde aproximadamente 1.4 a aproximadamente 8.3 mol/kg, o desde 2.1 a 5.6 mol/kg, o desde 2.5 a 4.9 mol/kg, o desde 2.8 a 4.2 mol/kg.

Formador de redes monofuncionales etilénicamente insaturadas

La composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica puede incluir al menos un compuesto etilénicamente insaturado que contribuye a garantizar la dispersión homogénea de los componentes SAP. En una realización preferida, el componente etilénicamente insaturado comprende un éster de acrilato o una acrilamida. Los ésteres de acrilato o las acrilamidas pueden tener cualquier peso molecular adecuado, pero son preferiblemente monoméricos. En una realización preferida, el componente etilénicamente insaturado es monofuncional. Como se utiliza en el presente documento, "monofuncional" significa que el componente pertinente posee un promedio entre 0.9 y 1.1 grupos funcionales por molécula. En una realización, los grupos funcionales son grupos acrililo.

Algunos de los ésteres de ácido acrílico más comunes son los ésteres de metilo, etilo, n-butilo y 2-etilhexilo (2EHA). Algunos ejemplos específicos incluyen acrilato de 2-etilhexilo, diacrilato de dietilenglicol, acrilato de metilo, acrilato de etilo, ácido poliacrílico, acrilato de n-butilo, acrilato de hidroxipropilo y acrilato de dimetil aminoetilo.

Otros ejemplos típicos de monómeros de bajo peso molecular que contienen un doble enlace son los acrilatos de alquilo o hidroxialquilo, por ejemplo, acrilato de 2-hidroxietilo, acrilato de isobornilo y acrilato de metilo y etilo. Ejemplos adicionales de estos monómeros son el acrilonitrilo, la acrilamida, las acrilamidas N-sustituidas tales

como la n-(2-hidroxiopropilo)acrilamida, la N-isopropilacrilamida, los ésteres vinílicos tales como el acetato de vinilo, el estireno, los alquilestirenos, halostirenos, N-vinilpirrolidona (tal como aunque otros monómeros etilénicamente insaturados tales como la n-vinilpirrolidona (tal como la 1-vinil-2-pirrolidona), N-vinilcaprolactama, cloruro de vinilo y cloruro de vinilideno.

- 5 En una realización, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica incluye un compuesto hinchable etilénicamente insaturado que es un compuesto de acrilato hidroxifuncional. Ejemplos de compuestos de acrilato hidroxifuncionales incluyen el acrilato de 2-hidroxiopropilo, el acrilato de 3-hidroxiopropilo, el acrilato de hidroxietilo, el acrilato de 4-hidroxibutilo, el acrilato de 2,3-dihidroxiopropilo, el acrilato de 2-hidroxi-1-(hidroximetil)etilo o el ácido 2-acrilamido-2-metil-1-propanosulfónico.
- 10 En una realización, el compuesto etilénicamente insaturado es un éter de acrilato etoxilado. Ejemplos de éteres de acrilato etoxilados incluyen el acrilato de metoxi (polietilenglicol), el acrilato de etoxi (polietilenglicol), el acrilato de 2-(2-etoxietoxi)etilo, el acrilato de éter metílico de etilenglicol, el acrilato de éter metílico de dietilenglicol, el acrilato de éter metílico de trietilenglicol, acrilato de éter metílico de tetraetilenglicol, acrilato de éter etílico de etilenglicol, acrilato de éter etílico de dietilenglicol, acrilato de éter etílico de trietilenglicol, acrilato de éter etílico de tetraetilenglicol, acrilato de -2-etilhexiléter de dietilenglicol.
- 15

Uno o más de los formadores de red reactivos etilénicamente insaturados antes mencionados pueden emplearse en composiciones según la presente invención en cualquier cantidad adecuada, y pueden elegirse individualmente o en combinación de uno o más de los tipos enumerados en el presente documento. La composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica puede contener el formador de redes etilénicamente insaturado en una cantidad en peso, relativa al peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica, de aproximadamente 5 % en peso a aproximadamente 50 % en peso, más preferiblemente desde aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 30 % en peso.

20

Expresado alternativamente en términos de molalidad, en otra realización, el formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado puede estar presente en una cantidad, relativa a toda la composición, desde aproximadamente 0.38 a aproximadamente 3.8 mol/kg, o desde aproximadamente 0.75 a aproximadamente 2.3 mol/kg. Además, en una realización, toda la composición poseerá desde 0.38 a aproximadamente 3.8 equivalentes de acrilato en virtud del formador de red monofuncional etilénicamente insaturado, o desde aproximadamente 0.75 a aproximadamente 2.3 equivalentes de acrilato en virtud del formador de red monofuncional etilénicamente insaturado. Dicho de otro modo, la cantidad total de formadores de redes monofuncionales etilénicamente insaturados presentes en la composición contribuirá desde aproximadamente 0.38 a aproximadamente 3.8, o desde aproximadamente 0.75 a 2.3 equivalentes de acrilato.

25

30

Fotoiniciador

Las composiciones de la presente invención incluyen un fotoiniciador. En realizaciones preferidas, la composición incluye al menos un fotoiniciador de radicales libres. En su sentido más amplio, el fotoiniciador es un compuesto que cambia químicamente debido a la acción de la luz o a la sinergia entre la acción de la luz y la excitación electrónica de un colorante sensibilizador para producir al menos uno de un radical, un ácido y una base.

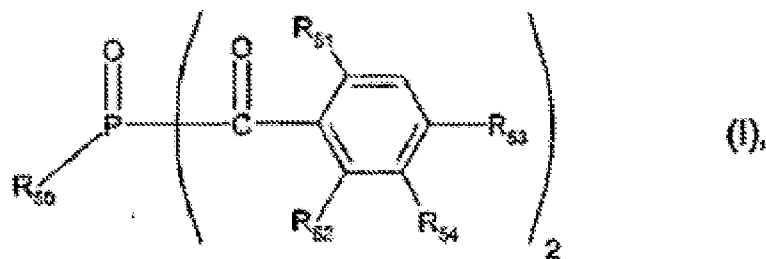
35

Según una realización de la presente invención, el fotoiniciador de radicales libres es un fotoiniciador de óxido de acilfosfina. Los fotoiniciadores de óxido de acilfosfina se divulgan por ejemplo en U.S. Pat. Nos. 4324744, 4737593, 5942290, 5534559, 6020529, 6486228, y 6486226.

40

Los fotoiniciadores de óxido de acilfosfina son óxidos de bisacilfosfina (BAPO) u óxidos de monoacilfosfina (MAPO).

Los fotoiniciadores de óxido de bisacilfosfina son de fórmula I:



en la que R₅₀ es alquilo C₁-C₁₂, ciclohexilo o fenilo no sustituido o sustituido por 1 a 4 halógenos o alquilo C₁-C₈;

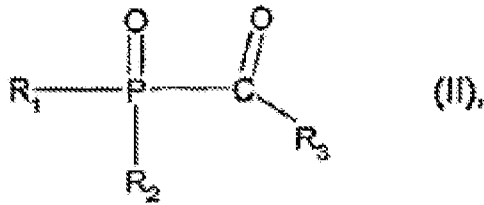
R₅₁ y R₅₂ son cada uno independientemente del otro alquilo C₁-C₈ o alcoxi C₁-C₈;

R₅₃ es hidrógeno o alquilo C₁-C₈; y

5 R₅₄ es hidrógeno o metilo.

Por ejemplo, R₅₀ es alquilo C₂-C₁₀, ciclohexilo o fenilo que no está sustituido o está sustituido por 1 a 4 alquilo C₁-C₄, Cl o Br. Otra realización es donde R₅₀ es alquilo C₃-C₈, ciclohexilo o fenilo que no está sustituido o está sustituido en las posiciones 2-, 3-, 4- o 2,5 por alquilo C₁-C₄. Por ejemplo, R₅₀ es alquilo C₄-C₁₂ o ciclohexilo, R₅₁ y R₅₂ son cada uno independientemente del otro alquilo C₁-C₈ o alcoxi C₁-C₈ y R₅₃ es hidrógeno o alquilo C₁-C₈. Por ejemplo, R₅₁ y R₅₂ son alquilo C₁-C₄ o alcoxi C₁-C₄ y R₅₃ es hidrógeno o alquilo C₁-C₄. Otra realización es donde R₅₁ y R₅₂ son metilo o metoxi y R₅₃ es hidrógeno o metilo. Por ejemplo R₅₁, R₅₂ y R₅₃ son metilo. Otra realización es donde R₅₁, R₅₂ y R₅₃ son metilo y R₅₄ es hidrógeno. Otra realización es donde R₅₀ es alquilo C₃-C₈. Por ejemplo, R₅₁ y R₅₂ son metoxi, R₅₃ y R₅₄ son hidrógeno y R₅₀ es isooctilo. Por ejemplo, R₅₀ es isobutilo. Por ejemplo, R₅₀ es fenilo. El presente fotoiniciador de óxido de bisacilfosfina es por ejemplo óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)-fenilfosfina (CAS# 162881-26-7) o es óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoil)-(2,4-bis-pentiloxifenil)fosfina.

Los fotoiniciadores de óxido de monoacilfosfina son de fórmula II:



en la que

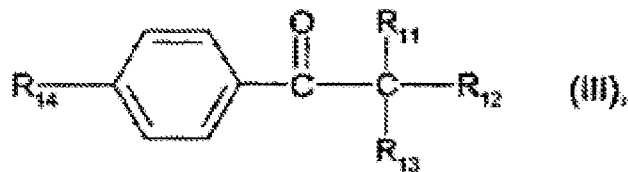
20 R₁ y R₂, independientemente entre sí, son alquilo C₁-C₁₂, bencilo, fenilo que es no sustituido o sustituido de una a cuatro veces por halógeno, alquilo C₁-C₈ y/o alcoxi C₁-C₈, o son ciclohexilo o un grupo -COR₃, o

R₁ es -OR₄;

R₃ es fenilo que es no sustituido o sustituido de una a cuatro veces por alquilo C₁-C₈, alcoxi C₁-C₈, alquilo C₁-C₈ y/o halógeno; y

25 R₄ es alquilo C₁-C₈, fenilo o bencilo. Por ejemplo, R₁ es -OR₄. Por ejemplo R₂ es fenilo que es no sustituido o sustituido de una a cuatro veces por halógeno, alquilo C₁-C₈ y/o alcoxi C₁-C₈. Por ejemplo, R₃ es fenilo que es no sustituido o sustituido de una a cuatro veces por alquilo C₁-C₈. Por ejemplo, el presente monoacilfosfina el óxido es óxido de 2,4,6-trimetilbenzoilettoxifenilfosfina (CAS# 84434-11-7) o óxido de 2,4,6-trimetilbenzoildifenilfosfina (CAS# 127090-72-6).

30 Las composiciones según la presente invención también pueden emplear otros fotoiniciadores, por ejemplo fotoiniciadores de α-hidroxicetona de la fórmula III:



donde

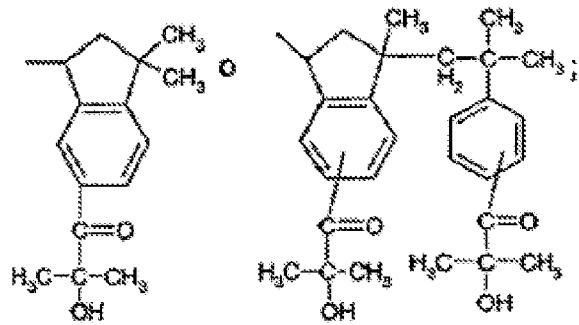
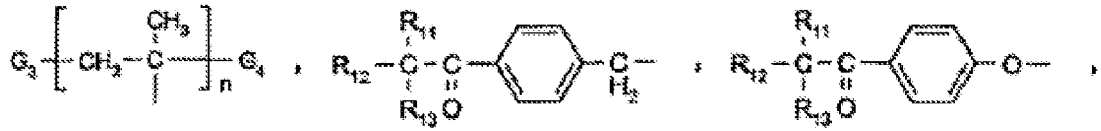
35 R₁₁ y R₁₂ son, independientemente entre sí, hidrógeno, alquilo C₁-C₆, fenilo, alcoxi C₁-C₆, OSiR₁₆(R₁₇)₂ o -O(CH₂CH₂O)_q-alquilo C₁-C₆, o

R₁₁ y R₁₂, junto con el átomo de carbono al que están unidos, forman un anillo de ciclohexilo;

q es un número desde 1 a 20;

R₁₃ es OH, alcoxi C₁-C₁₆ o -(CH₂CH₂O)_q-alquilo C₁-C₆;

R₁₄ es hidrógeno, alquilo C₁-C₁₈, hidroxialquilo C₁-C₁₂, alcoxi C₁-C₁₈, -OCH₂CH₂-OR₁₅, -CH=CH₂, -C(CH₃)=CH₂ o es



5

n es un número desde 2 a 10;

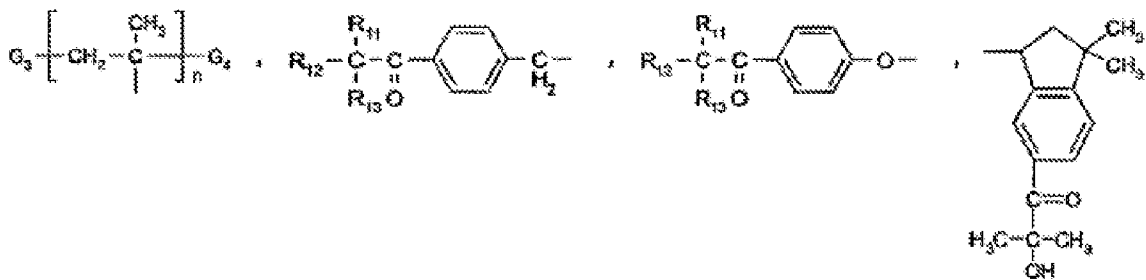
R₁₅ es hidrógeno, -COCH=CH₂ o -COC(CH₃)=CH₂;

R₁₆ y R₁₇ son, independientemente entre sí, alquilo C₁-C₈ o fenilo; y

G₃ y G₄ independientemente entre sí son grupos extremos de la estructura polimérica, preferiblemente hidrógeno o metilo.

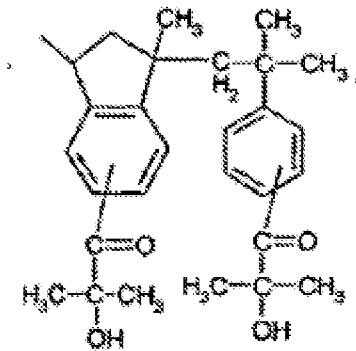
10

Los fotoiniciadores de α-hidroxicetona que son de interés son aquellos en los que R_n y R₁₂ independientemente uno del otro son hidrógeno, alquilo C₁-C₈ o fenilo o R₁₁ y R₁₂, junto con el átomo de carbono al que están unidos, forman un anillo de ciclohexilo, R₁₃ es OH, y R₁₄ es hidrógeno, alquilo C₁-C₁₂, alcoxi C₁-C₁₂, -OCH₂CH₂OR₁₅, -C(CH₃)=CH₂ o es

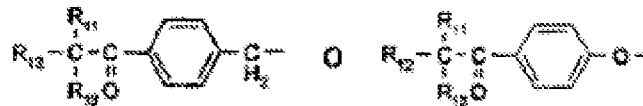


15

o



Por ejemplo, son adecuados como fotoiniciadores de α -hidroxicetona aquellos en los que R_n y R_{12} independientemente entre sí son metilo o etilo o R_{11} y R_{12} , junto con el átomo de carbono al que están unidos, forman un anillo de ciclohexilo, R_{13} es hidrógeno y R_{14} es hidrógeno, alquilo C_1 - C_4 , alcoxi C_1 - C_4 o $-OCH_2CH_2OH$.
 5 También son interesantes los compuestos en los que R_{14} es



Por ejemplo, los fotoiniciadores de α -hidroxicetona adecuados son

α -hidroxiciclohexil fenil cetona,

2-hidroxi-2-metil-1-fenilpropanona,

10 2-hidroxi-2-metil-1-(4-isopropilfenil)propanona,

2-hidroxi-2-metil-1-(4-dodecilfenil)propanona,

2-Hidroxi-1-[4-[4-(2-hidroxi-2-metil-propionil)-bencil]-fenil]-2-metil-propan-1-ona y

2-hidroxi-2-metil-1-[(2-hidroxi-2-metil-propionil)fenil]propanona.

El presente fotoiniciador de α -hidroxicetona es, por ejemplo, α -hidroxiciclohexilfenil cetona o 2-hidroxi-2-metil-1-fenil-1-propanona. Los alquilos de cadena recta o ramificada son, por ejemplo, metilo, etilo, propilo, isopropilo, butilo, isobutilo, sec-butilo, terc-butilo, pentilo, isopentilo, isooctilo, hexilo, heptilo, octilo, nonilo, decilo o dodecilo. Asimismo, los alcoxi o alquiltio son de las mismas cadenas lineales o ramificadas.
 15

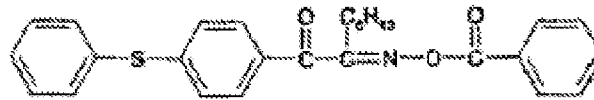
Los fotoiniciadores según la presente invención pueden emplearse singularmente o en combinación de uno o más como mezcla. Las mezclas de fotoiniciadores adecuadas (mezclas PI) se divulgan, por ejemplo, en U.S. Pat. No. 6,020,528 y U.S. Pat. app. No. 60/498,848. Las presentes mezclas de PI (fotoiniciador) son por ejemplo una mezcla de óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoyl)fenilfosfina (CAS# 162881-26-7) y óxido de 2,4,6-trimetilbenzoyloetoxifenilfosfina (CAS# 84434-11-7) en proporciones en peso de aproximadamente 1:11, 1:10, 1:9, 1:8 o 1:7.
 20

Otra mezcla de PI especialmente adecuada es una mezcla de óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoyl)fenilfosfina, óxido de 2,4,6-trimetilbenzoyloetoxifenilfosfina y 2-hidroxi-2-metil-1-fenil-1-propanona (CAS# 7473-98-5) en proporciones de peso de por ejemplo aproximadamente 3:1:15 o 3:1:16 o 4:1:15 o 4:1:16. Otra mezcla de PI adecuada es una mezcla de óxido de bis(2,4,6-trimetilbenzoyl)fenilfosfina y 2-hidroxi-2-metil-1-fenil-1-propanona en proporciones en peso de, por ejemplo, aproximadamente 1:3, 1:4 o 1:5. El presente óxido de acilfosfina PI o mezcla de PI está presente en las composiciones curables por radiación desde aproximadamente el 0.2 hasta aproximadamente el 10 % en peso, basado en el peso de la composición. Por ejemplo, el PI o la mezcla de PI está presente desde aproximadamente 0.5 a aproximadamente 8 %, de aproximadamente 1 a aproximadamente 7 %, o de aproximadamente 2, 3, 4, 5 o 6 % en peso basado en el peso de la composición curable por radiación.
 25
 30

Otros fotoiniciadores adecuados según la presente invención son, por ejemplo, otros mono- o bisacilfosfinóxidos tales como el óxido de difenil-2,4,6-trimetilbenzoylfosfina o el óxido de bis(2,6-dimetoxibenzoil)-2,4,4-trimetilpentilfosfina; α -hidroxicetonas, tales como la 1-hidroxiciclohexilfenilcetona o la 2-hidroxi-1-[4-(2-hidroxi-2-metil-propionil)fenil]-2-metil-1-propanona; α -aminocetonas, tales como 2-metil-1-[4-(metiltio)fenil]-2-(4-
 35

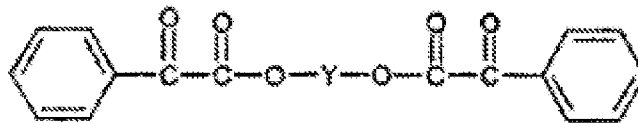
morfolinil)-1-propanona, 2-bencil-2-(dimetilamino)-1-[4-(4-morfolinil)fenil]-1-butanona, 2-(4-metilbencil-2-(dimetilamino)-1-[4-(4-morfolinil)fenil]-1-butanona o 2-bencil-2-(dimetilamino)-1-[3,4-dimetoxifenil]-1-butanona; benzofenonas, tales como benzofenona, 2,4,6-trimetilbenzofenona, 4-metilbenzofenona, 2-metilbenzofenona, 2-metoxicarbonilbenzofenona, 4,4'-bis(clorometil)-benzofenona, 4-clorobenzofenona, 4-fenilbenzofenona, 4,4'-bis(dimetilamino)-benzofenona, 4,4'-bis(dietilamino)benzofenona, metil2-benzoilbenzoato, 3,3'-dimetil-4-metoxibenzofenona, 4-(4-metilfeniltio)benzofenona, 2,4,6-trimetil-4'-fenilbenzofenona o 3-metil-4'-fenilbenzofenona; compuestos cetálicos, por ejemplo 2,2-dimetoxi-1,2-difenil-etanona; y ésteres monoméricos o diméricos del ácido fenilgloxílico, tales como el éster del ácido metilfenilgloxílico, 5,5'-oxodi(etilenooxidicarbonilfenilo) o 1,2-(benzoilcarboxi)etano.

Otros fotoiniciadores adecuados empleados según esta invención, con o sin fotoiniciadores de óxido de acilfosfina, son por ejemplo ésteres de oxima según se divulga en U.S. Pat. No. 6,596,445. Un fotoiniciador de éster de oxima adecuado es, por ejemplo:



Además de los fotoiniciadores de éster de oxima, determinados fotoiniciadores llamados catiónicos, tales como los del tipo de sal de sulfonio o iodonio, también generan radicales libres y podrían utilizarse como fotoiniciadores en realizaciones de la presente invención. Tales fotoiniciadores se describen en, *i.a.*, U.S. Pat. No. 9,708,442.

Otra clase de fotoiniciadores adecuados según esta invención, con o sin fotoiniciadores de óxido de acilfosfina, son por ejemplo glioxalatos de fenilo, por ejemplo como se divulga en U.S. Pat. No. 6,048,660. Por ejemplo, fenilglioxalatos de fórmula:



en la que Y es alquileno C₁-C₁₂, ciclohexileno, alquileno C₂-C₄₀ interrumpido una o más veces por ciclohexileno, O, S, o NR₃₀, y R₃₀ es hidrógeno, alquilo C₁-C₁₂ o fenilo, preferiblemente Y es CH₂CH₂-O-CH₂CH₂.

Uno o más de los fotoiniciadores antes mencionados pueden emplearse en composiciones según la presente invención en cualquier cantidad adecuada, y pueden elegirse individualmente o en combinación de uno o más de los tipos enumerados en el presente documento. En una realización preferida, el componente fotoiniciador está presente en una cantidad, en relación con el peso total de la composición líquida y soluble en agua para el recubrimiento de una fibra óptica, desde aproximadamente 0.1 % en peso a aproximadamente 10 % en peso, o desde aproximadamente 0.1 % en peso a aproximadamente 5 % en peso, o desde aproximadamente 1 % en peso a aproximadamente 5 % en peso.

Modificador de viscosidad

Los inventores han descubierto que los componentes SAP antes mencionados (mencionados en otra parte del presente documento) que contribuyen a la formación de un recubrimiento líquido curable por radiación suficientemente hinchable en agua tienden a menudo a hacerlo a expensas de la procesabilidad de la composición en procedimientos de recubrimiento de fibra óptica. Por lo tanto, pueden incluirse uno o más componentes adicionales para garantizar que el recubrimiento posea una viscosidad adecuada para la aplicación de recubrimiento de fibra óptica. Estos denominados modificadores de la viscosidad no se añaden necesariamente con la intención de mejorar la hinchabilidad de la composición a la que se incorporan, aunque es deseable que no dificulten significativamente esta importante propiedad del recubrimiento.

Aunque no necesariamente limitados a ello, los modificadores de la viscosidad descritos en el presente documento se incluirían por lo general para aumentar la viscosidad de la composición a la que se incorporan, porque los constituyentes relacionados con SAP antes mencionados a menudo dan lugar a composiciones con una viscosidad que es demasiado baja para ser adecuada en aplicaciones de procesamiento de fibra óptica. Muchas de las composiciones que incluyen las sales de ácido acrílico, formadores de redes etilénicamente insaturados (especialmente tales como monómeros de acrilato monofuncionales de peso molecular más bajo, por ejemplo) como se describe en el presente documento poseen una viscosidad inadecuadamente baja. Si la

viscosidad de la composición es demasiado baja, un recubrimiento de espesor suficiente no se adherirá a la capa previamente recubierta, o puede experimentar corrimiento y/o goteo de manera que el espesor no se aplique uniformemente.

5 Por otra parte, en algunos casos puede ser necesario incluir modificadores de la viscosidad que reduzcan la viscosidad global de la composición a la que están asociados. Si la viscosidad de la composición es demasiado alta, es posible que el recubrimiento no fluya lo suficiente a través del troquel de recubrimiento para permitir una cobertura óptima sobre la capa previamente recubierta.

10 En una realización, el modificador de la viscosidad es soluble en agua. En una realización, el modificador de la viscosidad soluble en agua comprende un alcohol polivinílico, una polivinilpirrolidona, un almidón, una celulosa modificada, una gelatina, un compuesto de poliglicol tal como el polietilenglicol con un peso molecular de 250,000 a 4,000,000 g/mol, o un ácido poliacrílico.

15 Los alcoholes polivinílicos son polímeros sintéticos solubles en agua que poseen la fórmula idealizada $[\text{CH}_2\text{CH}(\text{OH})]_n$. Pueden ser conocidos análogamente y/o comercialmente como PVOH; Poly(Ethenol), Ethenol, homopolímero, PVA, Polyviol, Vinol, Alvyll, Alcotex, Covol, Gelvatol, Lemol, Mowiol, Mowiflex, Alcotex, Elvanol, Gelvatol, Lemol, Mowiol, Nelfilcon A, Polyviol y Rhodoviol.

La polivinilpirrolidona es un polímero soluble en agua fabricado a partir del monómero N-vinilpirrolidona. Puede conocerse análoga y/o comercialmente como PVP, Povidona, Copovidona, PVPP, Crospovidona, Polividona, PNVP, Poli[1-(2-oxo-1-pirrolidinil)etileno], 1-Etenil-2-pirrolidón homopolímero, o 1-vinil-2-pirrolidinon-polímero.

20 Un almidón es un hidrato de carbono polimérico que consiste en un gran número de unidades de glucosa unidas por enlaces glucosídicos. Puede poseer cualquier masa molecular adecuada y se representa mediante la fórmula química $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$.

Los ejemplos de compuestos celulósicos modificados incluyen aquellos que comprenden un compuesto de metilcelulosa o hidroxietilcelulosa.

25 Determinados compuestos son particularmente preferidos para su uso como modificadores de la viscosidad porque su inclusión mejora la procesabilidad de la composición a la que se incorporan sin afectar negativamente de forma significativa a la hinchabilidad de la composición. Los inventores han descubierto que la polivinilpirrolidona, por ejemplo, es un modificador de la viscosidad preferido porque, cuando se utiliza en cantidades efectivas con un peso molecular adecuado, aumenta suficientemente la viscosidad de la composición a la que se incorpora hasta un nivel satisfactorio para garantizar el procesamiento en aplicaciones de recubrimiento de fibra óptica, todo ello sin inducir un efecto perjudicial significativo sobre la capacidad de dicha composición para hincharse tras su introducción en agua.

30 En una realización, la composición de recubrimiento líquido curable por radiación hinchable en agua para una fibra óptica incluye un compuesto de polivinilpirrolidona. La polivinilpirrolidona puede tener cualquier peso molecular adecuado, por ejemplo desde 1 kilodalton (kDa) a 5 megadalton (MDa), o desde 5 kDa a 1000 kDa, o desde 50 kDa a 500 kDa, o desde 75 kDa a 300 kDa, o desde 100 kDa a 200 kDa. En una realización, para aumentar suficientemente la viscosidad de la composición a la que se incorpora, la polivinilpirrolidona posee un peso molecular elevado, tal como, desde 100 kDa a 300 kDa, o desde 120 kDa a 200 kDa. Para garantizar una modificación suficiente de la viscosidad sin monopolizar la composición ni afectar a las propiedades de toda la formulación, debe utilizarse un modificador de la viscosidad de un peso molecular suficientemente alto en cantidades adecuadas, como apreciarán los expertos en la técnica a la que se aplica la presente invención.

Los pesos moleculares antes mencionados, junto con cualquier otro valor de peso molecular expresado en otra parte del presente documento, se interpretarán en el presente documento como peso molecular promedio en número determinado por ASTM D5296 - 11 u otra norma similar, a menos que se especifique lo contrario.

45 El modificador de la viscosidad puede estar presente en cualquier cantidad adecuada en peso, en relación con el peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica, tal como desde aproximadamente 5 % en peso a aproximadamente 40 % en peso, o desde aproximadamente 8 % en peso a aproximadamente 30 % en peso, o desde aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 25 % en peso, o desde aproximadamente 15 % en peso a aproximadamente 20 % en peso. El modificador de la viscosidad debe incluirse en cualquier cantidad suficiente para asegurar que la composición a la que se incorpora posee una viscosidad adecuada para el procesamiento en el recubrimiento de una fibra óptica, tal como las viscosidades a las que las composiciones se recubren y curan por lo general sobre una fibra óptica en una torre de estirado o máquina de entintado. En una realización, el modificador de la viscosidad se incluye en una cantidad de acuerdo con métodos bien conocidos para llevar la viscosidad de la composición de

recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación en la que se incorpora a un nivel a 25 °C desde aproximadamente 500 centipoise (cPs) a aproximadamente 5000 cPs, o desde aproximadamente 600 cPs a aproximadamente 4000 cPs, o desde aproximadamente 700 cPs a aproximadamente 3000 cPs, o desde aproximadamente 800 cPs a aproximadamente 2000 cPs, o desde 800 cPs a 1200 cPs. En otras realizaciones, el modificador de la viscosidad se incluye en una cantidad según métodos bien conocidos para llevar la viscosidad de la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación a la que se incorpora a un nivel a 25 °C desde aproximadamente 1200 a aproximadamente 3000 cPs, o desde aproximadamente 1400 a aproximadamente 2800 cPs, o desde aproximadamente 1600 a aproximadamente 2700 cPs, o desde aproximadamente 1700 a aproximadamente 2500 cPs. La viscosidad exacta de la formulación que se va a procesar se ajustará de acuerdo con los valores conocidos en la técnica, dependiendo de varios factores, incluido el espesor de la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación que se pretende aplicar, junto con la velocidad de línea o de entintado a la que se produce el procedimiento de aplicación del recubrimiento.

Agua

Los diversos componentes descritos hasta ahora en las composiciones según la presente invención a menudo implican la inclusión de agua. Es decir, para garantizar la homogeneidad o evitar problemas de seguridad, medioambientales o de manipulación, muchos de los componentes descritos se suministran comercialmente como líquidos, que pueden adoptar la forma de soluciones acuosas. Como tal, el agua estará a menudo presente (aunque sea involuntariamente) en las composiciones según la presente invención. Sin embargo, los inventores han determinado que el rendimiento de hinchamiento del recubrimiento mejora realmente si se añade agua a la composición curable por radiación hinchable en agua para el recubrimiento de una fibra óptica antes de que se cure y se exponga posteriormente a fluidos externos. Además, los inventores han descubierto sorprendentemente que el efecto de hinchamiento que mejora el rendimiento del agua agregada continúa a medida que aumenta concomitantemente la cantidad de concentración de agua agregada. Sin querer ceñirse a ninguna teoría, los inventores teorizan que esto puede ocurrir debido a que el contenido inicial de agua aumenta las reacciones de ciclización, induce cambios en la conformación de la cadena o hidroliza el reticulante presente en la composición. Uno cualquiera de los fenómenos anteriores puede contribuir a mejorar el hinchamiento relativo del recubrimiento al que se ha incorporado el agua adicional.

Por lo tanto, en una realización, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica también incluye una cantidad de agua. El agua puede estar presente, en una cantidad en peso, en relación con el peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica de aproximadamente 0.1 % en peso a aproximadamente 50 % en peso, o desde aproximadamente 5 % en peso a aproximadamente 45 % en peso, o desde aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 40 % en peso, o desde aproximadamente 15 % en peso a aproximadamente 35 % en peso. Aunque tiende a mejorar el rendimiento de hinchamiento en cantidades crecientes, si la cantidad de agua agregada llega a ser demasiado alta, la integridad del recubrimiento (es decir, el módulo) y la velocidad de curado se verán afectadas negativamente de tal manera que no se podrá formar un recubrimiento viable para aplicaciones de fibra óptica.

Reticulante multifuncional

Para garantizar la idoneidad en aplicaciones de fibra óptica, las composiciones según la presente invención también deben incluir al menos un reticulante. Es decir, incluyen al menos un reactivo que se incorpora al material termoestable para formar enlaces cruzados de red adicionales, que son pequeñas regiones en una macromolécula de la que emanan al menos cuatro cadenas, y que se forma por reacciones que implican sitios o grupos en macromoléculas existentes o por interacciones entre macromoléculas existentes. Esta reticulación adicional es necesaria para garantizar que el recubrimiento conserve una integridad estructural significativa tras la exposición al agua. Los inventores han descubierto que si el recubrimiento no mantiene suficiente integridad después de hincharse, el recubrimiento se romperá fácilmente en muchos trozos pequeños durante el procedimiento de hinchamiento. Si lo hace, el recubrimiento habilitará canales o vías para que el agua no atrapada fluya a través de ellos, limitando a su vez la eficacia global de bloqueo longitudinal del agua en una aplicación de fibra óptica. Los inventores han descubierto sorprendentemente que esta capacidad longitudinal reducida de bloqueo de agua puede observarse a pesar de que el propio recubrimiento posea un rendimiento de hinchamiento suficiente.

En una realización preferida, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica de la presente invención comprende un reticulante que induce reticulaciones de red adicionales a las cadenas poliméricas reticuladas formadas por el componente formador de red etilénicamente insaturado descrito en otra parte del presente documento. De acuerdo con lo anterior, tal reticulante comprende un

compuesto polimerizable por radicales libres con un promedio mayor que 1.0 grupos funcionales, en la que los grupos funcionales son preferiblemente grupos funcionales acrilato o acrilamida. En una realización preferida, el reticulante es multifuncional. Como se utiliza en el presente documento, "multifuncional" significa que el componente pertinente posee un promedio de al menos 1.9 grupos funcionales por molécula.

5 En una realización, el reticulante multifuncional comprende un compuesto difuncional, es decir, un compuesto con un número promedio de grupos funcionales desde 1.9 a 2.1, o preferiblemente un promedio de 2.0 grupos funcionales. En una realización, el componente etilénicamente insaturado comprende un compuesto polifuncional, es decir, un compuesto con un número promedio de grupos funcionales de al menos 2.1.

10 Para garantizar una capacidad de reticulación óptima, el reticulante comprende preferiblemente un acrilato multifuncional o una acrilamida multifuncional. En una realización, el reticulante multifuncional es difuncional, o posee un promedio desde 1.9 a 2.5 grupos funcionales por molécula. En otra realización, el reticulante multifuncional es trifuncional, o posee un promedio de más de 2.5 a 3.5 grupos funcionales por molécula. En otra realización, el reticulante multifuncional es tetrafuncional, o posee un promedio de más de 3.5 a 4.5 grupos funcionales por molécula. En una realización, el reticulante multifuncional es pentafuncional, o posee un promedio de más de 4.5 a 5.5 grupos funcionales por molécula. En otra realización, el reticulante multifuncional es hexafuncional, o posee un promedio de más de 5.5 a 6.5 grupos funcionales por molécula. Por supuesto, los reticulantes multifuncionales múltiples de los tipos anteriores pueden utilizarse individualmente o en cualquier combinación. Además, los reticulantes deben seleccionarse de manera que al menos uno posea al menos un grupo funcional que sea el mismo que al menos el grupo funcional del componente formador de red monofuncional etilénicamente insaturado utilizado, tal como se describe en otra parte del presente documento.

20 En una realización, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica puede incluir un reticulante funcional de acrilato. Algunos ejemplos no limitantes de tales reticulantes incluyen diacrilato de etilenglicol, diacrilato de dietilenglicol, diacrilato de trietilenglicol, diacrilato de tetraetilenglicol, diacrilato de hexano diol etoxilado, etoxilato de trimetilolpropano, diacrilato de trimetilolpropano, triacrilato de trimetilolpropano, diacrilato de éter de metilo, diacrilato de neopentilglicol, diacrilato de 1,3-butanodiol, diacrilato de glicerol-1,3-diglicerolato, bis[oxi-2-hidroxi-3,1-propanodiol] bisacrilato de 1,6-hexanodiol, triacrilato de pentaeritritol, o triacrilato de pentaeritritol etoxilado, diacrilato de 1,4 butanodiol o diacrilato de 1,6 hexano diol, o cualquier combinación de los mismos.

25 En otra realización, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica incluye un reticulante funcional de acrilamida. Algunos ejemplos no limitantes de tales reticulantes incluyen la n,n-metilenbisacrilamida o una n-n-etilenbisacrilamida.

30 Ejemplos de reticulantes multifuncionales adicionales que contienen más de un doble enlace son diacrilatos de polietilenglicol, diacrilato de etilenglicol, diacrilato de propilenglicol, diacrilato de neopentilglicol, diacrilato de hexametilenglicol, diacrilato de bisfenol A, 4,4'-bis(2-acriloletoxi)difenilpropano, triacrilato de trimetilolpropano, triacrilato y tetraacrilato de pentaeritritol, acrilato de vinilo, benceno de divinilo, succinato de divinilo, ftalato de dialilo, fosfato de trialilo, isocianurato de trialilo, adipato de divinilo o isocianurato de tris(2-acriloletilo). En una realización, el reticulante multifuncional que contiene más de un doble enlace posee un peso molecular promedio en número desde 200 a 20,000 g/mol, o preferiblemente desde 200 a 15,000 g/mol, o incluso más preferiblemente desde 400 a 10000 g/mol.

35 40 Las composiciones de la presente invención pueden incluir cualquier cantidad adecuada de reticulante. Los inventores han descubierto, sin embargo, que existen determinados intervalos de cantidades dentro de los cuales puede utilizarse el componente reticulante multifuncional para garantizar que la composición a la que se incorpora sea simultáneamente óptimamente impermeable longitudinalmente y adecuada para su uso en un procedimiento de recubrimiento de fibra óptica. Si la densidad de reticulación de la red es demasiado baja, el recubrimiento no poseerá suficiente integridad para mantener una estructura unitaria durante la exposición al agua, limitando a su vez la capacidad del recubrimiento para ser suficientemente bloqueante del agua longitudinalmente en una aplicación de fibra óptica. Sin embargo, si la densidad de reticulación es demasiado alta, el recubrimiento en sí no será suficientemente hinchable en agua.

45 50 Por lo tanto, en una realización, el reticulante multifuncional está presente en una cantidad en peso, relativa al peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica, de más de 0.1 % en peso a menos de 5 % en peso, más preferiblemente desde aproximadamente 0.5 % en peso a aproximadamente 3 % en peso.

55 Expresado alternativamente en términos de molalidad, en otra realización, el reticulante multifuncional está presente en una cantidad, relativa a toda la composición, desde aproximadamente 3.8 a aproximadamente 190 mmol/kg, o desde aproximadamente 19 a 110 mmol/kg. Además, en una realización, toda la composición posee

desde aproximadamente 1.9 a aproximadamente 95 miliequivalentes de acrililo en virtud del reticulante multifuncional, o desde aproximadamente 9.5 a aproximadamente 55 miliequivalentes de acrililo en virtud del reticulante multifuncional. Dicho de otro modo, la cantidad total de reticulantes multifuncionales presentes en la composición total contribuirá desde aproximadamente 1.9 a aproximadamente 95, o desde aproximadamente 9.5 a aproximadamente 55 miliequivalentes de acrililo.

Aditivos

Las composiciones de la presente invención pueden incluir opcionalmente uno o más aditivos. Pueden agregarse tales aditivos necesarios para los criterios de diseño y los requisitos de aplicación particulares en los que se utilizará el recubrimiento hinchable en agua.

En una realización, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica, en virtud de su ubicación como la capa recubierta más externa de la fibra óptica recubierta, será útil para fines de identificación de la fibra. Como tal, en una realización, la composición, líquida hinchable en agua para el recubrimiento de una fibra óptica incluye además una tinta. En una realización donde una tinta está presente en la composición, es preferible que la composición se aplique al recubrimiento secundario de la fibra óptica en el procedimiento de entintado, ya que esto garantizará que no se requiera un procesamiento adicional para impartir las características de bloqueo de agua a la fibra óptica recubierta. Las tintas incluyen un colorante tal como un tinte fotorreductible, por ejemplo xanteno, benzoxanteno, benzotioxanteno, tiazina, pironina, porfirina o tintes de acridina, y/o un compuesto trihalometílico que puede escindirse por radiación. Composiciones similares se describen, por ejemplo, en U.S. Pat. No. 5,229,253. Las tintas también pueden incluir otros tintes convencionales, tales como blanqueadores fluorescentes, pigmentos o colorantes.

En una realización, la tinta está presente en una cantidad, relativa al peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica, de aproximadamente 0.01 % en peso a aproximadamente 5 % en peso, o desde aproximadamente 0.05 % en peso a aproximadamente 2 % en peso, o desde aproximadamente 0.1 % en peso a aproximadamente 1 % en peso.

Por lo general, también se agregan aditivos a los recubrimientos de fibra óptica para conseguir determinadas características deseables, tales como una vida útil mejorada, una estabilidad oxidativa e hidrolítica mejorada del recubrimiento, propiedades superficiales mejoradas y similares. Hay muchos tipos diferentes de aditivos deseables, y la invención discutida en este documento no pretende estar limitada por estos, sin embargo, se incluyen en las realizaciones previstas, ya que tienen efectos deseables.

Ejemplos de estos son las cargas, los aditivos deslizantes, los agentes humectantes o los auxiliares de nivelación. También pueden utilizarse inhibidores térmicos, destinados a evitar la polimerización prematura. Algunos ejemplos son la hidroquinona, los derivados de la hidroquinona, el p-metoxifenol, el beta-naftol o los fenoles con impedimentos estéricos, tales como el 2,6-di(terc-butil)-p-cresol. El tiempo de conservación en la oscuridad puede aumentarse, por ejemplo, utilizando compuestos de cobre, tales como naftenato de cobre, estearato de cobre u octoato de cobre, compuestos de fósforo, por ejemplo trifenilfosfina, tributilfosfina, fosfito de trietilo, fosfito de trifenilo o fosfito de tribencilo, compuestos de amonio cuaternario, tales como cloruro de tetrametilamonio o cloruro de trimetilbencilamonio.

Para mantener fuera el oxígeno atmosférico durante la polimerización, se pueden agregar parafinas o sustancias similares a la cera; éstas migran a la superficie al comienzo de la polimerización debido a su baja solubilidad en el polímero, y forman una capa superficial transparente que impide la entrada de aire. También es posible aplicar una capa de barrera al oxígeno.

Los estabilizadores de la luz que pueden agregarse son absorbentes de UV, por ejemplo absorbentes de UV comerciales bien conocidos del tipo hidroxifenilbenzotriazol, hidroxifenilbenzofenona, oxalamida o hidroxifenil-s-triazina. Es posible utilizar tales compuestos individuales o mezclas de los mismos, con o sin el uso de estabilizadores de luz de aminas relativamente no básicas (HALS) con impedimentos estéricos. Las aminas con impedimentos estéricos se basan, por ejemplo, en la 2,2,6,6-tetrametilpiperidina. Por ejemplo, los absorbentes de UV y las aminas con impedimentos estéricos:

2-(2-Hidroxifenil)-2H-benzotriazoles, por ejemplo hidroxifenil-2H-benzotriazoles comerciales conocidos y benzotriazoles divulgados en, las Patentes de los Estados Unidos Nos. 3,004,896; 3,055,896; 3,072,585; 3,074,910; 3,189,615; 3,218,332; 3,230,194; 4,127,586; 4,226,763; 4,275,004; 4,278,589; 4,315,848; 4,347,180; 4,383,863; 4,675,352; 4,681,905; 4,853,471; 5,268,450; 5,278,314; 5,280,124; 5,319,091; 5,410,071; 5,436,349; 5,516,914; 5,554,760; 5,563,242; 5,574,166; 5,607,987; 5,977,219 y 6,166,218 tales como 2-(2-hidroxi-5-metilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(3,5-di-t-butil-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(2-hidroxi-5-t-butilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(2-hidroxi-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 5-cloro-2-(3,5-di-t-butil-2-hidroxifenil)-2H-

5 benzotriazol, 5-cloro-2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-metilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-sec-butil-5-t-butil-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(2-hidroxi-4-octiloxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(3,5-di-t-amil-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(3,5-bis- α -cumil-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-(ω -hidroxi-octa-(etilenoxi)carbonilet)-fenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-dodecil-2-hidroxi-5-metilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-octiloxicarbonil)etilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(2-hidroxi-5-metilfenil)-2H-benzotriazol dodecilado, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-octiloxicarbonil)fenil)-5-cloro-2H-benzotriazol, 2-(3-terc-butil-5-(2-(2-etilhexiloxi)-carbonilet)-2-hidroxifenil)-5-cloro-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-metoxicarbonilet)fenil)-5-cloro-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-metoxicarbonilet)fenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-5-(2-(2-etilhexiloxi)carbonilet)-2-hidroxifenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-isooctiloxi-carbonil)fenil)-2H-benzotriazol, 2,2'-metilen-bis(4-t-octil-(6-2H-benzotriazol-2-il)fenil), 2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(2-hidroxi-3-t-octil-5- α -cumilfenil)-2H-benzotriazol, 5-fluoro-2-(2-hidroxi-3,5-di- α -cumilfenil)-2H-benzotriazol, 5-cloro-2-(2-hidroxi-3-t-octil-5- α -cumilfenil)-2H-benzotriazol, 5-cloro-2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 2-(3-t-butil-2-hidroxi-5-(2-isooctiloxicarbonil)fenil)-5-cloro-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3,5-di-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 3-(5-trifluorometil-2H-benzotriazol-2-il)-5-t-butil-4-hidroxihidrocinnato de metilo, 5-butilsulfonil-2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-octilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3- α -cumil-5-t-butilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3,5-dit-butilfenil)-2H-benzotriazol, 5-trifluorometil-2-(2-hidroxi-3,5-di- α -cumilfenil)-2H-benzotriazol, 5-butilsulfonil-2-(2-hidroxi-3,5-di-t-butilfenil)-2H-benzotriazol y 5-fenilsulfonil-2-(2-hidroxi-3,5-di-t-butilfenil)-2H-benzotriazol.

20 Las 2-hidroxibenzofenonas incluyen, por ejemplo, los derivados 4-hidroxi, 4-metoxi, 4-octiloxi, 4-decaloxi, 4-dodecaloxi, 4-benciloxi, 4,2',4'-trihidroxi y 2'-hidroxi-4,4'-dimetoxi.

25 Ésteres de ácidos benzoicos sustituidos y no sustituidos, incluyen, como por ejemplo salicilato de 4-terc-butilfenilo, salicilato de fenilo, salicilato de octilfenilo, resorcinol de dibenzoilo, resorcinol de bis(4-terc-butilbenzoilo), resorcinol de benzoilo, 2,4-di-terc-butilfenil 3,5-di-terc-butil-4-hidroxibenzoato, hexadecil 3,5-di-terc-butil-4-hidroxibenzoato, octadecil 3,5-di-terc-butil-4-hidroxibenzoato, 2-metil-4,6-di-terc-butilfenil 3,5-di-terc-butil-4-hidroxibenzoato.

Como otros aditivos, para acelerar la fotopolimerización, es posible agregar aceleradores, coadyuvantes y autoxidantes tales como tioles, tioéteres, disulfuros y fosfinas, como se describen, por ejemplo, en EP-A-438 123 y GB-A-2 180 358.

30 La fotopolimerización también puede acelerarse mediante la adición de fotosensibilizadores, que desplazan o amplían la sensibilidad espectral. Se trata, en particular, de compuestos carbonílicos aromáticos, tales como los derivados de la benzofenona, los derivados de la tioxantona, los derivados de la antraquinona y los derivados de la 3-acilcumarina, así como las 3-(aróilmetil)tiazolinas, y también los tintes eosina, rodamina y eritrosina.

35 El procedimiento de curado puede verse favorecido, en particular, por composiciones pigmentadas (por ejemplo con dióxido de titanio), y también por la adición de un componente que forme radicales libres en condiciones térmicas, por ejemplo un compuesto azoico tal como 2,2'-azobis(4-metoxi-2,4-dimetilvaleronitrilo), un triazeno, un diazo sulfuro, un pentazadieno o un compuesto peroxídico, tal como un hidroperóxido o peroxicarbonato, por ejemplo hidroperóxido de t-butilo, tal como se describe en la U.S. Pat. No. 4,753,817.

40 Uno o más de los aditivos antes mencionados pueden emplearse en las composiciones según la presente invención en cualquier cantidad adecuada, y pueden elegirse individualmente o en combinación de uno o más de los tipos enumerados en el presente documento. En una realización, el componente aditivo está presente en una cantidad, relativa al peso total de la composición, desde aproximadamente 0.01 % en peso a aproximadamente 5 % en peso, más preferiblemente desde aproximadamente 0.1 % en peso a aproximadamente 2 % en peso. Según otra realización, el uno o más de los aditivos antes mencionados se incluyen en una cantidad desde aproximadamente 1 % en peso a aproximadamente 5 % en peso.

50 Los inventores han descubierto, además, que la idoneidad de la composición para formar una composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica puede mejorarse si algunos de los componentes antes mencionados se formulan en cantidades específicas entre sí. En una realización, por lo tanto, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica posee proporciones molares especificadas de los componentes ácido acrílico y sal de ácido acrílico con respecto al componente monómero monofuncional etilénicamente insaturado. En una realización, esa proporción es desde aproximadamente 1:1 a aproximadamente 9:1, o desde aproximadamente 1.05:1 a aproximadamente 6:1, o desde aproximadamente 3:2 a aproximadamente 4:1.

En otra realización, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica posee proporciones molares especificadas de los componentes ácido acrílico y sal de ácido acrílico con respecto al componente reticulante multifuncional. En una realización, esta proporción es desde aproximadamente 24:1 a aproximadamente 100,000:1, o desde aproximadamente 32:1 a aproximadamente 1000:1, o desde aproximadamente 50:1 a aproximadamente 200:1.

En otra realización, la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra óptica posee proporciones molares especificadas del componente formador de red monofuncional etilénicamente insaturado con respecto al componente reticulante multifuncional. En una realización, esa proporción es desde aproximadamente 4:1 a aproximadamente 1000:1, o desde aproximadamente 9:1 a aproximadamente 200:1, o desde aproximadamente 20:1 a aproximadamente 100:1.

Muchas de las composiciones antes mencionadas contienen compuestos que poseen grupos acilo derivados de un ácido acrílico. En una realización preferida, no contienen además compuestos con grupos acilo derivados del ácido metacrílico. Aunque las composiciones SAP que incluyen metacrilatos, ésteres de metacrilato y/o metacrilamidas se utilizan comúnmente para producir composiciones superiores hinchables en agua, los inventores han determinado que el uso sustancial de metacrilatos, ésteres de metacrilato y/o metacrilamidas no es adecuado para su uso en composiciones de la presente invención. Esto se debe a que se cree que la inclusión sustancial de componentes funcionales de metacrilato dificulta la velocidad de curado de la composición en la que se incluyen tales componentes, de modo que la composición dejaría de ser adecuada para los requisitos de curado a alta velocidad de los procedimientos modernos de recubrimiento de fibras ópticas.

Por lo tanto, en una realización, la composición está sustancialmente libre de un componente de metacrilato. En una realización, la composición está sustancialmente libre de un compuesto que posee grupos acilo derivados del ácido metacrílico. En una realización, la composición posee menos del 3 %, o menos del 2 %, o menos del 1 %, o menos del 0.5 % en peso de un compuesto que posee grupos acilo derivados del ácido metacrílico. En una realización alternativa, la composición comprende uno o más compuestos que poseen grupos funcionales polimerizables por radicales libres. Tales compuestos que poseen grupos funcionales polimerizables por radicales libres pueden ser de uno de los elementos de composición existentes; por ejemplo, el formador de red monofuncional etilénicamente insaturado o el reticulante multifuncional. En tal realización alternativa, los grupos polimerizables por radicales libres en todos estos compuestos consisten esencialmente en grupos funcionales de acrilato.

Una segunda realización es una fibra óptica recubierta con un recubrimiento primario, un recubrimiento secundario adherido al recubrimiento primario y que lo rodea, y un recubrimiento exterior hinchable en agua adherido al recubrimiento secundario y que lo rodea, en el que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse del recubrimiento secundario en al menos un punto a lo largo de una sección de la fibra óptica recubierta en 3 minutos, o en 2 minutos, o en 1 minuto, o en 30 segundos, o en 20 segundos, o en 10 segundos, o en 5 segundos después de que la fibra óptica recubierta se haya sumergido en agua desionizada.

En la figura 1 se muestra una fibra óptica recubierta según un aspecto de la segunda realización. Volviendo a la figura 1, se representa una sección transversal de una fibra óptica recubierta con un recubrimiento 10 exterior hinchable en agua según una realización de la invención. Tal fibra óptica recubierta con el recubrimiento 10 exterior hinchable en agua incluye un núcleo 11 de vidrio que tiene un diámetro D_1 , que está rodeado por un revestimiento 12 que tiene un diámetro D_2 . El revestimiento 12 está recubierto con el recubrimiento 13 primario, que a su vez está recubierto con el recubrimiento 14 secundario. Por último, una capa 15 de recubrimiento hinchable en agua rodea y entra en contacto con el recubrimiento secundario, formando así la capa exterior de la fibra óptica recubierta. El diámetro de las fibras ópticas sobre las que se aplica la capa 15 de recubrimiento hinchable en agua por lo general es de unos 240 micrómetros, aunque puede utilizarse cualquier tamaño de fibra óptica recubierta de acuerdo con los principios de la presente invención, tal como 180 - 240 μm , o desde 240-250 μm , por ejemplo.

Los inventores han descubierto que para diseñar un recubrimiento que posea las características de bloqueo de agua más eficientes y efectivas posibles, es importante no sólo que el recubrimiento hinchable en agua sea suficientemente hinchable (en términos de tasa y cantidad total) y fuerte para evitar la desintegración del recubrimiento después del hinchamiento, como se describe en el presente documento, *supra*, sino también que dicho recubrimiento esté configurado para pandearse y desprenderse de la fibra óptica recubierta después de que haya sido expuesta al agua y comience a hincharse.

La capacidad de desprendimiento de un recubrimiento es deseable porque permite maximizar el potencial de hinchamiento de un recubrimiento concreto. En el contexto de las aplicaciones de fibra óptica, dos

recubrimientos con una capacidad similar de hinchamiento de la película no tendrán un rendimiento idéntico en términos de bloqueo longitudinal del agua, en igualdad de condiciones, si uno de los recubrimientos es separable de la fibra recubierta mientras que el segundo no lo es. En este caso, el primer recubrimiento (desprendible) de la fibra mostrará un mayor índice de hinchamiento volumétrico - y un mayor rendimiento de bloqueo longitudinal del agua - que el segundo. Los inventores suponen que esto se debe a que la capacidad de desprendimiento de un recubrimiento es necesaria porque permite que el recubrimiento se hinche sin obstáculos en todas direcciones. Incluso un recubrimiento extremadamente hinchable por el agua que no se desprenda de la capa previamente adherida sólo podrá hincharse con un único grado de libertad (es decir, un aumento de espesor radialmente hacia fuera). Esto se debe a que el contacto de dicho recubrimiento con la capa anterior limitará el hinchamiento posterior en las dimensiones tangencial (es decir, a lo largo de la circunferencia) y axial (a lo largo del recubrimiento). Sin embargo, si el recubrimiento se desprende de la capa anterior, tendrá tres grados de libertad, como a lo largo del diámetro exterior, el diámetro interior y la longitud. Por lo tanto, el hinchamiento volumétrico real con los tres grados de libertad será significativamente mayor que si el hinchamiento se produjera con un solo grado de libertad, incluso para dos recubrimientos con perfiles de hinchamiento de película idénticos.

El problema del desprendimiento es particularmente agudo en el contexto del recubrimiento de fibras ópticas debido a la geometría de los propios recubrimientos sucesivos. Es decir, las fuerzas localizadas inducidas por el procedimiento de hinchamiento del recubrimiento exterior pueden no superar la adhesión significativa a la capa adyacente debido en parte al parche de contacto significativo que se forma inherentemente entre dos recubrimientos sucesivos en una fibra cilíndrica delgada y alargada. En cualquier caso, el procedimiento de hinchamiento genera una tensión de compresión axial en el recubrimiento. Si la fuerza de compresión supera la fuerza crítica de pandeo del recubrimiento, la capa hinchable se pandeará (es decir, formará patrones periódicos a lo largo de la dirección axial inicialmente con el pico del pandeo desplazado en una dirección alejada de la capa de recubrimiento adyacente) y finalmente se desprenderá de la fibra, induciendo así un mayor hinchamiento.

Los inventores han descubierto que tanto la tensión de compresión axial como la fuerza de flexión crítica pueden ajustarse dependiendo de la química, procesamiento y construcción del recubrimiento en particular. Por lo tanto, los inventores han descubierto sorprendentemente que un recubrimiento hinchable en agua concreto puede ajustarse para obtener el máximo rendimiento de bloqueo longitudinal del agua si se configura para que se desprenda de la capa previamente adherida en función de varios factores. Sin embargo, estos factores no pretenden ser limitativos, ya que una vez reconocido este sorprendente vínculo, pueden imaginarse otras formas de configurar el desprendimiento.

Un primer factor a configurar para la capacidad de desprendimiento es a través de la química del propio recubrimiento. Las realizaciones preferidas de recubrimiento con capacidad de hinchamiento e integridad estructural superiores se describen en otra parte del presente documento, *supra*. Los recubrimientos descritos en el presente documento facilitan la máxima cantidad de tensión axial porque presentan una hinchabilidad superior en aplicaciones de fibra óptica recubierta.

Un segundo factor a configurar para la capacidad de desprendimiento es a través del espesor de la propia capa recubierta hinchable en agua. Esto puede ajustarse según los métodos de procesamiento conocidos. Los inventores han descubierto sorprendentemente que los recubrimientos con espesores dentro de determinados intervalos prescritos facilitan la máxima capacidad de desprendimiento. En una realización, por lo tanto, el recubrimiento exterior hinchable en agua posee un espesor desde 0.1 a menos de 20 micrómetros, o desde 1 a 20 micrómetros, o desde 0.2 a 10 micrómetros, o desde 0.3 a 5 micrómetros, o desde 2 a 5 micrómetros, o desde 1 a 4 micrómetros. Si el espesor es demasiado pequeño, es posible que no se produzca una hinchazón suficiente. Si se hace demasiado grande, puede que no se garantice un desprendimiento consistente con la suficiente rapidez, y la cantidad de fibras admisibles en una configuración de tubo amortiguador de tamaño pequeño puede verse reducida por el diámetro relativamente mayor de cada recubrimiento.

Otro factor más que influye positivamente en el rendimiento global de bloqueo de agua longitudinal de un recubrimiento exterior hinchable en agua es la optimización de las condiciones en las que dicho recubrimiento se recubre y cura. Se ha observado que una reducción relativa de la dosis de curado impartida al recubrimiento tiene un efecto sobre la capacidad de dicho recubrimiento para desprenderse posteriormente de la fibra recubierta en condiciones de entrada de agua. Se cree, sin querer estar sujeto a ninguna teoría, que esto ocurre porque la reducción de la dosis de curado da como resultado un recubrimiento parcialmente sin curar con una densidad de reticulación reducida, que a su vez tiene el efecto de impartir una menor acumulación de tensión de compresión inducida por el hinchamiento. En tal caso, la tensión axial localizada impartida por el hinchamiento no siempre es lo suficientemente significativa como para superar la fuerza crítica de pandeo, por lo que el pandeo y el desprendimiento no se producen, o no se producen completamente. Por lo tanto, en una

realización, el recubrimiento se procesa con una dosis de curado suficiente para impartir un porcentaje superficial superior de insaturación de acrilato reaccionado % de RAU de al menos el 80 %, más preferiblemente al menos el 90 %, o al menos el 95 %, o al menos el 98 %, o al menos el 99 % según un método FTIR, que se describe en, *i.a.*, WO2011/075549 ("El grado de curado del recubrimiento secundario en una fibra óptica por FTIR"), que se incorpora por referencia en su totalidad.

Los inventores también han determinado que además de la dosis de curado, la intensidad de curado puede ser un parámetro de procesamiento importante que puede tener un impacto en la capacidad de desprendimiento, hinchabilidad y/o rendimiento de bloqueo de agua longitudinal del recubrimiento. Se ha determinado que, ceteris paribus, las intensidades UV más altas darán lugar a longitudes de cadena cinéticas más cortas y, de este modo, a concentraciones de reticulación más bajas. Esto tiende a dar lugar a una mejora de la hinchabilidad y la capacidad de desprendimiento del propio recubrimiento. Sin embargo, si las intensidades de UV son demasiado altas, las longitudes de cadena cinética cada vez más cortas dan lugar a una densidad de reticulación inadmisiblemente baja, que tiende a producir un recubrimiento que presenta una integridad reducida y se vuelve más susceptible a la desintegración o disolución durante el procedimiento de hinchamiento.

Otros factores potenciales incluyen la antes mencionada densidad de reticulación de la red polimérica en el propio recubrimiento hinchable en agua curado, junto con la viscosidad del recubrimiento durante el procedimiento de recubrimiento, por nombrar un par.

Los factores antes mencionados deben ajustarse para garantizar que el recubrimiento curable por radiación que se puede hinchar en agua para una fibra óptica según la presente invención sea suficientemente hinchable, independientemente de si está configurado para pandearse y/o desprenderse de la fibra recubierta. Este perfil de hinchabilidad es una propiedad necesaria (pero no suficiente) que debe poseer el recubrimiento para garantizar que facilita la construcción de un sistema suficientemente impermeable longitudinalmente. Esta propiedad puede medirse determinando la proporción de hinchamiento de la película del recubrimiento curado. En una realización, la composición posee una proporción de hinchamiento de la película mayor que aproximadamente 5 veces (x), o mayor que aproximadamente 31x, o mayor que aproximadamente 56x, o mayor que 80x, o mayor que 100x, o mayor que 200x, o mayor que 220x. En otra realización, el recubrimiento curable por radiación posee, cuando se recubre una película desde 10 mil sobre una placa de vidrio, y se cura mediante 3 pasadas de 1 J/cm² por pasada con lámparas de Fusión 600 W/in D que imparten una irradiancia de 8 W/cm² en un sistema transportador, una proporción de hinchamiento de la película de al menos 5x, o al menos 10x, o al menos 20x, o al menos 30x, o al menos 40x, y menos de 300x, o menos de 200x, o menos de 100x, o desde 5x a 250x, o desde 20x a 225x, o desde 10x a 100x, o desde 20x a 100x, o desde 40x a 80x, o desde 35x a 250x.

Una tercera realización es un método de aplicación de un recubrimiento líquido hinchable en agua a una fibra óptica recubierta que comprende las etapas de proporcionar una fibra óptica recubierta, aplicar una composición de recubrimiento líquido hinchable en agua a una superficie exterior de una sección de la fibra óptica recubierta para formar una fibra óptica recubierta con una composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua, y exponer la fibra óptica recubierta con la composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua a una fuente de luz capaz de emitir radiación ultravioleta para afectar al curado de dicha composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua, para formar una fibra óptica recubierta con un recubrimiento exterior hinchable en agua, en el que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse de la fibra óptica recubierta en al menos un punto a lo largo de la sección de la fibra óptica recubierta en 3 minutos, o en 2 minutos, o en 1 minuto, o en 30 segundos, o en 20 segundos, o en 10 segundos, o en 5 segundos después del momento a partir del cual la fibra óptica recubierta con el recubrimiento exterior hinchable en agua se ha sumergido en agua desionizada.

Los procedimientos para proporcionar fibras ópticas recubiertas son bien conocidos y se describen en otra parte del presente documento, *supra*. Un método particular de recubrimiento de fibras ópticas incluye las etapas de estirado de una fibra óptica de vidrio a través de una torre de estirado; aplicar una composición de recubrimiento primario sobre la superficie de la fibra óptica de vidrio; opcionalmente, exponer la composición de recubrimiento primario a una primera fuente de luz capaz de emitir radiación ultravioleta para afectar al curado de dicha composición de recubrimiento primario; aplicar una composición de recubrimiento secundario a la composición de recubrimiento primario; y finalmente exponer la composición de recubrimiento primario y la composición de recubrimiento secundario a al menos una de la primera fuente de luz y una segunda fuente de luz capaz de emitir radiación ultravioleta para afectar al curado de dicha composición de recubrimiento primario y dicha composición de recubrimiento secundario. Otros métodos generales de aplicación de capas duales de composiciones de recubrimiento a una fibra de vidrio móvil son bien conocidos en la técnica, y se

divulgan en U.S. Pat. No. 4,474,830 de Taylor y U.S. Pat. No. 4,851,165 de Rennell et al. Pueden encontrarse conceptos de diseño de fibra más recientes en US 8,837,892, US 2014/0294355, y US 2015/0071595.

5 En un aspecto preferido de la tercera realización, el recubrimiento exterior hinchable en agua se aplica a la fibra óptica recubierta de manera que rodee y entre en contacto con el recubrimiento secundario, pero también puede aplicarse a cualquier otra capa de la fibra, tal como la capa primaria, o incluso una tercera, cuarta o quinta capa, etc., siempre que el recubrimiento exterior hinchable en agua siga siendo la capa más externa de la fibra recubierta acabada.

10 El recubrimiento exterior hinchable en agua puede aplicarse a la fibra óptica como recubrimiento más externo sobre los recubrimientos de fibra óptica existentes en el propio procedimiento de estirado, o puede aplicarse en una operación posterior. En una realización, el recubrimiento hinchable en agua se aplica a la fibra óptica recubierta en una operación independiente del propio procedimiento de estirado de la fibra. Si el recubrimiento exterior hinchable en agua se aplica a la fibra óptica recubierta en una operación posterior, la fibra óptica recubierta se suministra a menudo en una bobina, con una porción de la fibra enrollada en ella.

15 En una realización preferida, el recubrimiento exterior hinchable en agua se aplica a la fibra óptica mediante una operación de entintado posterior en una máquina de entintado. En dicho procedimiento, una vez suministrada la fibra óptica, al menos una porción de ella se introduce posteriormente en una máquina de entintado. Por supuesto, si la fibra óptica recubierta se suministra en una bobina, la fibra se desenrollará antes de ser introducida en la máquina de entintado, en un método como es bien conocido en la técnica a la que se aplica esta invención. Una vez que la fibra óptica recubierta se introduce en la máquina de entintado, el recubrimiento hinchable en agua puede aplicarse como una composición líquida a la superficie de la sección de fibra óptica recubierta para formar una fibra óptica recubierta con un recubrimiento exterior líquido hinchable en agua.

20 La velocidad y el espesor a los que se aplica el recubrimiento exterior hinchable en agua sobre la fibra óptica recubierta puede ser cualquier valor adecuado. En una realización, el procedimiento se lleva a cabo a una velocidad desde 20 m/min a aproximadamente 1000 m/min, o desde aproximadamente 50 m/min a aproximadamente 500 m/min. En una realización, el recubrimiento hinchable en agua puede aplicarse a la fibra óptica recubierta con un espesor de 0.1 a menos de 20 micrómetros, o desde 1 a 20 micrómetros, o desde 0.2 a 10 micrómetros, o desde 0.3 a 5 micrómetros, o desde 2 a 5 micrómetros, o desde 1 a 4 micrómetros. Debe procurarse que el espesor se aplique de la manera más uniforme posible en la práctica, de un modo bien conocido en la técnica.

30 La siguiente etapa en el procedimiento de entintado típico consiste en exponer la fibra óptica recubierta con la tinta (o en el caso de la presente invención, el recubrimiento exterior hinchable en agua con o sin una tinta opcional) a una fuente de luz capaz de emitir radiación ultravioleta para afectar al curado de la composición líquida de recubrimiento exterior hinchable en agua, con el fin de formar una fibra óptica recubierta con un recubrimiento exterior hinchable en agua curado. Como se ha descrito anteriormente, debe prestarse atención al procesado de la composición líquida de recubrimiento hinchable en agua al agua con niveles adecuados de intensidad y dosis de UV, a fin de garantizar un curado óptimo y un rendimiento suficiente. En una realización, por lo tanto, la fuente de luz está configurada para impartir una irradiancia, en una superficie de la composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua, o al menos de aproximadamente 1 W/cm²; más preferiblemente desde aproximadamente 1 W/cm² a aproximadamente 9 W/cm², o desde aproximadamente 2 W/cm² a aproximadamente 6 W/cm², o desde aproximadamente 3 W/cm² a aproximadamente 5 W/cm².

45 Finalmente, la fibra óptica recubierta con el recubrimiento exterior hinchable en agua curado puede entonces rebobinarse en otra bobina para formar una sección de una fibra óptica recubierta al menos parcialmente rebobinada. El recubrimiento debe procesarse de forma que no presente una pegajosidad excesiva, lo que provocaría que secciones contiguas dispares de la fibra recubierta en la bobina rebobinada se pegaran entre sí.

50 En otra realización, la fibra óptica recubierta con el recubrimiento exterior curado e hinchable en agua puede, alternativamente, introducirse directamente en el tubo amortiguador durante el procedimiento de extrusión. Este enfoque de alimentación directa puede ser útil si los recubrimientos exteriores hinchables en agua son demasiado pegajosos y se adhieren entre sí durante el procedimiento de bobinado.

55 Una cuarta realización es un haz amortiguado de fibras ópticas, que comprende un tubo amortiguador flexible que posee una longitud y una cavidad sobre al menos una porción de la longitud, y una pluralidad de fibras ópticas recubiertas dispuestas dentro de la cavidad del tubo amortiguador flexible a lo largo de la porción, en el que al menos una de la pluralidad de fibras ópticas recubiertas comprende un recubrimiento exterior hinchable en agua, además, dicho recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse

y desprenderse de la fibra óptica recubierta en al menos un punto a lo largo de una sección de la misma en 3 minutos, o en 2 minutos, o en 10 segundos, o desde 1 a 60 segundos, o desde 10 segundos a 2 minutos, o desde 3 segundos a 10 segundos a partir del momento en que la cavidad se llena de agua desionizada.

5 Los inventores han descubierto sorprendentemente que debido al rendimiento mejorado y a la eficiencia potencial impartida por los recubrimientos y composiciones que se pueden almacenar en agua descritos en el presente documento, es posible diseñar un haz de fibras que sea suficientemente bloqueante de agua longitudinalmente sin el requisito de que cada fibra individual esté recubierta con una composición curada hinchable en agua. La ventaja de esto es que permite un diseño de cable que minimiza el gasto asociado a la utilización de materiales de recubrimiento adicionales. Además, permite reducir el volumen ocupado por las 10 fibras revestidas, aspecto que reviste especial importancia en las configuraciones de tubos amortiguadores de pequeño tamaño, en las que conviene maximizar la densidad de fibras ópticas empleadas.

Por lo tanto, en una realización, menos del 100 % de las fibras ópticas del haz están recubiertas con un recubrimiento exterior hinchable en agua. En una realización, menos del 90 %, o menos del 80 %, o menos del 70 %, o menos del 60 %, o menos del 50 %, o menos del 40 %, o menos del 30 %, o menos del 20 % de las 15 fibras ópticas del haz están revestidas con un recubrimiento exterior hinchable en agua. En otra realización, desde 10 % a 90 %, o desde 20 % a 75 %, o desde 20 % a 50 %, o desde 25 % a 50 % de las fibras ópticas recubiertas comprenden un recubrimiento exterior hinchable en agua. Por supuesto, incluso suponiendo que cada recubrimiento exterior hinchable en agua esté configurado para una capacidad de desprendimiento, integridad e hinchabilidad óptimas, la cantidad de fibras que requieren dicho recubrimiento exterior hinchable 20 en agua en un diseño de cable dado para lograr un rendimiento de bloqueo de agua longitudinal suficiente depende del volumen libre total en el tubo amortiguador, que está influido por el diámetro del tubo amortiguador, el diámetro de cada fibra óptica recubierta individual, el número de fibras en el tubo y el espesor del recubrimiento exterior hinchable en agua, por nombrar algunos factores.

A pesar de lo anterior, los inventores han descubierto sorprendentemente que se puede conseguir un 25 rendimiento de bloqueo de agua longitudinal suficiente incluso en sistemas en los que los propios recubrimientos, después de hincharse, no están configurados para llenar todo el volumen libre en el tubo amortiguador. Se cree que este resultado aparentemente paradójico se debe a la capacidad de los actuales recubrimientos inventivos para desprenderse y reorientarse dentro del tubo amortiguador tras la inmersión en 30 agua. De este modo, en lugar de llenar todo el vacío tridimensional, tales recubrimientos se hinchan y reorientan lo suficiente como para bloquear al menos una sección transversal del tubo amortiguador, atrapando así el agua en bolsas e impidiendo que siga atravesando la longitud del cable. De este modo, en una realización, el haz amortiguado de fibras ópticas posee una cantidad de material de recubrimiento hinchable en agua que está configurado para hincharse hasta llenar menos del 100 % del volumen libre en el haz amortiguado, o menos del 90 % del volumen libre, o menos del 80 %, o menos del 70 %. En una realización, el material de 35 recubrimiento hinchable en agua está configurado para hincharse hasta llenar al menos el 50 %, o al menos el 60 %, o al menos el 70 %, o al menos el 80 % del volumen libre en el haz amortiguado.

De este modo, la utilización de los recubrimientos exteriores impermeables antes mencionados según la presente invención permite diseños de "cable seco" más eficientes que los sistemas anteriores. Esto se debe 40 en porción al hecho de que el volumen total del material de recubrimiento exterior hinchable en agua utilizado es menor que el de los hilos, cintas y/o filamentos recubiertos con SAP tradicionales, lo que permite utilizar una densidad máxima de fibras, manteniendo o incluso mejorando el rendimiento de bloqueo longitudinal del agua.

Los siguientes ejemplos ilustran la invención pero, por supuesto, no deben interpretarse como limitativos de su alcance.

Ejemplos

45 Estos ejemplos ilustran determinadas realizaciones de la presente invención. En la tabla 1 se describen los diversos componentes de la composición base utilizada en todos los ejemplos de la tabla 2.

En primer lugar, se hizo una sal básica (solución de NaOH al 50 % en peso de la composición base de la tabla 1) por disolución (NaOH en peso equivalente de agua para la composición base). La solución, cuando se utiliza 50 en una etapa secuencial, puede poseer aún ligeras cantidades de partículas sólidas, sin embargo, no se espera que esto influya materialmente en la homogeneidad de la solución final. Paralelamente, se concentró un modificador de la viscosidad (para la composición de base, se utilizó una solución de polivinilpirrolidona al 35 % con un peso molecular promedio en número de aproximadamente 160kDa en agua) utilizando un evaporador rotatorio hasta el 50 % en peso.

La formulación base de baja viscosidad (SAP-f) se hizo agregando una cantidad prescrita de ácido acrílico (se utilizaron 89 g de ácido acrílico en la composición base), un formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado (138.7 g de HPA en la composición base) y agua (22.6 g de agua destilada en la composición base) en un Erlenmeyer de 500 mL sobre una placa calefactora con control de temperatura en la solución. Posteriormente, se agregó lentamente una cantidad prescrita de la solución salina básica (67.7 g de la solución de NaOH al 50 % en peso por la composición de base). Durante este procedimiento, inicialmente se formaron precipitados que posteriormente se disolvieron y la temperatura aumentó, obviando el requisito de calentar inicialmente la solución. Durante la adición de la sal básica, la temperatura se mantuvo entre 50 °C y 55 °C. La SAP-f se obtuvo tras la adición completa de la solución de sal básica y la posterior disolución de cualquier precipitado visiblemente remanente.

Dado que el modificador de viscosidad al 50 % en peso (solución de PVP de 74.3 g en la composición base) era demasiado viscoso para agitarlo, se agregó una cantidad equivalente (74.3 g en la composición base) de la solución de SAP-f para diluir el sistema y hacerlo vertible.

A continuación, se realizaron las formulaciones finales agregando los componentes indicados a continuación en un matraz y se colocaron en un mezclador FlackTech durante 4 min, tras lo cual se obtuvieron las soluciones homogéneas finales.

TABLA 1

Función en la fórmula	Descriptor químico	Proveedor/Fabricante	Cantidad utilizada (partes en peso)	Cantidad en la formulación final (% en peso)
Ácido acrílico	Ácido acrílico	Alfa Aesar	28.8	19
Sal básica	Hidróxido de sodio (50 % en agua)	Merck	10.24	0
Sal de ácido acrílico	Acrilato de sodio	Sintetizado durante el experimento	0	12
Formador de red monofuncional etilénicamente insaturado	acrilato de hidroxipropilo	Sigma-Aldrich	21.12	21
Fotoiniciador	Óxido de difenil(2,4,6 - trimetilbenzoil) fosfina	Sigma-Aldrich	1	1
Modificador de viscosidad	Polivinilpirrolidona, MW 160KDa, 35 % en agua	Sigma-Aldrich	18	18
Agua	H ₂ O	Múltiple	21.84	29
Reticulante multifuncional	diacrilato de trietilenglicol	Sigma-Aldrich	-	-

Ejemplos 1-11

A continuación, se formularon múltiples composiciones hinchables en agua según el método descrito en el presente documento agregando cantidades variables del reticulante multifuncional diacrilato de trietilenglicol a la composición base descrita anteriormente (y representada en la tabla 2 bajo el título "Enlazante X"). Las composiciones de recubrimiento descritas en la tabla 2 se aplicaron y curaron en la línea de entintado como

una fina capa externa SAP sobre una fibra óptica comercial recubierta de doble capa con un diámetro exterior de 240 μm, en las condiciones de curado de un bulbo Microwave D Fusion 600W/in de 0.11 mm a 100 m/min, con una purga de nitrógeno con un caudal de 20 litros por minuto, a diferentes niveles de intensidad y diferentes espesores de recubrimiento. Para cada muestra del tipo de composición/procesado/construcción seleccionada, se indican a continuación múltiples variables de rendimiento, incluida la proporción de hinchamiento de la película de agua de la composición, y su rendimiento de pandeo y desprendimiento en la fibra observada al microscopio. Por último, cada tipo de construcción de recubrimiento se sometió a una prueba longitudinal de bloqueo por agua. Para cada ejemplo, se registró el resultado global de la prueba de bloqueo por agua. Los resultados de cada prueba se recogen en la tabla 2.

5

10 Prueba del tubo de bloqueo de agua longitudinal

Para la prueba de bloqueo de agua longitudinal, se utilizó un montaje representado en la figura 2. En el montaje 20, cinco fibras ópticas recubiertas con un número variable de recubrimientos SAP aplicados a las mismas mediante una máquina de entintado (no mostrada) se insertaron manualmente en un tubo 24 de PTFE con un diámetro interior de 1 mm y una longitud 26 de 75 cm. El número de fibras sobre las que se aplicaron los recubrimientos SAP, junto con el espesor aplicado de cada uno, se muestra en la tabla 2, entendiéndose que el espesor de cada recubrimiento SAP se aplicó uniformemente a cada fibra de un ejemplo dado. El tubo 24 se conectó mediante una aguja y un tubo de goma a una bureta 21 (con un diámetro interior de 1 cm) y se llenó de agua desionizada con una pequeña cantidad de tinte 22 hasta una altura 23 de 50 cm. En t=0, se abrió la válvula 27 de la bureta 21, permitiendo que el agua fluyera hacia el tubo 24 lleno de fibras. Podría observarse visualmente que el frente de agua se detiene o progresa con el tiempo.

15

20

Se observó la penetración 25 inicial, que se define como la longitud observada de penetración de agua en 3 minutos. Se observó si seguía entrando agua durante una hora, tras lo cual se registró la distancia final recorrida. Por último, se asignó una calificación a cada muestra en función de la distancia de desplazamiento final observada ("D") según la escala que figura a continuación, y la calificación se registró en la tabla 2, en la columna titulada "Bloque de agua":

25

Distancia de entrada de agua después de 1 h	Calificación
D≤10cm	Excelente
10cm<D≤30cm	Buena
30cm<D≤60cm	Promedio
D>60cm	Mala

Prueba de pandeo y desprendimiento del recubrimiento SAP sobre la fibra

Se colocó una única fibra recubierta de SAP en un portaobjetos bajo un microscopio con un aumento de 40x o 100x. A continuación, se colocó una gota de agua desionizada sobre la fibra y se observó al microscopio el hinchamiento del recubrimiento SAP. Se tomaron fotografías a intervalos especificados. A continuación, se observó la naturaleza del hinchamiento y el cambio en el recubrimiento SAP y se informó de ello en la tabla 2, con los valores registrados bajo los encabezamientos de columna "pandeo" y "desprendimiento". Se observó que en algunas muestras se producía un fenómeno de desintegración, es decir, que el recubrimiento se asemejaba a una gelatina casi fluida y se rompía fácilmente en muchos trozos pequeños. Aunque vaya acompañado de un desprendimiento, no es un resultado deseado.

30

35

Prueba de la proporción de hinchamiento de la película

En primer lugar, se proporcionó una reducción de 10mil, en la que dicha reducción se curó mediante 3 pasadas de dosis de 1 J/cm² por pasada bajo lámpara D Fusion 600W/in en sistema transportador con una irradiancia de aproximadamente 8 W/cm² medida por un radiómetro ILT490. A continuación, se cortó un trozo de la muestra de detracción en forma de cuadrado de aproximadamente 2 cm x 2 cm. A continuación, se pesó la muestra para establecer su peso en seco. A continuación, la muestra se sumergió en agua desionizada. Tras 30 minutos de remojo, el agua se filtró con una bayeta de limpieza WypAll®. A continuación, la muestra empapada se pesó de nuevo para obtener un peso hinchado. La proporción de aumento de peso se calculó entonces determinando el valor del peso hinchado dividido por el peso seco. Como se sabe que la película de SAP posee una densidad similar a la del agua, la proporción de hinchamiento en volumen se aproximó al mismo valor que la proporción de aumento de peso calculada y se registró en la columna encabezada por "proporción de hinchamiento" en la tabla 2.

40

45

TABLA 2

Muestra	Enlazante X	Potencia de la lámpara	Espesor del recubrimiento o SAP (μm)	# Fibras recubiertas de SAP	Pandeo	Desprendimiento	Proporción de hinchamiento	Bloque de agua
1	0.1 %	100 %	3.5	5	No	Desprendimiento & desintegración	Desintegración	Malo
2	0.1 %	67 %	3.5	5	No	Desprendimiento & desintegración	Desintegración	Mala
3	0.5 %	100 %	3.5	5	Parcial	Desprendimiento parcial	78	Buena
4	0.5 %	67 %	3.5	5	Parcial	Desprendimiento parcial	78	Promedio
5	1 %	100 %	3.5	5	Sí	Desprendimiento	40	Excelente
6	1 %	67 %	3.5	5	No	No	40	Mala
7	5 %	100 %	3.5	5	Sí	Desprendimiento	5	Promedio
8	5 %	67 %	3.5	5	No	No	5	Malo
9	1 %	100 %	1	5	Sí	No	40	Mala
10	1 %	100 %	10	5	Sí	Desprendimiento	40	Promedio
11	1 %	100 %	3.5	3 (+2 sin recubrimiento)	Sí	Desprendimiento	40	Buena

Ejemplos 12-24

5 A continuación, se prepararon ejemplos adicionales para mostrar los efectos del uso de diferentes cantidades y/o tipos de formadores de redes monofuncionales etilénicamente insaturados, modificadores de la viscosidad y reticulantes multifuncionales sobre la hinchabilidad de la composición de recubrimiento exterior hinchable en agua asociada. Tales composiciones 12-24 se prepararon de acuerdo con el método general descrito anteriormente con respecto a la formulación de la composición base utilizada en la tabla 1, aunque con los reactivos y las cantidades relativas diferentes, como se prescribe en las tablas 3 y 4 a continuación. Se registró el aspecto de cada recubrimiento, y el valor relativo de rendimiento de hinchamiento se registró en la fila encabezada por "Proporción de hinchamiento" realizándose dicha prueba de acuerdo con el método de prueba de hinchamiento de relación de película descrito anteriormente.

TABLA 3

Función en la fórmula	Componente (y abreviatura)	Proveedor/Fabricante	CAS #
Ácido acrílico	Ácido acrílico	Alfa Aesar	79-10-7
Sal básica	Hidróxido de sodio al 50 % (NaOH)	BDH	1310-73-2
Agua	Agua desionizada (agua DI)	DSM Desotech	7732-18-5
Formador de red monofuncional etilénicamente insaturado	Acrilato de 2-(2-etoxietoxi)etilo (EOEOA)	TCI América	7328-17-8
	N-isopropilacrilamida (NIPAM)	TCI América	2210-25-5
	Ácido 2-acrilamido-2-metil-1-propanosulfónico (AMPS)	TCI América	15214-89-8
	Acrilato de hidroxipropilo (HPA)	TCI América	25584-83-2

ES 2 987 479 T3

	1-Vinil-2-pirrolidona (NVP)	TCI América	88-12-0
Modificador de viscosidad	35 % polivinilpirrolidona K60 en agua (PVP/H ₂ O)	TCI América	9003-39-8
	Polietilenglicol, Mw 250,000 a 4,000,000 (PEO)	Acros Organics	25322-68-3
Reticulante multifuncional	Miramer M232 (Mw258) diacrilato de trietilenglicol (TGD)	Miwon Specialty Chemical	1680-21-3
	Adipato de divinilo	TCI América	4074-90-2
	diacrilato de polietilenglicol (PEGDA), Mw 8000	Alfa Aesar	26570-48-9
Fotoiniciador	Óxido de difenil (2,4,6-trimetilbenzoil) fosfina (TPO)	IGM Resins	75980-60-8
Aditivo	agente humectante; PEG, PPG-18, 18 Dimeticona (DC-190)	Dow Corning	Propiedad
Aditivo	surfactante copolímero de silicona y glicol no reactivo (DC-57)	Dow Corning	70914-12-4

TABLA 4

Componente \ Ejemplo #	Todas las cantidades se indican en partes por peso																									
	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
Acido acrilico	24.46	26.18	26.04	39.27	29.45	27.90	23.79	28.14	41.91	33.09	28.24	28.57	27.49													
NaOH	10.29	10.21	16.78	13.98	10.75	10.04	8.56	9.35	15.30	12.08	10.31	10.43	9.97													
Agua DI	5.44	7.11	13.88	15.62	3.58	4.28	16.43	3.95	5.10	23.63	3.44	3.48	5.95													
EOEOA	25.26				21.66				30.82	24.33	20.77	21.01	10.51													
NIPAM		19.25				20.52																				
AMPS			12.58				17.50																			
HPA								10.65																		9.67
NVP								10.65																		
PVP/H ₂ O	32.73	35.29	28.93	29.17	32.73	35.29	31.76	35.29			35.29	19.05	25.80													
PEO									4.90	4.90																
TGD	0.91	0.98	0.89	0.98	0.91	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98		0.47													
PEGDA												16.40	8.20													
TPO	0.91	0.98	0.89	0.98	0.91	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	0.98	1.06	1.47													
DC-190													0.33													
DC-57													0.16													
Total	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100													
Aspecto	brumoso	transparente	transparente	transparente	brumoso	transparente	transparente	transparente	brumoso	brumoso	brumoso	transparente	transparente													
Proporción de hinchamiento	32	69	41	52	61	62	35	44	37	65	51	222	80													

Discusión de los resultados

Las figuras 3a y 3b muestran imágenes del ejemplo 5 de la tabla 2 en dos intervalos de tiempo diferentes tras la exposición al agua. El ejemplo 5 representa un ejemplo de una fibra que se ha pandeado y desprendido tras la inmersión en agua. La figura 3(a) muestra una imagen aproximadamente 3 segundos después de que la fibra recubierta de SAP se haya sumergido en agua. Como puede observarse, la capa de recubrimiento SAP mostró un comportamiento de pandeo sustancial, formando un patrón que se asemeja mucho a un patrón periódico de alta frecuencia a lo largo de la dirección axial con el pico de los pandeos levantado lejos del recubrimiento secundario. En el momento máximo de pandeo, la distancia promedio entre los picos y los valles de los pandeos era de al menos 10 μm . Más allá de esto, la capa de recubrimiento SAP se desprendió sustancialmente del recubrimiento secundario, con los pandeos relajados y la película totalmente hinchada. Este fenómeno se representa en la figura 3(b), que es una fotografía tomada aproximadamente 5 segundos después de la inmersión en agua. La figura 4, por el contrario, muestra un ejemplo de una fibra recubierta de SAP que no presenta pandeo ni desprendimiento de la fibra recubierta. Corresponde al Ejemplo 6 de la tabla 2. Esta capa de recubrimiento SAP mostró un aumento sustancial de espesor desde sus 3.5 μm iniciales hasta aproximadamente 41 μm . Aunque el recubrimiento presentaba un ligero patrón de arrugas, ninguna porción de la película de la capa SAP se levantó del recubrimiento secundario asociado, incluso con un periodo de inmersión desde 5 minutos. No alcanzó el umbral de pandeo en el que la fuerza axial de compresión debe superar la fuerza crítica de pandeo.

La figura 5, por su parte, muestra un ejemplo de una fibra que se ha pandeado, pero no desprendido, de su fibra recubierta asociada después de haber alcanzado su estado de hinchamiento de equilibrio. Esta figura es una fotografía del ejemplo 9 de la tabla 2, en el que se aplicó una capa de SAP de 1 μm a una fibra recubierta. El hinchamiento de la capa de recubrimiento SAP de 1 micrómetro fue eficaz en la formación de hebillas periódicas, sin embargo, los pandeos de la capa de recubrimiento SAP fina eran estables y no se desprendieron más de la fibra para permitir la consecución de un estado relajado, totalmente hinchado, como se representó en la figura 3(b). Por otro lado, el ejemplo 10 de la tabla 2, con su capa SAP relativamente gruesa desde 10 μm , mostró un pandeo sustancial y un desprendimiento de la fibra recubierta asociada. Esto le permitió alcanzar un estado completamente hinchado, aunque tardó más tiempo en hacerlo que en el ejemplo 5. Aquí, la fase de pandeo duró más tiempo (hasta aproximadamente 30 segundos); sólo permitiendo que el recubrimiento del ejemplo 10 alcanzara una fase de hinchamiento totalmente desprendido y totalmente relajado después de aproximadamente 60 segundos. Este retraso relativo dio como resultado un rendimiento inferior del ejemplo 10 en la prueba de bloqueo longitudinal del agua en relación con el del ejemplo 5, a pesar de que el ejemplo 5 poseía una capa de recubrimiento SAP más fina.

Se observó que el comportamiento de hinchamiento de las muestras asignadas con un resultado de bloque de agua de "malo" o bien no se pandearon, o, se pandearon pero no se despegaron y relajaron al estado de hinchamiento completo.

Los inventores han descubierto sorprendentemente que con el comportamiento ideal de pandeo y desprendimiento mediante el control de la naturaleza de la composición del recubrimiento SAP, el espesor de la capa SAP y las condiciones de procesamiento, se puede conseguir un rendimiento de bloqueo de agua longitudinal suficiente incluso en sistemas en los que los propios recubrimientos SAP después del hinchamiento no están configurados para llenar todo el volumen libre en el tubo amortiguador. Este fenómeno se observa con respecto al menos al ejemplo 11 de la tabla 2. En este ejemplo, se colocó un haz desde 5 fibras ópticas recubiertas con un diámetro exterior de 240 μm en un tubo con un diámetro interior de 1 mm. De las 5 fibras, sólo tres se recubrieron con una capa de SAP, aplicándose cada capa de SAP con un espesor de 3.5 μm . El volumen libre calculado del tubo en esta configuración era desde 0.55 mm^2 . Esta configuración fue capaz de lograr un rendimiento de bloqueo de agua longitudinal con una designación de "buena", a pesar del hecho de que la proporción de hinchamiento real ($\approx 40\times$, que se basó en el cálculo del cubo de la proporción de hinchamiento de la película de 3.4x como se muestra en la tabla 2, con lo cual se estimó que el hinchamiento en la fibra era una expansión volumétrica tridimensional) fue inferior a la proporción de hinchamiento teórica requerida de 69 veces, que habría sido el valor requerido para que cada una de las 3 fibras recubiertas con SAP llenara todo el volumen libre. Se cree que este resultado aparentemente paradójico se debe a la capacidad de los actuales recubrimientos inventivos para desprenderse y reorientarse dentro del tubo amortiguador tras la inmersión en agua. De este modo, en lugar de llenar todo el vacío tridimensional, dichos recubrimientos se hinchan y reorientan lo suficiente como para bloquear al menos una sección transversal del tubo amortiguador, atrapando así el agua en bolsas e impidiendo que siga atravesando la longitud del cable.

Se observa que el ejemplo 9 no rindió bien en la prueba de bloque de agua, pero se conjetura que una reconfiguración de la composición utilizada de acuerdo con algunas de las composiciones de mayor hinchamiento de la tabla 3 aún podría producir resultados aceptables.

Realizaciones de ejemplo adicionales

Un primer aspecto de una primera realización de ejemplo adicional de la invención es una composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra que comprende:

un ácido acrílico;

5 una sal de ácido acrílico;

un formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado;

un fotoiniciador;

un modificador de la viscosidad;

una cantidad de agua; y

10 un reticulante multifuncional;

en la que la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra es un líquido a temperatura ambiente; y/o

15 en la que, cuando la composición de recubrimiento curable por radiación se recubre sobre 5 fibras ópticas recubiertas y se somete a una prueba de tubo longitudinal de bloqueo de agua como se describe en el presente documento, alcanza una distancia de una entrada de agua después de 1 hora de exposición a agua desionizada de menos de o igual a 60 centímetros (cm), o menos de 30 cm, o menos de 10 cm, o desde 10 cm a 30 cm, o desde 30 cm a 60 cm.

20 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra del aspecto anterior, en la que el ácido acrílico está presente en una cantidad, relativa al peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra, de aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 50 % en peso o de aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 50 % en peso, o de aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 30 % en peso, o de aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 25 % en peso, o de aproximadamente 15 % en peso a aproximadamente 40 % en peso, o de aproximadamente 18 % en peso a aproximadamente 35 % en peso, o de aproximadamente 20 % en peso a aproximadamente 30 % en peso.

25 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el ácido acrílico está presente, en una cantidad relativa a toda la composición, desde aproximadamente 0.14 a aproximadamente 4.2 mol/kg, o desde 0.7 a 2.1 mol/kg.

30 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la sal de ácido acrílico es el producto de reacción del ácido acrílico y una sal básica.

35 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la reacción del ácido acrílico y la sal básica neutraliza al menos el 10 %-99 % del ácido acrílico, o desde al menos el 25 % hasta aproximadamente el 95 % del ácido acrílico, o desde al menos el 33 % hasta aproximadamente el 90 % del ácido acrílico, o desde al menos el 50 % hasta aproximadamente el 90 % del ácido acrílico, o al menos el 75 % del ácido acrílico, o al menos el 90 % del ácido acrílico.

40 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición comprende una proporción del ácido acrílico a la sal de ácido acrílico desde aproximadamente 12:1 a aproximadamente 1:12, o desde aproximadamente 6:1 a aproximadamente 1:6, o desde aproximadamente 3:1 a aproximadamente 1:1.

45 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la sal básica es una sal alcalina que comprende además un catión de litio, sodio o potasio.

ES 2 987 479 T3

Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la sal de ácido acrílico comprende acrilato de sodio.

5 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la sal de ácido acrílico está presente en una cantidad en peso, relativa al peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de aproximadamente 1 % en peso a aproximadamente 30 % en peso, más preferiblemente desde aproximadamente 5 % en peso a aproximadamente 15 % en peso.

10 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el ácido acrílico y/o la sal de ácido acrílico está presente en una cantidad, relativa a toda la composición, desde aproximadamente 1.4 a aproximadamente 8.3 mol/kg, o desde 2.1 a 5.6 mol/kg, o desde 2.5 a 4.9 mol/kg, o desde 2.8 a 4.2 mol/kg.

15 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la proporción molar del ácido acrílico con respecto a la sal de ácido acrílico es menos de o igual a 9: 1, o menos de o igual a 3:1, o menos de o igual a 1:1, o menos de o igual a 1:3, o menos de o igual a 1: 10, o desde 9:1 a 1:10, o desde 3:1 a 1:3.

20 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el formador de red monofuncional etilénicamente insaturado comprende un éster de acrilato.

25 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el formador de red etilénicamente insaturado comprende una acrilamida.

Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el formador de red monofuncional etilénicamente insaturado comprende un compuesto de acrilato hidroxifuncional.

30 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el compuesto de acrilato hidroxifuncional comprende acrilato de dietilenglicol éter etílico, acrilato de 2-hidroxipropilo, acrilato de 3-hidroxipropilo, acrilato de hidroxietilo, acrilato de 4-hidroxibutilo, acrilato de 2,3-dihidroxipropilo o acrilato de 2-hidroxi-1-(hidroximetil)etilo.

35 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado comprende un éter de acrilato etoxilado.

40 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el éter de acrilato etoxilado comprende acrilato de metoxi(polietilenglicol), acrilato de etoxi(polietilenglicol), acrilato de éter metílico de etilenglicol, acrilato de éter metílico de dietilenglicol, acrilato de éter metílico de trietilenglicol, acrilato de éter metílico de tetraetilenglicol, acrilato de éter etílico de etilenglicol, acrilato de éter etílico de dietilenglicol, acrilato de éter etílico de trietilenglicol, acrilato de éter etílico de tetraetilenglicol o acrilato de dietilenglicol-2-etilhexiléter.

45 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado está presente en una cantidad en peso, relativa al peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de aproximadamente 5 % en peso a aproximadamente 50 % en peso, más preferiblemente desde
50 aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 30 % en peso.

Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado está presente en una cantidad, relativa a toda la

composición, desde aproximadamente 0.38 a aproximadamente 3.8 mol/kg, o desde aproximadamente 0.75 a aproximadamente 2.3 mol/kg.

5 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el fotoiniciador comprende un compuesto de óxido de fosfina.

10 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el fotoiniciador está presente en una cantidad en peso, relativa al peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de aproximadamente 0.1 % en peso a aproximadamente 5 % en peso, más preferiblemente desde aproximadamente 0.2 % en peso a aproximadamente 2 % en peso, o desde aproximadamente 0.5 % en peso a aproximadamente 1.5 % en peso.

Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el modificador de la viscosidad es soluble en agua.

15 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el modificador de la viscosidad comprende un alcohol polivinílico, una polivinilpirrolidona, un almidón, una celulosa modificada, una gelatina, un compuesto de poliglicol o un ácido poliacrílico.

20 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la celulosa modificada comprende un compuesto de metilcelulosa o hidroxietilcelulosa.

25 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el modificador de la viscosidad comprende una polivinilpirrolidona, en la que dicho compuesto de polivinilpirrolidona posee un peso molecular promedio en número de 100 kDa a 500 kDa, o desde 120 kDa a 200 kDa.

30 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el modificador de la viscosidad está presente en una cantidad en peso, en relación con el peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de aproximadamente 5 % en peso a aproximadamente 40 % en peso, o de aproximadamente 8 % en peso a aproximadamente el 30 % en peso, o desde aproximadamente el 10 % en peso a aproximadamente el 25 % en peso, o desde aproximadamente el 15 % en peso a aproximadamente 20 % en peso.

35 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el agua está presente, en una cantidad en peso, relativa al peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de aproximadamente 3 % en peso a aproximadamente 50 % en peso, o desde aproximadamente 5 % en peso a aproximadamente 45 % en peso, o desde aproximadamente 10 % en peso a aproximadamente 40 % en peso, o desde aproximadamente 15 % en peso a aproximadamente 35 % en peso.

Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el reticulante multifuncional comprende un compuesto polimerizable por radicales libres con un promedio mayor que 1.9 grupos funcionales.

45 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el reticulante multifuncional comprende un acrilato multifuncional o una acrilamida multifuncional.

50 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el reticulante multifuncional comprende un compuesto de acrilato difuncional o de acrilato trifuncional.

Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el

- 5 reticulante multifuncional comprende diacrilato de etilenglicol, diacrilato de dietilenglicol, diacrilato de trietilenglicol, diacrilato de tetraetilenglicol, diacrilato de hexano diol etoxilado, etoxilato de trimetilolpropano, diacrilato de éter metílico, diacrilato de neopentilglicol, diacrilato de 1,3-butanodiol, diacrilato de glicerol-1,3-diglicerolato, bis[oxi-2-hidroxi-3,1-propanodiol] bisacrilato de 1,6-hexanodiol, triacrilato de pentaeritritol, triacrilato de pentaeritritol etoxilado, diacrilato de 1,4, butanodiol o diacrilato de 1,6 hexano diol.
- Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el reticulante multifuncional posee un peso molecular promedio en número de 200 a 20,000 g/mol, o preferiblemente de 200 a 15,000 g/mol, o incluso más preferiblemente de 400 a 10000 g/mol.
- 10 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el reticulante multifuncional comprende un compuesto de bisacrilamida de n,n-metileno o un compuesto de bisacrilamida de n-n-etileno.
- 15 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el reticulante multifuncional está presente, en una cantidad en peso, en relación con el peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra, de más de 0.1 % en peso a menos de 20 % en peso, o desde 0.1 % en peso a 15 % en peso, o desde 0.1 % en peso a 10 % en peso, o desde 0.1 % en peso a 5 % en peso, más preferiblemente desde aproximadamente 0.5 % en peso a
- 20 aproximadamente 3 % en peso.
- Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el reticulante multifuncional está presente en una cantidad, relativa a toda la composición, desde aproximadamente 3.8 a aproximadamente 190 mmol/kg, o desde aproximadamente 19 a 110 mmol/kg.
- 25 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la proporción molar del ácido acrílico y la sal de ácido acrílico con respecto al monómero monofuncional etilénicamente insaturado es desde aproximadamente 1:1 a aproximadamente 9:1, o desde aproximadamente 1.05:1 a aproximadamente 6:1, o desde aproximadamente 3:2 a aproximadamente 4:1.
- 30 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la proporción molar del ácido acrílico y la sal de ácido acrílico con respecto al reticulante multifuncional es desde aproximadamente 24:1 a aproximadamente 100,000:1, o desde aproximadamente 32:1 a aproximadamente 1000:1, o desde aproximadamente 50:1 a aproximadamente 200:1.
- 35 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la proporción molar del formador de red monofuncional etilénicamente insaturado con respecto al reticulante multifuncional es desde aproximadamente 4:1 a aproximadamente 1000:1, o desde aproximadamente 9:1 a aproximadamente 200:1, o desde aproximadamente 20:1 a aproximadamente 100:1.
- 40 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición comprende además una tinta.
- Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra del aspecto anterior, en la que la tinta comprende un
- 45 tinte o pigmento.
- Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los dos aspectos anteriores, en la que la tinta está presente en una cantidad, en relación con el peso de toda la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de aproximadamente 0.01 % en peso a
- 50 aproximadamente 5 % en peso, o desde aproximadamente 0.05 % en peso a aproximadamente 2 % en peso, o desde aproximadamente 0.1 % en peso a aproximadamente 1 % en peso.
- Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la

composición está sustancialmente libre de un componente derivado de, o que posee grupos acilo derivados de, un ácido metacrílico.

5 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición posee menos de 3 %, o menos de 2 %, o menos de 1 %, o menos de 0.5 %, o menos de 0.1 % de un componente derivado de un ácido metacrílico.

10 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el componente derivado de un ácido metacrílico incluye un metacrilato, un éster de metacrilato o una metacrilamida.

Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición posee una pluralidad de monómeros polimerizables por radicales libres, en la que los monómeros polimerizables por radicales libres consisten esencialmente en componentes derivados del ácido acrílico.

15 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición comprende además un aditivo.

20 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra posee una viscosidad desde 700 a 2500 cPs a 25 °C.

25 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación posee, cuando se recubre como una película desde 10 mil sobre una placa de vidrio, una proporción de hinchamiento de al menos 5x, o al menos 10x, o al menos 20x, o al menos 30x, o al menos 40x, y menos de 300x, o menos de 200x, o menos de 100x.

30 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que cuando el recubrimiento se aplica a un espesor de aproximadamente 3 micrómetros a una sección de 4 metros de una fibra óptica que posee un diámetro de aproximadamente 245 micrómetros, y se inserta en un tubo dispuesto horizontalmente que posee un diámetro interior de aproximadamente 1 mm y se expone en un primer extremo a agua desionizada que es alimentada por gravedad por una columna de agua vertical de 0.5 m durante 10 segundos, un desplazamiento de dicha agua desionizada no se extiende más allá de 3 metros a lo largo de la longitud del tubo impermeable al agua desde el primer extremo.

35 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición está sustancialmente libre de un compuesto de metacrilato.

40 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición está sustancialmente libre de un compuesto que posee grupos acilo derivados del ácido metacrílico.

45 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición posee, en relación con el peso de toda la composición, menos de 3 % en peso, o menos de 2 % en peso, o menos de 1 % en peso, o menos de 0.5 % en peso de un compuesto de metacrilato.

50 Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la composición posee, en relación con el peso de toda la composición, menos de 3 % en peso, o menos de 2 % en peso, o menos de 1 % en peso, o menos de 0.5 % en peso de un compuesto que posee grupos acilo derivados del ácido metacrílico.

Un aspecto adicional de la primera realización de ejemplo adicional es la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que la

composición comprende uno o más compuestos que poseen grupos funcionales polimerizables por radicales libres, en los que los grupos polimerizables por radicales libres consisten esencialmente en grupos funcionales de acrilato.

5 Un primer aspecto de una segunda realización de ejemplo adicional de la invención es una fibra óptica recubierta que comprende:

un recubrimiento primario;

un recubrimiento secundario adherido a dicho recubrimiento primario y que lo rodea; y

un recubrimiento exterior hinchable en agua adherido a dicho recubrimiento secundario y que lo rodea;

10 en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse del recubrimiento secundario en al menos un punto a lo largo de una sección de la fibra óptica recubierta en 3 minutos después de que la fibra óptica recubierta se haya sumergido en agua desionizada en 10 segundos, o en 2 minutos.

15 Un aspecto adicional de la segunda realización de ejemplo adicional es la fibra óptica recubierta del aspecto anterior, en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua posee un espesor desde 0.1 a menos de 20 micrómetros, o desde 0.2 a 10 micrómetros, o desde 0.3 a 5 micrómetros, o desde 1 a 4 micrómetros, o desde 2 a 20 micrómetros, o desde 2 a 15 micrómetros, o desde 2 a 10 micrómetros, o desde 2 a 8 micrómetros, o desde 2 a 5 micrómetros.

20 Un aspecto adicional de la segunda realización de ejemplo adicional es la fibra óptica recubierta de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que cuando una sección de 4 metros de la fibra óptica recubierta se inserta en un tubo impermeable al agua dispuesto horizontalmente que posee un diámetro interior de aproximadamente 1 mm y expuesto en un primer extremo a agua desionizada que es alimentada por gravedad por una columna de agua vertical de 0.5 m durante 10 segundos, un desplazamiento de dicha agua desionizada no se extiende más allá de 3 metros a lo largo de la longitud del tubo impermeable al agua desde el primer extremo.

25 Un aspecto adicional de la segunda realización de ejemplo adicional es la fibra óptica recubierta de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que cuando una sección continua de cinco fibras ópticas recubiertas se inserta en un tubo impermeable al agua dispuesto horizontalmente que posee un diámetro interior de aproximadamente 1 mm y a y se expone en un primer extremo a agua desionizada que es alimentada por gravedad por una columna de agua vertical de 0.5 m durante 10 segundos, un desplazamiento de dicha agua desionizada no se extiende más allá de 3 metros a lo largo de la longitud del tubo impermeable al agua desde el primer extremo.

30 Un aspecto adicional de la segunda realización de ejemplo adicional es la fibra óptica recubierta de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua es el producto curado del recubrimiento curable por radiación hinchable en agua de cualquiera de los aspectos de la primera realización de ejemplo adicional.

35 Un aspecto adicional de la segunda realización de ejemplo adicional es la fibra óptica recubierta de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado además para poseer una proporción de hinchamiento tridimensional desde aproximadamente 3x a aproximadamente 300x, o desde aproximadamente 5x a aproximadamente 250x, o desde aproximadamente 30x a aproximadamente 200x.

40 Un aspecto adicional de la segunda realización de ejemplo adicional es la fibra óptica recubierta de cualquiera de los aspectos anteriores, en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua posee un porcentaje de insaturación de acrilato reaccionado (% de RAU) en la superficie superior de al menos el 80 %, más preferiblemente al menos el 90 %, o al menos el 95 %, o al menos el 98 %, o al menos el 99 % cuando se prueba según un método FTIR.

45 Un primer aspecto de una tercera realización de ejemplo adicional de la invención es un método de aplicación de un recubrimiento líquido hinchable en agua a una fibra óptica recubierta que comprende las etapas de:

proporcionar una fibra óptica recubierta;

aplicar una composición de recubrimiento líquido hinchable en agua a una superficie exterior de una sección de fibra óptica recubierta para formar una fibra óptica recubierta con una composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua;

5 y exponer la fibra óptica recubierta con la composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua a una fuente de luz capaz de emitir radiación ultravioleta para afectar al curado de dicha composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua, para formar una fibra óptica recubierta con un recubrimiento exterior hinchable en agua;

10 en el que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse de la fibra óptica recubierta en al menos un punto a lo largo de la sección de la fibra óptica recubierta en los 3 minutos siguientes al momento en que la fibra óptica recubierta con el recubrimiento exterior hinchable en agua ha estado sumergida en agua desionizada.

Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según el aspecto anterior, en el que la composición de recubrimiento líquido hinchable en agua se define por la composición de cualquiera de los aspectos de la primera realización de ejemplo adicional.

15 Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según cualquiera de los aspectos anteriores, en el que la etapa de provisión comprende desenrollar la sección de fibra óptica recubierta de una primera bobina.

20 Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según cualquiera de los aspectos anteriores, en el que la etapa de provisión comprende alimentar la sección de la fibra óptica recubierta a una máquina de entintado.

25 Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método de acuerdo con cualquiera de los aspectos anteriores, en el que la composición de recubrimiento líquida hinchable en agua se aplica a la superficie exterior de la sección de la fibra óptica recubierta con un espesor desde 0.1 a 20 micrómetros, o desde aproximadamente 0.2 a aproximadamente 10 micrómetros, o desde aproximadamente 0.3 a aproximadamente 5 micrómetros, o desde aproximadamente 1 a aproximadamente 4 micrómetros.

Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según cualquiera de los aspectos anteriores, en el que la composición de recubrimiento líquida que se puede diluir en agua posee una viscosidad desde 700 a 2500 cPs a 25 °C.

30 Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según cualquiera de los aspectos anteriores, que comprende además la etapa de rebobinar al menos una porción de la fibra óptica recubierta con el recubrimiento exterior hidrosoluble curado en una segunda bobina para formar una sección de fibra óptica recubierta parcialmente rebobinada.

35 Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según cualquiera de los aspectos anteriores, que comprende además la etapa de alimentar la fibra óptica recubierta con el recubrimiento exterior hinchable en agua directamente en un tubo amortiguador en un procedimiento de extrusión de tubo amortiguador.

40 Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según cualquiera de los aspectos anteriores, en el que el recubrimiento exterior hinchable en agua posee un porcentaje de insaturación de acrilato reaccionado (% de RAU) en la superficie superior de al menos el 80 %, más preferiblemente al menos el 90 %, o al menos el 95 %, o al menos el 98 %, o al menos el 99 % cuando se prueba según un método FTIR.

Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según cualquiera de los aspectos anteriores, en el que el bobinado de la fibra óptica recubierta se produce a una velocidad desde 20 m/min a aproximadamente 1000 m/min, o desde aproximadamente 50 m/min a aproximadamente 500 m/min.

45 Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según cualquiera de los aspectos anteriores, en el que la fuente de luz está configurada para impartir una irradiancia, en una superficie del recubrimiento exterior líquido hinchable en agua, o al menos de aproximadamente 1 W/cm²; más preferiblemente desde aproximadamente 1 W/cm² a aproximadamente 9 W/cm², o desde aproximadamente 2 W/cm² a aproximadamente 6 W/cm², o desde aproximadamente 3 W/cm² a aproximadamente 5 W/cm².

50 Un aspecto adicional de la tercera realización de ejemplo adicional es el método según cualquiera de los aspectos anteriores, en el que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado además para

poseer una proporción de hinchamiento tridimensional desde aproximadamente 3x a aproximadamente 300x, o desde aproximadamente 5x a aproximadamente 250x, o desde aproximadamente 30x a aproximadamente 200x.

5 Un primer aspecto de una cuarta realización de ejemplo adicional de la invención es un haz amortiguado de fibras ópticas, que comprende

un tubo amortiguador flexible con una longitud y una cavidad en al menos una porción de la longitud; y

una pluralidad de fibras ópticas recubiertas dispuestas dentro de la cavidad del tubo amortiguador flexible a lo largo de la porción;

10 en el que al menos una de la pluralidad de fibras ópticas recubiertas comprende un recubrimiento exterior hinchable en agua; en el que dicho recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse de la fibra óptica recubierta en al menos un punto a lo largo de una sección de la misma en 3 minutos a partir del momento en que la cavidad se llena de agua desionizada.

15 Un aspecto adicional de la cuarta realización de ejemplo adicional es el haz amortiguado de fibras ópticas del aspecto anterior, en el que el recubrimiento exterior hinchable en agua es el producto curado de una composición como se define en cualquiera de los aspectos de la primera realización de ejemplo adicional de la invención.

Un aspecto adicional de la cuarta realización de ejemplo adicional es el haz amortiguado de fibras ópticas de cualquiera de los aspectos anteriores, en el que al menos dos fibras ópticas recubiertas comprenden un recubrimiento exterior hinchable en agua.

20 Un aspecto adicional de la cuarta realización de ejemplo adicional es el haz amortiguado de fibras ópticas de cualquiera de los aspectos anteriores, en el que al menos uno de dichos recubrimientos exteriores hinchables en agua posee una proporción de hinchamiento tridimensional desde aproximadamente 3x a aproximadamente 300x, o desde aproximadamente 5x a aproximadamente 250x, o desde aproximadamente 30x a aproximadamente 200x.

25 Un aspecto adicional de la cuarta realización de ejemplo adicional es el haz amortiguado de fibras ópticas de cualquiera de los aspectos anteriores, en el que al menos uno de dichos recubrimientos exteriores hinchables en agua posee un espesor desde 0.1 a menos de 20 micrómetros, o desde aproximadamente 0.2 a aproximadamente 10 micrómetros, o desde aproximadamente 0.3 a aproximadamente 5 micrómetros, o desde aproximadamente 1 a aproximadamente 4 micrómetros.

30 Un aspecto adicional de la cuarta realización de ejemplo adicional es el haz amortiguado de fibras ópticas de cualquiera de los aspectos anteriores, en el que al menos uno de dichos recubrimientos exteriores hinchables en agua posee un porcentaje de insaturación de acrilato reaccionado (% de RAU) en la superficie superior de al menos el 80 %, más preferiblemente al menos el 90 %, o al menos el 95 %, o al menos el 98 %, o al menos el 99 % cuando se prueba según un método FTIR.

35 Un aspecto adicional de la cuarta realización de ejemplo adicional es el haz amortiguado de fibras ópticas de cualquiera de los aspectos anteriores, que comprende además un volumen libre que se define por un volumen de la cavidad sobre una porción de la longitud menos el volumen de la pluralidad de fibras ópticas recubiertas dispuestas en la misma a lo largo de dicha porción, y una cantidad total de recubrimiento exterior hinchable en agua, en el que la cantidad total de recubrimiento exterior hinchable en agua está configurada para hincharse hasta menos del 100 % del volumen libre, o entre el 50 %-90 % del volumen libre, o entre el 60 %-90 % del volumen libre, o entre el 70 %-90 % del volumen libre, o entre el 50 %-80 % del volumen libre, o entre el 50 %-70 % del volumen libre.

45 Un aspecto adicional de la cuarta realización de ejemplo adicional es el haz amortiguado de fibras ópticas de cualquiera de los aspectos anteriores, en el que al menos el 25 % de las fibras ópticas recubiertas poseen un recubrimiento exterior hinchable en agua.

Un aspecto adicional de la cuarta realización de ejemplo adicional es el haz amortiguado de fibras ópticas de cualquiera de los aspectos anteriores, en el que del 25 % al 90 %, o del 25 % al 75 %, o del 25 % al 50 % de las fibras ópticas recubiertas comprenden un recubrimiento exterior hinchable en agua.

50 Un aspecto adicional de la cuarta realización de ejemplo adicional es el haz amortiguado de fibras ópticas de cualquiera de los aspectos anteriores, en el que el haz amortiguado, cuando se coloca horizontalmente y se expone en un primer extremo a agua desionizada que es alimentada por gravedad por una columna de agua

vertical de 0.5 m durante 5 minutos, impide el desplazamiento de dicha agua desionizada más allá de 3 metros a lo largo de la longitud del haz amortiguado desde el primer extremo.

A menos que se especifique lo contrario, el término % en peso significa la cantidad en masa de un constituyente particular en relación con la totalidad de la composición líquida curable por radiación a la que se incorpora.

- 5 El uso de los términos "un" y "una" y "el" y referentes similares en el contexto de la descripción de la invención (especialmente en el contexto de las reivindicaciones siguientes) debe interpretarse que abarca tanto el singular como el plural, a menos que se indique lo contrario en el presente documento o se contradiga claramente por el contexto. Los términos "que comprenda", "que tenga", "que incluya" y "que contenga" deben interpretarse como términos abiertos (es decir, con el significado de "que incluya, pero no se limite a") a menos que se
- 10 indique lo contrario. La recitación de intervalos de valores en el presente documento sólo pretende servir como un método abreviado de referirse individualmente a cada valor separado que cae dentro del intervalo, a menos que se indique lo contrario en el presente documento, y cada valor separado se incorpora a la memoria descriptiva como si se recitara individualmente en el presente documento. Todos los métodos descritos en el
- 15 presente documento pueden realizarse en cualquier orden adecuado, a menos que se indique lo contrario o que el contexto lo contradiga claramente. El uso de todos y cada uno de los ejemplos, o del lenguaje de ejemplo (por ejemplo, "tal como") que se proporciona en el presente documento, tiene como única finalidad iluminar mejor la invención y no supone una limitación del alcance de la invención, a menos que se reivindique lo contrario. Ningún lenguaje de la memoria descriptiva debe interpretarse en el sentido de que indica que algún elemento no reivindicado es esencial para la práctica de la invención.
- 20 En el presente documento se describen las realizaciones preferidas de esta invención, incluido el mejor modo conocido por el inventor para llevar a cabo la invención. Las variaciones de esas realizaciones preferidas pueden llegar a ser evidentes para los expertos en la técnica sobre la lectura de la descripción precedente. El inventor espera que los expertos empleen dichas variaciones según proceda, y el inventor pretende que la invención se practique de forma distinta a la descrita específicamente en el presente documento. De acuerdo
- 25 con lo anterior, esta invención incluye todas las modificaciones y equivalentes de la materia recitada en las reivindicaciones anexas a la presente según lo permitido por la legislación aplicable. Además, la invención abarca cualquier combinación de los elementos descritos anteriormente en todas sus posibles variaciones, a menos que se indique lo contrario en el presente documento o se contradiga claramente por el contexto.

REIVINDICACIONES

1. Una fibra óptica recubierta que comprende:
un recubrimiento primario;
un recubrimiento secundario adherido a y rodeando dicho recubrimiento primario; y
- 5 un recubrimiento exterior hinchable en agua adherido a dicho recubrimiento secundario y que lo rodea;
en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado de tal manera que, cuando se aplica al menos a 2, o al menos a 3, o al menos a 4, o a 5 desde 5 fibras ópticas que tienen un diámetro exterior de 240 micrómetros, y dichas 5 fibras ópticas se insertan en un tubo impermeable al agua dispuesto horizontalmente que posee un diámetro interior de 1 mm y una longitud de 75 cm, y dichas fibras insertadas se exponen en un
- 10 primer extremo a agua desionizada que es alimentada por gravedad por una columna de agua vertical de 0.5 m durante 1 hora de acuerdo con una prueba de tubo longitudinal de bloqueo de agua como se describe en el presente documento, un desplazamiento de dicha agua desionizada no se extiende más allá de 60 centímetros (cm), o más allá de 30 cm, o más allá de 10 cm, o se extiende desde 10 cm a 30 cm, o desde 30 cm a 60 cm a lo largo de la longitud del tubo impermeable al agua como se mide desde el primer extremo.
- 15 2. La fibra óptica recubierta de la reivindicación anterior, en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua posee un espesor desde 1 a 20 micrómetros, o desde 2 a 5 micrómetros.
3. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse del recubrimiento secundario en al menos un punto a lo largo de una sección de la fibra óptica recubierta en 3 minutos, o en 2 minutos, o en 1
- 20 minuto, o en 30 segundos, o en 20 segundos, o en 10 segundos, o en 5 segundos después de que la fibra óptica recubierta se haya sumergido en agua desionizada.
4. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado además para poseer una proporción de hinchamiento tridimensional desde aproximadamente 3 veces (x) a aproximadamente 300x, o desde aproximadamente 5x a
- 25 aproximadamente 250x, o desde aproximadamente 30x a aproximadamente 200x.
5. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua es el producto curado de una composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación que comprende:
un ácido acrílico;
- 30 opcionalmente, una cantidad de sal básica que no haya sido neutralizada;
una sal de ácido acrílico;
un formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado;
un fotoiniciador;
un modificador de la viscosidad;
- 35 agua; y
un reticulante multifuncional.
6. La fibra óptica recubierta de la reivindicación precedente, en la que la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación comprende, en relación con el peso de toda la composición:
desde 0 % en peso a 50 % en peso, o desde 10 % en peso a 35 % en peso de ácido acrílico;
- 40 desde 1 % en peso a 30 % en peso, o desde 5 % en peso a 15 % en peso de la sal de ácido acrílico;
desde 5 % en peso a 50 % en peso, o desde 10 % en peso a 30 % en peso del formador de redes monofuncional etilénicamente insaturado;
desde 0.1 % en peso a 5 % en peso de un fotoiniciador;

desde 5 % en peso a 40 % en peso, o desde 10 % en peso a 25 % en peso de un modificador de la viscosidad;
y

desde 0.1 % en peso a 20 % en peso, o desde 0.1 % en peso a 5 % en peso del reticulante multifuncional;

5 en la que la composición de recubrimiento hinchable en agua, curable por radiación para una fibra es un líquido a temperatura ambiente.

7. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la sal básica es una sal alcalina que comprende además un catión de litio, sodio o potasio, y la sal de ácido acrílico es el producto de reacción del ácido acrílico y la sal básica.

10 8. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones 5-7, en la que el formador de red monofuncional etilénicamente insaturado comprende acrilato de metoxi(polietilenglicol), acrilato de etoxi(polietilenglicol), acrilato de éter metílico de etilenglicol, acrilato de éter metílico de dietilenglicol, acrilato de éter metílico de trietilenglicol, acrilato de éter metílico de tetraetilenglicol, acrilato de éter etílico de etilenglicol, acrilato de éter etílico de dietilenglicol, acrilato de éter etílico de trietilenglicol, acrilato de éter etílico de tetraetilenglicol o acrilato de dietilenglicol-2-etilhexiléter.

15 9. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones 5-8, en la que el modificador de la viscosidad comprende un alcohol polivinílico, una polivinilpirrolidona, un almidón, una celulosa modificada, una gelatina, un compuesto de poliglicol o un ácido poliacrílico.

20 10. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones 5-9, en la que el reticulante multifuncional comprende un compuesto polimerizable por radicales libres con un promedio mayor que 1.9 grupos funcionales seleccionados del grupo que consiste en diacrilato de etilenglicol, diacrilato de dietilenglicol, diacrilato de trietilenglicol, diacrilato de tetraetilenglicol, diacrilato de hexano diol etoxilado, etoxilato de trimetilolpropano, diacrilato de éter metílico, diacrilato de neopentilglicol, diacrilato de 1,3-butanodiol, diacrilato de glicerol-1,3-diglicerolato, bis[oxi-2-hidroxi-3,1-propanodiol] bisacrilato de 1,6-hexanodiol, triacrilato de pentaeritritol, triacrilato de pentaeritritol etoxilado, diacrilato de 1,4, butanodiol y diacrilato de 1,6 hexano diol, y cualquier combinación de los mismos; en la que el reticulante multifuncional posee un peso molecular promedio en número desde 200 a 20,000 g/mol, o preferiblemente desde 200 a 15,000 g/mol, o aún más preferiblemente de 400 a 10000 g/mol.

11. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones 5-10, en la que la composición comprende además una tinta.

30 12. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones 5-11, en la que la composición comprende además uno o más aditivos.

35 13. La fibra óptica recubierta de cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el recubrimiento exterior hinchable en agua posee un porcentaje de insaturación de acrilato reaccionado (% de RAU) en la superficie superior de al menos 80 %, más preferiblemente al menos 90 %, o al menos 95 %, o al menos 98 %, o al menos 99 % cuando se prueba según un método FTIR.

14. Un método de aplicación de un recubrimiento líquido hinchable en agua a una fibra óptica recubierta que comprende las etapas de:

proporcionar una fibra óptica recubierta;

40 aplicar una composición de recubrimiento líquido hinchable en agua a una superficie exterior de una sección de fibra óptica recubierta para formar una fibra óptica recubierta con una composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua;

45 y exponer la fibra óptica recubierta con la composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua a una fuente de luz capaz de emitir radiación ultravioleta para afectar al curado de dicha composición de recubrimiento exterior líquido hinchable en agua, para formar una fibra óptica recubierta con un recubrimiento exterior hinchable en agua como se define en cualquiera de las reivindicaciones 1-13;

50 en el que el recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse de la fibra óptica recubierta en al menos un punto a lo largo de la sección de la fibra óptica recubierta en 3 minutos, o en 2 minutos, o en 1 minuto, o en 30 segundos, o en 20 segundos, o en 10 segundos, o en 5 segundos a partir del momento en que la fibra óptica recubierta con el recubrimiento exterior hinchable en agua se ha sumergido en agua desionizada.

15. Un haz amortiguado de fibras ópticas, que comprende:

un tubo amortiguador flexible que posee una longitud y una cavidad en al menos una porción de la longitud; y

5 una pluralidad de fibras ópticas recubiertas dispuestas dentro de la cavidad del tubo amortiguador flexible a lo largo de la porción, en la que al menos una de las fibras ópticas recubiertas está definida por cualquiera de las reivindicaciones 1-13;

10 en el que al menos una de la pluralidad de fibras ópticas recubiertas comprende un recubrimiento exterior hinchable en agua; en el que dicho recubrimiento exterior hinchable en agua está configurado para pandearse y desprenderse de la fibra óptica recubierta en al menos un punto a lo largo de una sección de la misma en 3 minutos, o en 2 minutos, o en 1 minuto, o en 30 segundos, o en 20 segundos, o en 10 segundos, o en 5 segundos a partir del momento en que la cavidad se llena de agua desionizada.

Fig. 1

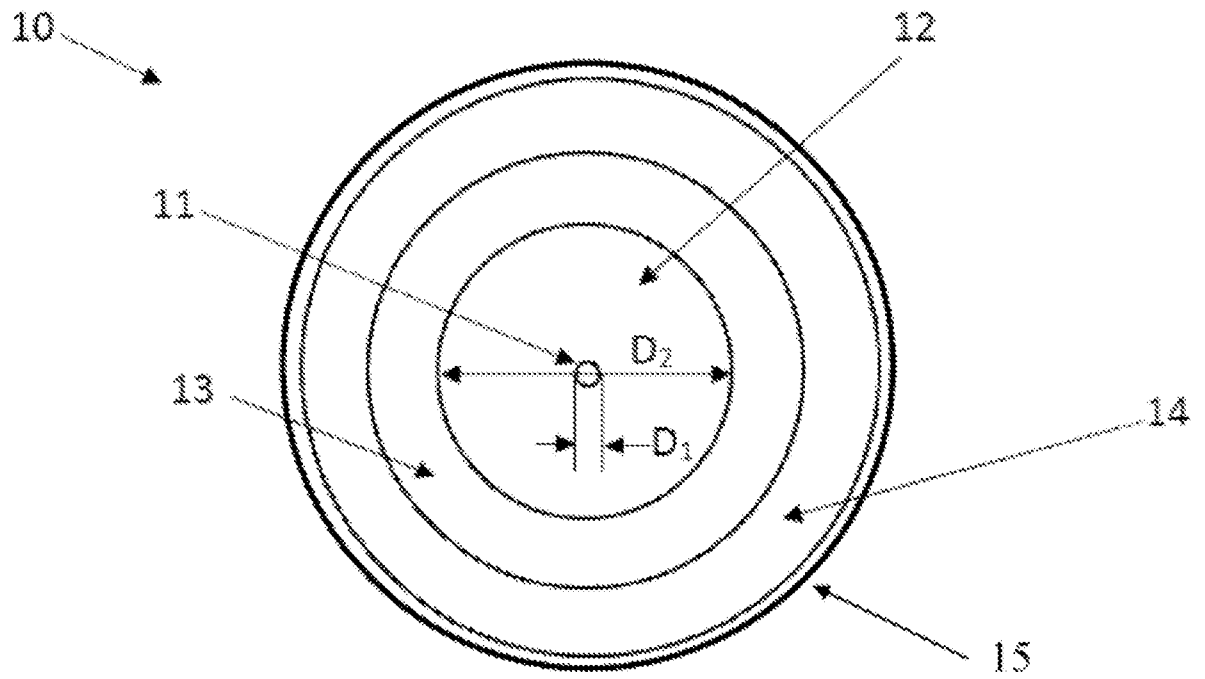


Fig. 2

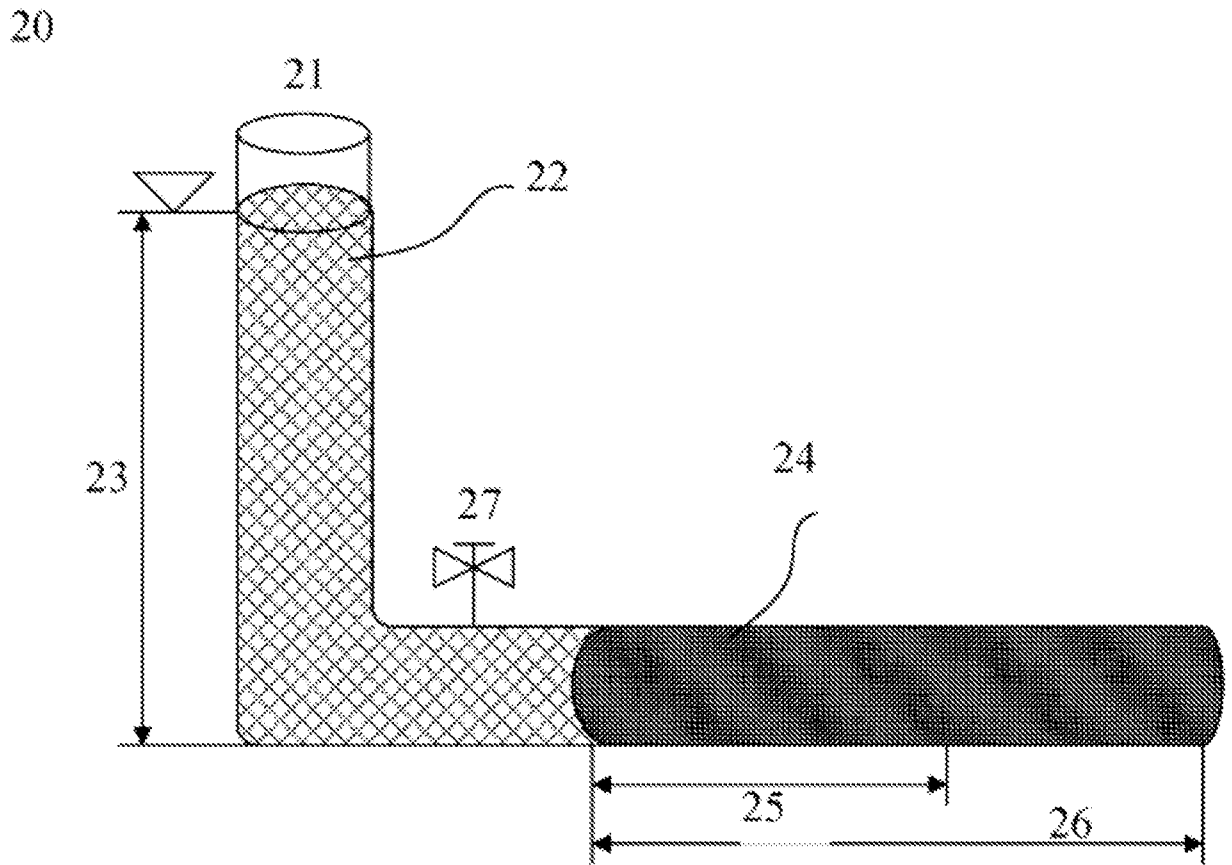


Fig. 3a

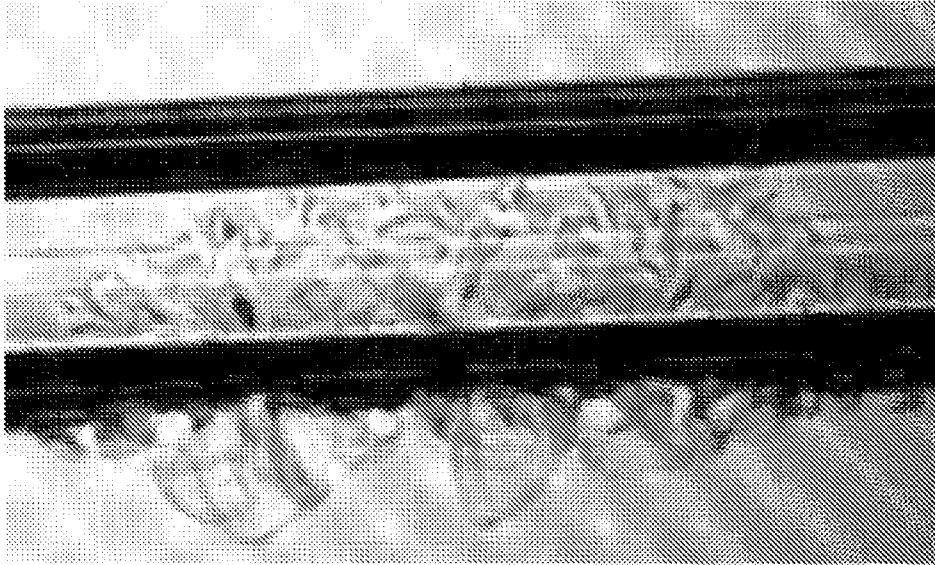


Fig. 3b

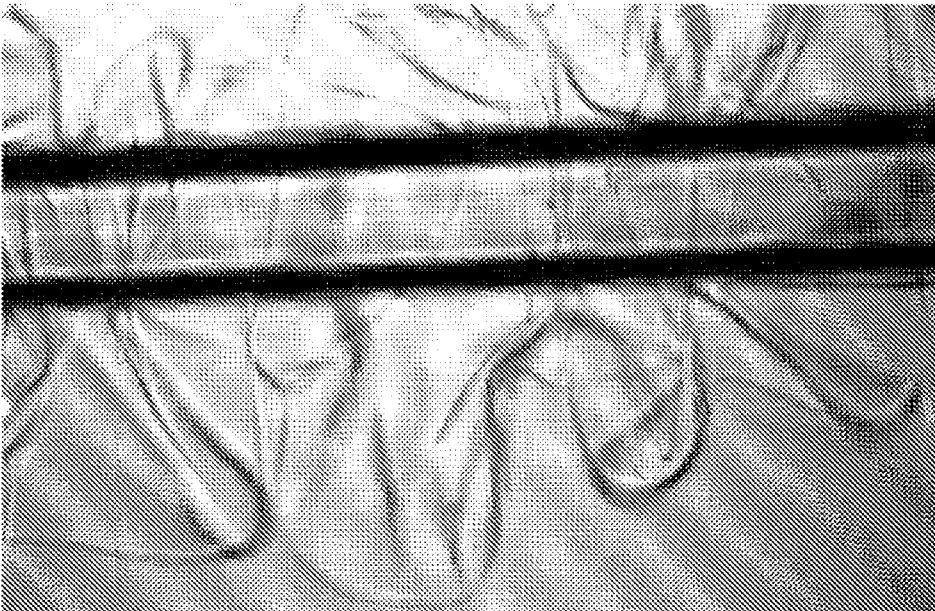


Fig. 4

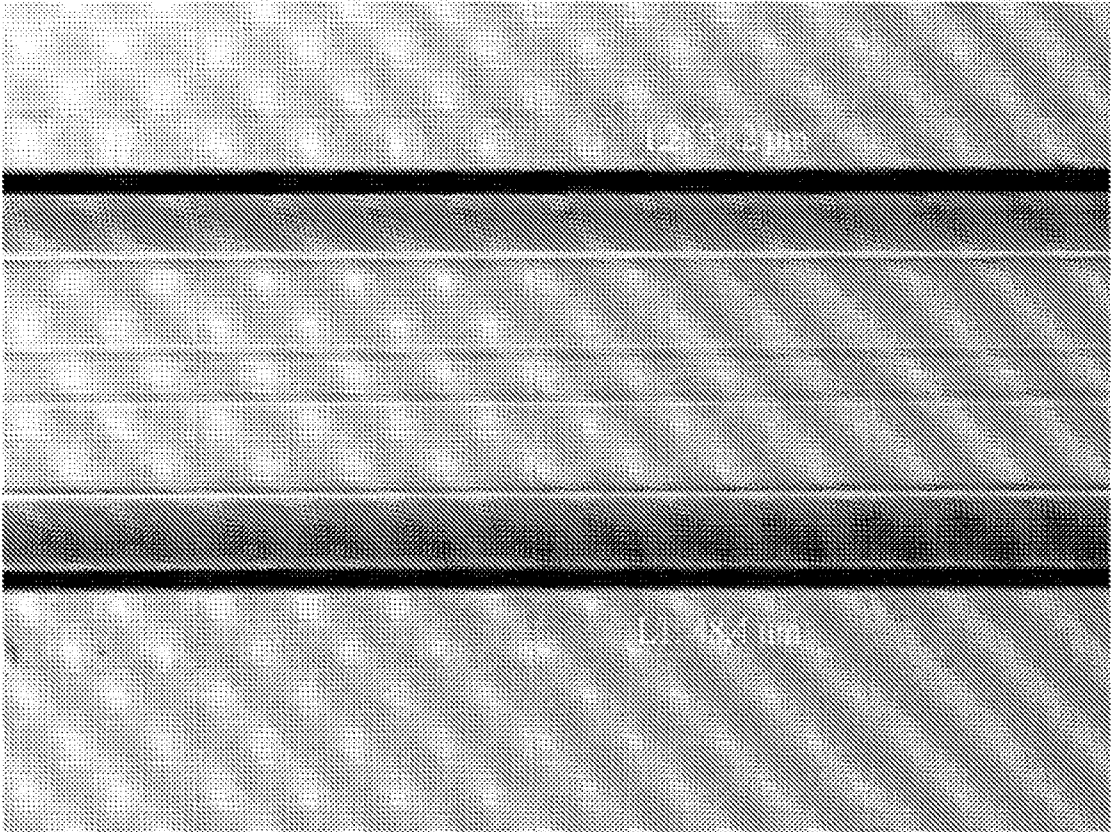


Fig. 5

