

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 926 982**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.03.2020** **E 20162464 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **15.06.2022** **EP 3715927**

54 Título: **Cable de fibra óptica resistente al fuego con alto número de fibras**

30 Prioridad:

26.03.2019 IT 201900004367

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

31.10.2022

73 Titular/es:

PRYSMIAN S.P.A. (100.0%)

Via Chiese, 6

20126 Milano, IT

72 Inventor/es:

SIRIN, ZEKERIYA;

SÖNMEZ, BARIS y

ALTINGÖZ, CAN

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 926 982 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

Cable de fibra óptica resistente al fuego con alto número de fibras

5 Campo de aplicación

[0001] La presente descripción se refiere al campo de cables ópticos adecuados para funcionar durante un incendio y posteriormente.

- 10 **[0002]** En particular, la presente descripción se refiere a un cable de fibra óptica resistente al fuego que tiene un alto número de fibras y una resistividad al fuego extendida de hasta 180 minutos.

Técnica anterior

- 15 **[0003]** Los cables de fibra óptica se usan generalmente para telecomunicaciones también a larga distancia, ofreciendo ventajas irrefutables sobre las redes de telecomunicaciones tradicionales por cable en términos de capacidad de transmisión de más información a velocidades significativamente más altas.

- 20 **[0004]** En ciertas aplicaciones, los cables ópticos deben ser capaces de soportar un incendio sin disminuir de manera significativa su rendimiento de transmisión. Por ejemplo, los cables usados en sistemas de alarma contra incendios y/o videovigilancia local deberían poder seguir transmitiendo datos/señales en presencia de fuego.

- [0005]** Se puede requerir que los cables de fibra óptica mantengan sus rendimientos no solo durante el incendio, sino también durante un período de tiempo predeterminado después de que el incendio se haya extinguido.

- 25 **[0006]** Los requisitos anteriores son más difíciles de cumplir en el caso de los cables de fibra óptica con un alto número de fibras, que son cada vez más solicitados por el mercado, ya que el aumento del número de fibras en el cable da como resultado una reducción de los espacios vacíos entre las fibras. Si bien las barreras contra incendios pueden proporcionar una protección adecuada contra el calor durante el incendio, la reducción de espacios vacíos entre las fibras puede causar la rotura de la fibra después del incendio, durante el tiempo de enfriamiento, debido a la contracción de los tubos amortiguadores poliméricos que albergan las fibras ópticas.

- 30 **[0007]** Adicionalmente, los estándares internacionales y las demandas del cliente se vuelven cada vez más estrictos en cuanto a las propiedades de comportamiento ante el fuego de los cables de fibra óptica para mejorar la seguridad contra incendios en edificios y la durabilidad de la resistencia de los cables bajo el fuego.

- [0008]** Por tanto, existe la necesidad de cables de fibra óptica, especialmente para cables ópticos con alto número de fibras para mejorar la resistencia al fuego y la duración del cable tanto durante el incendio como después de un período de tiempo predeterminado después del incendio (tiempo de enfriamiento) para mejorar la seguridad.

- 40 **[0009]** El documento GB 2 138 168 describe un cable de fibra resistente al fuego que comprende una fibra óptica. El cable puede comprender un alma interna de plástico reforzado con fibra, alrededor del cual se colocan las fibras ópticas. Alrededor de cada una de las fibras ópticas se proporciona una funda de material orgánico, y los espacios entre la fibra y la funda se rellenan con grasa de silicona. Alrededor de cada funda de material orgánico se enrolla una capa de cinta de mica, preferentemente dispuesta en un portavidrios. Alrededor de una o un grupo de fundas orgánicas con coberturas ignífugas se proporciona una capa de cinta de vidrio. En el exterior de la cinta de vidrio se proporciona una funda de relleno que tiene buenas propiedades ignífugas. En el exterior de dicha funda de relleno puede haber una armadura, trenzado, recubrimiento o cableado de vidrio, acero u otro material a prueba de incendios.

- 50 **[0010]** El documento US 2015/0131952 describe un cable de comunicación óptico resistente al fuego. El cable comprende una pluralidad de elementos de alma que incluyen haces de fibras ópticas que se ubican dentro de tubos dispuestos alrededor de un miembro de resistencia central formado de plástico reforzado con vidrio. Una capa ubicada fuera los elementos de alma y alrededor de los mismos puede ser una cinta ignífuga tal como una cinta de mica. Una capa de armadura puede estar ubicada fuera de la capa ignífuga. Una pluralidad de partículas de un material intumesciente está incorporada dentro del material de la funda de cable.

- 60 **[0011]** El catálogo FIREFLIX de Caledonian Cables Ltd (2016, páginas 35-36) describe, entre otras cosas, cables de fibra óptica armados resistentes al fuego que comprenden de 5 a 36 tubos que contienen fibras, trenzados alrededor de un miembro de resistencia central. El miembro de resistencia central puede estar fabricado de plástico reforzado con fibras de vidrio. Cada tubo contiene de 4 a 12 fibras y se rellena con un gel de bloqueo de agua. Los tubos se enrollan individualmente con cinta de vidrio de mica que bloquea el fuego. El tubo relleno de gelatina se bloquea con agua mediante el uso de una cinta y hebra hinchables. El cable está encamisado con una cubierta interior en material termoplástico LSZH, alrededor de la cual se proporciona una armadura de acero y una cubierta exterior LSZH.

[0012] Caledonian Technology LTD: "Fire resistant Multi Loose Fiber Optic cables", 12 de enero de 2017, recuperado de Internet: <https://web.archive.org/web/20170112105032/http://caledonian-cables.com/product/Fire-Resisting-Cable/Multi-Loose-Ru-be.html> describe un cable de fibra óptica resistente al fuego según el preámbulo de la reivindicación 1.

[0013] El solicitante se ha enfrentado al problema de proporcionar un cable de fibra óptica con un alto número de fibras que tenga propiedades de resistencia al fuego mejoradas que le permitan mantener su rendimiento durante un período de tiempo más largo durante un incendio y también durante un período de tiempo predeterminado después de que el incendio se extinga para satisfacer la necesidad mencionada anteriormente.

RESUMEN

[0014] El solicitante constató que, en un cable óptico con un alto número de fibras, se puede lograr una protección contra incendios extendida y una reducción de la rotura de fibras después de un incendio cuando el cable está provisto de cinta(s) de mica y capa de hilo de vidrio que rodea conjuntamente todos los tubos amortiguadores que albergan las fibras ópticas y con una cubierta multicapa ignífuga que comprende capas de material ignífugo LSOH que tiene un índice de oxígeno limitante (LOI) diferente entre sí, y la capa más externa del mismo tiene un LOI bajo.

[0015] En particular, el solicitante ha experimentado que el suministro de una cubierta multicapa exterior ignífuga como se indica anteriormente en combinación con cinta(s) de mica y forma de capa de hilo de vidrio permite proteger las fibras ópticas inferiores contra un incendio durante un período prolongado de tiempo y también durante un cierto período de tiempo después de que el incendio se extinga durante el enfriamiento, reduciendo así los daños a las fibras ópticas después del incendio.

[0016] Los beneficios anteriores se logran sin perjudicar las propiedades mecánicas del cable óptico, particularmente en términos de resistencia a la tracción y alargamiento a la rotura, incluso después del envejecimiento térmico, y viabilidad de la cubierta, por ejemplo, mediante técnicas de extrusión convencionales.

[0017] Por consiguiente, la presente descripción se refiere a un cable de fibra óptica resistente al fuego que comprende:

- un alma que comprende un miembro de resistencia central y una pluralidad de tubos amortiguadores dispuestos alrededor del miembro de resistencia central, conteniendo cada tubo amortiguador una pluralidad de fibras ópticas;
- una capa de mica dispuesta alrededor del alma;
- una capa de hilo de vidrio que rodea y en contacto directo con la capa de mica;
- una armadura metálica que rodea la capa de hilo de vidrio; y
- una cubierta multicapa que rodea y en contacto directo con la armadura metálica,

caracterizado porque la cubierta multicapa comprende una primera capa, una segunda capa que rodea y en contacto con la primera capa, y una tercera capa en una posición radial interna con respecto a la primera capa y en contacto directo con la misma, estando las capas primera, segunda y tercera fabricadas de un material ignífugo LSOH, teniendo el material LSOH de la primera capa un índice de oxígeno limitante (LOI) superior al LOI del material LSOH de la segunda capa y de la tercera capa, y la segunda capa es la capa del cable más externa.

[0018] La tercera capa de la cubierta multicapa rodea y está en contacto directo con la armadura metálica.

[0019] Según una realización, la primera capa de la cubierta multicapa está fabricada de un material ignífugo LSOH que tiene un LOI superior al 70 %.

[0020] Según una realización, la tercera capa y la segunda capa de la cubierta están ambas fabricadas de un material ignífugo LSOH que tiene un LOI del 25 % al 70 %, por ejemplo del 30 % al 50 %.

Descripción detallada

[0021] En la presente descripción y las reivindicaciones posteriores, el índice de oxígeno limitante (LOI) es la concentración mínima de oxígeno, expresada como porcentaje, que soporta la combustión de un polímero en caso de incendio. Los valores más altos de LOI indican una mayor pirorresistencia. Los valores del LOI se determinan mediante pruebas estandarizadas, tales como ASTM D2863-12 (2012) o CEI 20-22-4 (2006-07).

[0022] A efectos de la presente descripción y de las siguientes reivindicaciones, excepto cuando se indique de otro modo, todos los números que expresan cifras, cantidades, porcentajes, etc., deben entenderse modificados en todos los casos por el término "aproximadamente". Además, todos los intervalos incluyen cualquier combinación de los puntos máximos y mínimos descritos e incluyen cualquier intervalo intermedio en los mismos, que puede o no enumerarse específicamente en los mismos.

[0023] Como se usa en la memoria descriptiva y en las reivindicaciones adjuntas, las formas en singular "un", "una" y "el/la" incluyen referentes en plural a menos que el contexto indique claramente lo contrario. Por lo tanto, por ejemplo, la referencia a "un soporte" incluye una pluralidad de soportes. En esta memoria descriptiva y en las siguientes
5 reivindicaciones, se hará referencia a varios términos que se definirán para que tengan los siguientes significados, a menos que sea evidente una intención contraria.

[0024] A efectos de la presente descripción y reivindicaciones, una fibra óptica comprende un alma transmisiva rodeada por un revestimiento, estando dicha alma y revestimiento fabricados preferentemente de vidrio, y uno o dos
10 recubrimientos protectores basados, por ejemplo, en material de acrilato.

[0025] En una realización, el cable de fibra óptica de la presente descripción comprende al menos veinticuatro (24) fibras ópticas. El cable de fibra óptica puede contener hasta 144 fibras ópticas.

15 **[0026]** El número de tubos amortiguadores en el cable y el número de fibras ópticas contenidas en cada tubo amortiguador pueden variar según la especificación del cable o la solicitud del cliente. Por ejemplo, cada tubo amortiguador puede contener de 2 a 12 fibras ópticas.

20 **[0027]** En una realización, el alma del presente cable comprende además hilos de unión que rodean los tubos amortiguadores (para mantenerlos en su lugar mientras se aplica la capa de mica durante la fabricación), y/o cinta hinchable en agua, por ejemplo en forma de una lámina longitudinal, que rodea los tubos amortiguadores para estanqueidad al agua.

25 **[0028]** En una realización, los tubos amortiguadores contienen un material de relleno de bloqueo de agua que comprende un gel de silicona, donde dicho gel de silicona tiene un punto de goteo de al menos 200 °C.

[0029] A efectos de la presente descripción y las reivindicaciones adjuntas, el punto de goteo es un valor numérico asignado a una composición de grasa que representa la temperatura a la que cae la primera gota de material de una prueba de ductibilidad. El punto de goteo se puede medir en las condiciones establecidas en ASTM D566-02
30 (2002).

[0030] El solicitante experimentó que los daños a la fibra óptica después de un incendio pueden reducirse aún más al proporcionar un gel de silicona como material de bloqueo de agua en el interior de los tubos amortiguadores, teniendo dicho gel de silicona un punto de goteo superior a 200 °C.
35

[0031] La silicona es generalmente un polímero muy estable, gran parte de esta estabilidad se deriva de reacciones de hidrólisis reversibles que ocurren bajo calentamiento de modo que el polímero se cura esencialmente a sí mismo. El solicitante observó que un gel de silicona que rodea las fibras ópticas durante y después de un incendio podría proporcionar cierta protección contra la tensión mecánica.
40

[0032] En una realización, el gel de silicona como material de bloqueo de agua es un poliorganosiloxano, por ejemplo, dimetilsiloxano, dimetilmetilfenilsiloxano, metilfenilsiloxano.

45 **[0033]** En una realización, el gel de silicona como material de bloqueo de agua tiene un punto de goteo ≥ 250 °C.

[0034] En algunas realizaciones, el miembro de resistencia central comprende un cuerpo de material dieléctrico reforzado. En una realización alternativa, el miembro de refuerzo central comprende un cuerpo de material metálico, tal como acero.

50 **[0035]** En una realización, el miembro de resistencia central comprende un material polimérico ignífugo LSOH. El material polimérico ignífugo LSOH puede estar incorporado en el material dieléctrico reforzado del miembro de resistencia central. Como alternativa, el material polimérico ignífugo LSOH del miembro de resistencia central puede tener la forma de una capa aplicada en la superficie externa del cuerpo del miembro de resistencia central.

55 **[0036]** En una realización, el material polimérico ignífugo LSOH del miembro de resistencia central tiene un LOI de 25 % a 40 %.

[0037] En la presente descripción y reivindicaciones, por "material polimérico ignífugo LSOH" se entiende un material polimérico que contiene un relleno ignífugo inorgánico seleccionado de: hidróxidos metálicos, óxidos metálicos
60 hidratados, sales metálicas que tienen al menos un grupo hidroxilo y sales metálicas hidratadas.

[0038] El solicitante descubrió que un material ignífugo LSOH en posición radialmente interna con respecto a la disposición de tubos amortiguadores que contienen las fibras ópticas puede permitir una reducción adicional o incluso evitar dicha rotura de fibras ópticas. Los hidróxidos como el hidróxido de magnesio y el hidróxido de aluminio
se usan preferentemente como rellenos ignífugos debido a su capacidad de liberar agua cuando se calientan. Sin
65

desear quedar ligados a teoría alguna, el solicitante conjeturó que el hidróxido contenido en un material ignífugo LSOH en una posición radial interna con respecto a los tubos amortiguadores, aunque no sea alcanzado directamente por la llama, puede de todos modos ser sometido a una temperatura que desencadena la liberación de una cantidad de agua adecuada para disminuir el calor de los tubos amortiguadores. Por consiguiente, el material polimérico del tubo amortiguador puede experimentar una menor expansión térmica que el material de bloqueo de agua de gel de silicona, cuando se proporciona, es capaz de una compensación completa durante el enfriamiento después de un incendio con una tensión limitada a la fibra óptica.

[0039] Adicionalmente, la presencia de material ignífugo LSOH en una posición radial interna con respecto a los tubos amortiguadores permite el uso de una única barrera contra incendios que rodea todos los tubos amortiguadores entre sí, en lugar de otras disposiciones tales como una barrera contra incendios alrededor de cada tubo único, lo que permite un ahorro de material para la barrera contra incendios y una simplificación del procedimiento de fabricación.

[0040] En una realización del cable óptico según la descripción, los tubos amortiguadores contienen un material de relleno de bloqueo de agua que comprende un gel de silicona, donde dicho gel de silicona tiene un punto de goteo de al menos 200 °C y el miembro de resistencia central comprende un material polimérico ignífugo LSOH.

[0041] En una realización, el material polimérico ignífugo LSOH del miembro de resistencia central comprende un relleno ignífugo seleccionado de hidróxido de aluminio o magnesio, óxido hidratado de aluminio o magnesio, sal de aluminio o magnesio que tiene al menos un grupo hidroxilo o sal hidratada de aluminio o magnesio.

[0042] En una realización, el material polimérico ignífugo LSOH del miembro de resistencia central comprende hidróxido de magnesio, trihidrato de alúmina o carbonato de magnesio hidratado. En otra realización, el material polimérico ignífugo que contiene hidróxido del miembro de resistencia central comprende hidróxido de magnesio. El hidróxido de magnesio se caracteriza por una temperatura de descomposición de aproximadamente 340 °C y, por tanto, permite el uso de altas temperaturas de extrusión. El hidróxido de magnesio de la presente descripción puede ser de origen sintético o natural, obteniéndose este último moliendo minerales a base de hidróxido de magnesio, tales como brucita o similares, como se describe, por ejemplo, en el documento WO2007/049090.

[0043] El relleno ignífugo se puede usar en forma de partículas sin tratar o tratadas superficialmente con ácidos grasos saturados o insaturados que contienen de 8 a 24 átomos de carbono, o sales metálicas de los mismos, tales como, por ejemplo: ácido oleico, ácido palmítico, ácido esteárico, ácido isoesteárico, ácido láurico; estearato u oleato de magnesio o cinc; y similares. Con el fin de aumentar la compatibilidad con el material polimérico, el relleno ignífugo también puede tratarse superficialmente con agentes de acoplamiento adecuados, por ejemplo, silanos o titanatos orgánicos de cadena corta tales como viniltrióxosilano, viniltriacetilsilano, titanato de tetraisopropilo, titanato de tetra-n-butilo y similares.

[0044] En una realización, el material polimérico ignífugo LSOH del miembro de resistencia central comprende un polímero seleccionado de: polietileno; copolímeros de etileno con al menos una α -olefina que contiene de 3 a 12 átomos de carbono, y opcionalmente con al menos un dieno que contiene de 4 a 20 átomos de carbono; polipropileno; copolímeros termoplásticos de propileno con etileno y/o al menos una α -olefina que contiene de 4 a 12 átomos de carbono; copolímeros de etileno con al menos un éster seleccionados de acrilatos de alquilo, metacrilatos de alquilo y carboxilatos de vinilo, en los que el grupo alquilo y los grupos carboxílicos comprendidos en los mismos son lineales o ramificados, y en los que el grupo alquilo lineal o ramificado puede contener de 1 a 8, preferentemente de 1 a 4 átomos de carbono, mientras que el grupo carboxílico lineal o ramificado puede contener de 2 a 8, preferentemente de 2 a 5 átomos de carbono; y mezclas de los mismos.

[0045] Con " α -olefina" se entiende generalmente una olefina de fórmula $\text{CH}_2=\text{CH-R}$, donde R es un alquilo lineal o ramificado que tiene de 1 a 10 átomos de carbono. La α -olefina se puede seleccionar, por ejemplo, de: propileno, 1-buteno, 1-penteno, 4-metil-1-penteno, 1-hexeno, 1-octeno, 1-dodeceno y similares. Entre ellos, se prefieren particularmente propileno, 1-buteno, 1-hexeno y 1-octeno.

[0046] Los ejemplos de polímeros que pueden usarse en el material polimérico ignífugo LSOH para el miembro de resistencia central son: polietileno de alta densidad (HDPE) ($d = 0,940\text{-}0,970 \text{ g/cm}^3$), polietileno de densidad media (MDPE) ($d = 0,926\text{-}0,940 \text{ g/cm}^3$), polietileno de baja densidad (LDPE) ($d = 0,910\text{-}0,926 \text{ g/cm}^3$); polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) y polietileno de muy baja densidad (VLDPE) ($d = 0,860\text{-}0,910 \text{ g/cm}^3$); polipropileno (PP); copolímeros termoplásticos de propileno con etileno; copolímeros de etileno/acetato de vinilo (EVA); copolímeros de etileno/acrilato de etilo (EEA), copolímeros de etileno/acrilato de butilo (EBA); cauchos de etileno/ α -olefina, en particular cauchos de etileno/propileno (EPR), cauchos de etileno/propileno/dieno (EPDM); y mezclas de los mismos.

[0047] En una realización, la capa de mica comprende una o dos cintas de mica. La/s cinta/s de mica se enrolla/n alrededor del alma que comprende el miembro de resistencia central y los tubos amortiguadores. Cuando hay dos cintas de mica, se pueden enrollar en la misma dirección.

[0048] La capa de mica y la capa de hilo de vidrio son capas de refuerzo que proporcionan protección física y resistencia a la tracción con una protección adicional contra el fuego. El peso de estas capas depende principalmente del rendimiento mecánico requerido, particularmente la resistencia a la tracción, según la aplicación específica del cable.

[0049] La armadura metálica del cable de la descripción puede estar fabricada de cualquier material adecuado para proporcionar al alma del cable protección contra la tensión externa, en particular contra las fuerzas de compresión y para hacer que el cable sea a prueba de roedores. En una realización, la armadura está fabricada de acero o cobre que puede estar en forma de alambres metálicos o de una cinta corrugada o de un tubo sellado longitudinalmente, aplicado opcionalmente alrededor del alma del cable mediante una técnica de extracción.

[0050] En una realización, una cuarta capa fabricada de un material polimérico ignífugo LSOH se interpone entre la capa de hilo de vidrio y la armadura metálica, y opcionalmente en contacto directo con una o ambas. El material polimérico LSOH de la cuarta capa puede tener un LOI en el intervalo descrito para la capa segunda y tercera de la cubierta multicapa. La cuarta capa puede estar fabricada sustancialmente del mismo material que la capa tercera y/o segunda.

[0051] El material polimérico de la cuarta capa anterior se puede seleccionar de la lista ya proporcionada en relación con el material ignífugo LSOH del miembro de resistencia central. Lo mismo se aplica para el relleno inorgánico ignífugo contenido en el mismo.

[0052] En una realización, una capa hinchable en agua, fabricada de una o más capas, se interpone entre la capa de hilo de vidrio y la armadura metálica.

[0053] En una realización, una capa hinchable en agua rodea la cuarta capa fabricada de un material polimérico ignífugo LSOH, opcionalmente en contacto directo con ésta. En una realización, la capa hinchable en agua comprende o consiste en una cinta que incluye material hinchable en agua y aplicada longitudinalmente sobre la cuarta capa. La capa hinchable en agua proporciona estanqueidad al cable longitudinalmente, evitando así que el agua y/o la humedad penetren a lo largo del cable. Por ejemplo, el material hinchable en agua puede comprender polímeros superabsorbentes (SAPs), tales como polvo de SAP.

[0054] El cable según la presente descripción incluye una cubierta multicapa que rodea la armadura metálica y está en contacto directo con ésta. La cubierta multicapa comprende una tercera capa, una primera capa y una segunda capa, todas fabricadas de un material ignífugo LSOH. El material polimérico de cada capa de la cubierta multicapa se puede seleccionar de la lista ya proporcionada en relación con el material ignífugo LSOH del miembro de resistencia central. Lo mismo se aplica para el relleno inorgánico ignífugo contenido en el mismo.

[0055] En una realización, la primera capa de la cubierta multicapa está fabricada de un material ignífugo LSOH que tiene un LOI superior a 70 %, por ejemplo de 75 % a 90 %.

[0056] En una realización, la tercera capa y la segunda capa de la cubierta multicapa están fabricadas de un material ignífugo LSOH que tiene un LOI inferior al de la primera capa, que comprende de 25 % a 70 %. En una realización, el LOI de los materiales de las capas tercera y segunda varía del 30 % al 50 %.

[0057] En una realización, la tercera capa y la segunda capa de la cubierta multicapa están fabricadas sustancialmente del mismo material ignífugo LSOH.

[0058] En una realización, la tercera capa está fabricada de un material ignífugo LSOH que tiene un LOI más bajo que el de la segunda capa. El LOI del material de la tercera capa puede variar del 25 al 35 %, mientras que el LOI del material de la segunda capa puede variar del 35 al 50 %. Resulta evidente para el experto en la materia que en esta realización, cuando el material de la segunda capa tiene un LOI del 35 %, el material de la tercera capa tendrá un LOI inferior dentro del intervalo especificado anteriormente.

[0059] Se puede impartir un LOI diferente a un material polimérico ignífugo LSOH variando la cantidad de relleno ignífugo inorgánico mezclado con la base polimérica, que será mayor, por ejemplo, en el material ignífugo que forma la primera capa de la cubierta y menor en el material que forma la segunda capa de la cubierta

[0060] En particular, según una realización de la presente descripción, la cantidad de relleno ignífugo en el material LSOH de la primera capa de la cubierta multicapa es de al menos 500 phr, preferentemente de 600 phr a 900 phr.

[0061] Según una realización de la presente descripción, la cantidad de relleno ignífugo en el material LSOH de la segunda capa, la tercera capa de la cubierta multicapa, de la cuarta capa y o el miembro de resistencia central es inferior a 500 phr, preferentemente de 150 phr a 300 phr.

[0062] Según una realización de la presente descripción, la cantidad de relleno ignífugo en el material LSOH de la segunda capa es de 180 phr a 400 phr, y la cantidad de relleno ignífugo en el material LSOH de la tercera capa es de 150 phr a 180 phr.

5 **[0063]** En la presente descripción y las reivindicaciones, el término "phr" (acrónimo de "partes por cien de caucho") se usa para indicar partes en peso por 100 partes en peso de la base polimérica.

[0064] Las capas de la cubierta multicapa están en contacto directo entre sí de manera que la tercera capa está rodeada y en contacto directo con la primera capa que, a su vez, está rodeada y en contacto directo con la
10 segunda capa.

[0065] En la cubierta multicapa, cada capa puede tener un espesor entre 0,8 y 2,5 mm.

[0066] La producción del cable óptico según la descripción se puede realizar mediante técnicas
15 convencionales. Por ejemplo, la aplicación de las capas de refuerzo (capa de mica y capa de hilo de vidrio) y de la capa de armadura metálica se puede llevar a cabo a través de máquinas de revestimiento y la armadura también se puede sellar térmicamente a lo largo del solapamiento. Además, la cubierta multicapa se puede aplicar para rodear la armadura metálica a través de procedimientos convencionales de extrusión de material plástico. Por ejemplo, la cubierta multicapa se puede aplicar mediante la técnica "tándem", en la que se usan extrusoras separadas dispuestas
20 en serie para aplicar la tercera capa, la primera capa y posteriormente la segunda capa, o por coextrusión de la tercera capa, la primera capa y la segunda capa. Se ilustrarán detalles adicionales en la siguiente descripción detallada proporcionada a modo de ejemplo y no de limitación, con referencia a la figura 1 adjunta que es una sección transversal de un cable de fibra óptica resistente al fuego según una realización de la presente descripción.

25 **[0067]** En la figura 1, el cable de fibra óptica se indica con el número de referencia 1. El cable 1 comprende un alma 1a. El alma 1a, a su vez, comprende un miembro de resistencia central 2 y una pluralidad de tubos amortiguadores 4, comprendiendo cada uno una pluralidad de fibras ópticas 5.

[0068] El miembro de resistencia central 2 es un elemento alargado y puede tener una sección transversal
30 circular o sustancialmente circular. En la presente realización, el miembro de resistencia central comprende un cuerpo 2a de material dieléctrico reforzado, por ejemplo, plástico reforzado con vidrio (GRP), plástico reforzado con fibras (FRP) o cualquier otro material similar. El cuerpo 2a está cubierto por un recubrimiento 2b fabricado de material polimérico LSOH ignífugo LSOH. El material del recubrimiento 2b puede contener, por ejemplo, hidróxido de magnesio en una cantidad de aproximadamente 130 phr. Este material puede tener un LOI del 28 %.

35 **[0069]** Un número de tubos amortiguadores 4 están dispuestos radialmente alrededor del miembro de resistencia central 2. En una realización, los tubos amortiguadores 4 están trenzados alrededor del miembro de refuerzo central 2 en configuración S-Z.

40 **[0070]** En la realización de la figura 1, se proporcionan ocho tubos amortiguadores 4 alrededor del miembro de resistencia central 2. Sin embargo, podría haber más o menos tubos en otras realizaciones.

[0071] Los tubos amortiguadores 4 pueden estar fabricados de cualquier material polimérico adecuado, por
ejemplo, tereftalato de polibutileno (PBT). En una realización, los tubos amortiguadores pueden estar fabricados de
45 un material polimérico LSOH ignífugo LSOH, como se describió anteriormente.

[0072] Cada tubo amortiguador 4 contiene una pluralidad de fibras ópticas. En una realización, cada tubo amortiguador 4 contiene 12 fibras ópticas.

50 **[0073]** Cada tubo amortiguador 4 puede contener un material de relleno de bloqueo de agua 6 que comprende un gel de silicona con un punto de goteo de al menos 200 °C.

[0074] Por ejemplo, los materiales adecuados como relleno de bloqueo de agua para el cable de la presente
descripción son poliorganosiloxanos comercializados como Rhodorsil® por Rhodia Siliconi Italia S.p.A., Italia.

55 **[0075]** Cabe señalar que cada único tubo amortiguador 4 no está protegido individualmente por materiales resistentes al fuego, por ejemplo, cintas de mica.

[0076] El alma 1a que comprende tubos amortiguadores 4 y el miembro de resistencia central 2 está envuelto
60 por una capa de mica 7.

[0077] En una realización, la capa de mica 7 comprende dos cintas de mica. La mica, por ejemplo, en forma de laminillas, se puede unir a una capa de refuerzo usando un agente aglutinante, tal como resina o elastómero de silicona, resina acrílica y/o resina epoxi. La capa de refuerzo puede estar formada por un tejido de soporte, tal como
65 vidrio tejido y/o tela de vidrio.

[0078] En una realización, cada cinta de mica se enrolla con un solapamiento. El solapamiento puede ser superior al 40 % y preferentemente del 50 %.

5 **[0079]** En una posición externa radial y en contacto directo con la capa de mica 7, se proporciona una capa de hilos de vidrio 8.

[0080] La capa de hilos de vidrio 8 y la capa de mica 7 actúan como barrera contra incendios. La capa de barrera contra incendios tiene principalmente la función de evitar el contacto directo del alma con las llamas que rodean el cable en caso de incendio.

[0081] En una posición radialmente externa y en contacto directo con la capa de hilos de vidrio, se proporciona una cuarta capa 9. La cuarta capa 9 se puede extruir directamente en la capa de hilos de vidrio 8.

15 **[0082]** La cuarta capa 9 puede tener un espesor entre 0,8 y 2,5 mm. En una realización, dicho espesor es de 1,4 mm.

[0083] La cuarta capa 9 está fabricada de un material polimérico ignífugo LSOH. El material de la cuarta capa 9 puede contener, por ejemplo, hidróxido de magnesio en una cantidad de aproximadamente 200 phr. Este material puede tener un LOI del 37 %.

[0084] En una posición radialmente externa con respecto a la cuarta capa 9, se proporciona una capa hinchable en agua 10 que tiene esencialmente la función de bloquear la entrada y el transporte de agua y/o la humedad hacia el interior del cable.

25 **[0085]** En una posición radialmente externa con respecto a la capa hinchable en agua 10, se proporciona una armadura metálica 11.

[0086] En la presente realización, la armadura 11 puede estar fabricada de cinta metálica corrugada 11 fabricada, al menos parcialmente, de acero, por ejemplo. La armadura 11 puede tener un espesor de 0,15 mm.

[0087] En una realización, la armadura metálica tiene al menos una superficie recubierta con una capa de copolímero. En otra realización, la armadura metálica 11 tiene ambas superficies recubiertas con una capa de copolímero.

35 **[0088]** En una posición radialmente externa con respecto a la armadura metálica 11 y en contacto directo con la misma, se proporciona una cubierta multicapa 12. La cubierta multicapa 12 puede extruirse directamente en la armadura 11.

40 **[0089]** La cubierta multicapa 12 comprende una tercera capa 12a, una primera capa 12b y una segunda capa 12c, todas fabricadas de un material polimérico LSOH ignífugo, teniendo el material LSOH de la primera capa un índice de oxígeno limitante (LOI) superior al LOI del material LSOH de las capas segunda y tercera.

[0090] Por ejemplo, el material de la primera capa 12b puede contener, por ejemplo, hidróxido de magnesio en una cantidad de aproximadamente 780 phr. Este material puede tener un LOI del 85 %. El material de la tercera capa 12a y de la segunda capa 12c puede contener cada uno, por ejemplo, hidróxido de magnesio en una cantidad de aproximadamente 200 phr. Este material puede tener un LOI del 37 %.

EJEMPLO

50 **[0091]** El solicitante ha realizado pruebas de resistencia al fuego en cables según la presente descripción que tienen una estructura análoga a la del cable 1 de la figura 1 y que contienen 144 fibras en 12 tubos amortiguadores, 12 fibras cada uno. Los tubos amortiguadores de los cables fueron fabricados de polibuteno (PBT) y se rellenaron con un gel de polidimetilsiloxano que tiene un punto de goteo superior a 250 °C. Adicionalmente, cada cable tenía un miembro de resistencia central fabricado de GRP cubierto por un recubrimiento fabricado de material polimérico LSOH ignífugo LSOH que tiene un LOI del 28 %.

[0092] La cuarta capa ignífuga fue fabricada de un material a base de polímero LSOH ignífugo que contenía hidróxido de magnesio y que tenía un LOI de aproximadamente un 37 %.

60 **[0093]** La cubierta multicapa fue fabricada de un material a base de polímero LSOH ignífugo que contenía hidróxido de magnesio y que tenía un LOI de aproximadamente un 37 % para la tercera capa y la segunda capa, y un LOI del 85 % para la primera capa.

65 **[0094]** Se usaron dos estándares para analizar los cables mencionados anteriormente: IEC 60331-25 (1999) y

BS 7846-F2 (2015).

[0095] Todos los cables analizados según la presente descripción pasaron las dos pruebas mencionadas anteriormente.

5

[0096] Con respecto a la prueba IEC 60331-25 (1999), después de 180 minutos a 750 °C, se detectó una atenuación de la señal de 1,5 dB. Después de un enfriamiento de 15 minutos, se descubrió que las fibras ópticas funcionaban completamente (no estaban rotas, no había desconexión de la señal), lo que demostraba la integridad del circuito.

10

[0097] Cabe señalar que el estándar IEC 60331-5 (1999) normalmente recomienda la resistencia al fuego después de 90 minutos de incendio con un período de enfriamiento de 15 minutos.

[0098] Sin embargo, las pruebas anteriores muestran que los cables según la divulgación mantienen su rendimiento durante un período de tiempo más largo durante un incendio y también durante el período de enfriamiento, asegurando así una protección contra incendios mejorada (extendida) y una reducción de la rotura de fibras después del incendio.

[0099] Con respecto a la prueba BS 7846-F2 (2015), los cables según la descripción se analizaron para evaluar por separado la resistencia al fuego sola y la resistencia al fuego con rociado de agua. La resistencia al fuego sola se evaluó a una temperatura de prueba de 950±40 °C y una duración de la llama de 15 minutos. La resistencia al fuego con rociado de agua se evaluó a una temperatura de prueba de 650±40 °C durante 15 minutos bajo la llama y otros 15 minutos bajo la llama más agua.

[0100] Todos los cables analizados según la descripción pasaron la prueba anterior, ya que se descubrió que las fibras ópticas funcionaban completamente sin rotura de fibras, sino solo con una atenuación de la señal.

REIVINDICACIONES

1. Un cable de fibra óptica resistente al fuego (1) que comprende:
 - 5 - un alma (1a) que comprende un miembro de resistencia central (2) y una pluralidad de tubos amortiguadores (4) dispuestos alrededor del miembro de resistencia central (2), conteniendo cada tubo amortiguador (4) una pluralidad de fibras ópticas (5);
 - una capa (7) dispuesta alrededor del alma (1a);
 - una capa de hilo de vidrio (8) que rodea y en contacto directo con la capa (7);
 - 10 - una armadura metálica (11) que rodea la capa de hilo de vidrio (8); y
 - una cubierta (12) fabricada de un material ignífugo LSOH que rodea y en contacto directo con la armadura metálica (11),
- caracterizado porque** la capa (7) dispuesta alrededor del alma (1a) es una capa de mica; la cubierta (12) es una

- 15 cubierta multicapa, y **porque** la cubierta multicapa (12) comprende una primera capa (12b), una segunda capa (12c) que rodea y en contacto con la primera capa (12b), y una tercera capa (12a) en una posición interna radial con respecto a la primera capa (12b) y en contacto directo con la misma, siendo las capas primera, segunda y tercera fabricadas de un material ignífugo LSOH, teniendo el material LSOH de la primera capa (12b) un índice de oxígeno limitante, LOI, superior al LOI del material LSOH de la segunda capa (12c) y de la tercera capa (12a), y la segunda capa (12c) es la
- 20 capa del cable más externa.
2. El cable de fibra óptica (1) según la reivindicación 1, donde la primera capa (12b) de la cubierta multicapa (12) está fabricada de un material ignífugo LSOH que tiene un LOI superior al 70 %.
- 25 3. El cable de fibra óptica (1) según la reivindicación 2, donde la primera capa (12b) está fabricada de un material ignífugo LSOH que tiene un LOI del 75 % al 90 %.
4. El cable de fibra óptica (1) según la reivindicación 1, donde la tercera capa (12a) y la segunda capa (12c) de la cubierta multicapa (12) están fabricadas ambas de un material ignífugo LSOH que tiene un LOI del 25 %
- 30 al 70 %.
5. El cable de fibra óptica (1) según la reivindicación 4, donde la tercera capa (12a) y la segunda capa (12c) están fabricadas ambas de un material ignífugo LSOH que tiene un LOI del 30 % al 50 %.
- 35 6. El cable de fibra óptica (1) de la reivindicación 1, donde los tubos amortiguadores (4) contienen un material de relleno de bloqueo de agua (6) que comprende un gel de silicona, donde dicho gel de silicona tiene un punto de goteo de al menos 200 °C.
7. El cable de fibra óptica (1) de la reivindicación 6, donde el gel de silicona tiene un punto de goteo de
- 40 ≥ 250 °C.
8. El cable de fibra óptica (1) de la reivindicación 1, donde el miembro de resistencia central (2) comprende un material polimérico ignífugo LSOH.
- 45 9. El cable de fibra óptica (1) de la reivindicación 8, donde el miembro de resistencia central (2) comprende un cuerpo (2a) que tiene una superficie externa y el material polimérico ignífugo LSOH está en forma de una capa (2b) en la superficie externa del cuerpo (2a).
10. El cable de fibra óptica (1) de la reivindicación 9, donde el material polimérico ignífugo LSOH del
- 50 miembro de resistencia central (2) tiene un LOI del 25 % al 40 %.
11. El cable de fibra óptica (1) de la reivindicación 1 que comprende además una cuarta capa (9) interpuesta entre la capa de hilo de vidrio (8) y la armadura metálica (11).
- 55 12. El cable de fibra óptica (1) de la reivindicación 11, donde la cuarta capa (9) está fabricada de un material polimérico ignífugo LSOH que tiene un LOI ≥ 30 %.
13. El cable de fibra óptica (1) de la reivindicación 1 que comprende además una capa hinchable en agua (10) interpuesta entre la capa de hilo de vidrio y la armadura metálica.
- 60 14. El cable de fibra óptica (1) de la reivindicación 1, donde cada capa de la cubierta multicapa (12) tiene un espesor entre 0,8 y 2,5 mm.

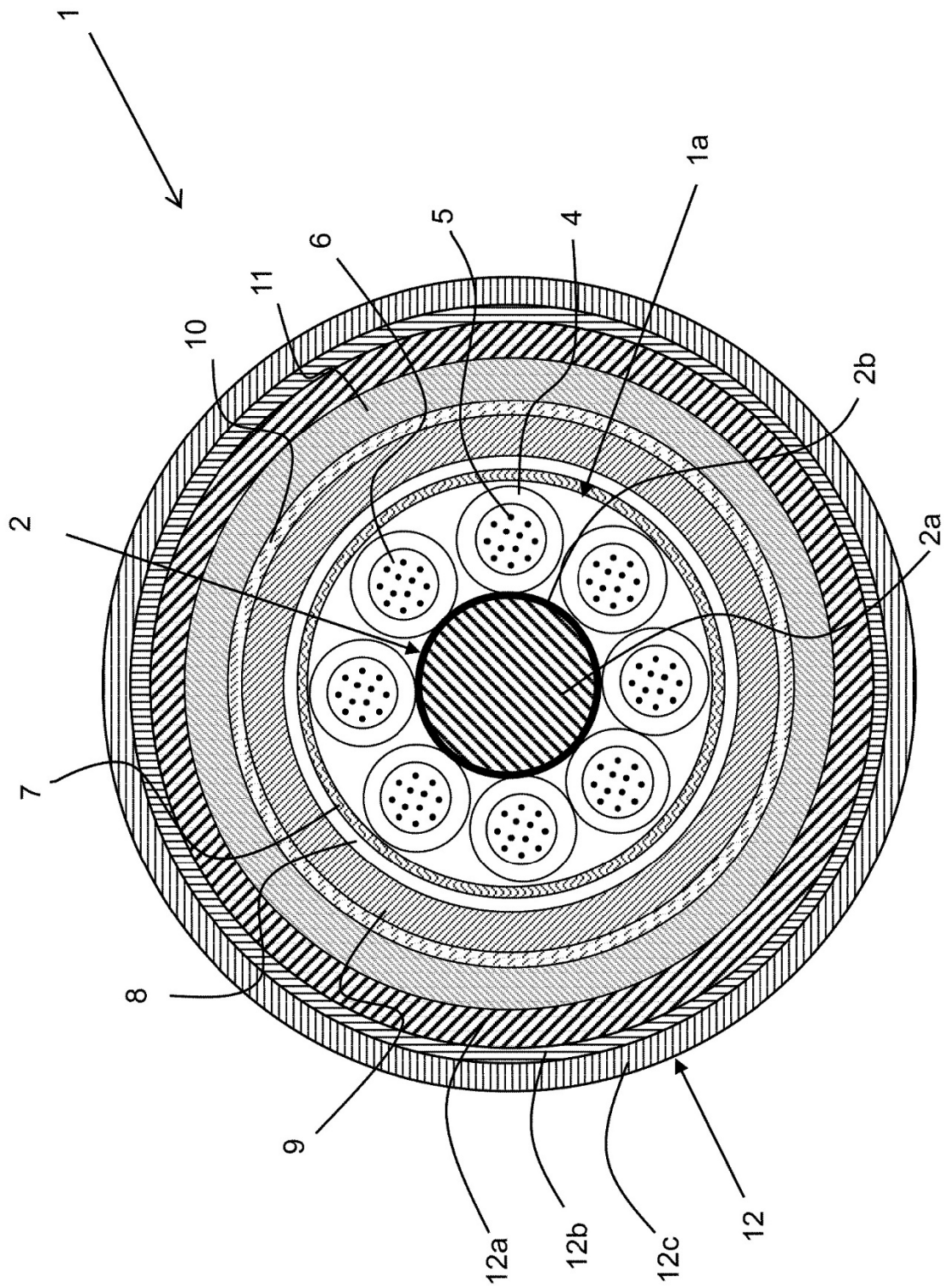


Fig. 1