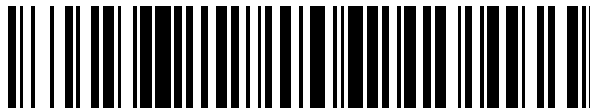


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 712 853**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.10.2014 PCT/US2014/060427**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.04.2016 WO16060647**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2014 E 14789948 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2018 EP 3207415**

54 Título: **Cable de fibras ópticas con tubo central suelto**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
16.05.2019

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

72 Inventor/es:
RISCH, BRIAN, G. y
COLLADO, DENISE

74 Agente/Representante:
ARPE FERNÁNDEZ, Manuel

ES 2 712 853 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 fibras ópticas con tubo central suelto

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a cables de fibra óptica, particularmente cables de fibra óptica con tubo central suelto.

10 ANTECEDENTES

[0002] Las fibras ópticas proporcionan ventajas sobre las líneas de comunicación convencionales. En comparación con las redes tradicionales basadas en cable, las redes de comunicación de fibra óptica pueden transmitir significativamente más información a velocidades significativamente más altas. Las fibras ópticas, por lo tanto, se emplean cada vez más en las redes de comunicación.

[0003] Las fibras ópticas se agrupan típicamente en cables de fibra óptica, tales como cables centrales de tubo suelto. Dichos cables de fibra óptica a veces incluyen miembros de refuerzo rígidos para ayudar a los cables de fibra óptica a soportar las tensiones mecánicas que se producen durante la instalación y, posteriormente, como resultado de la dilatación y contracción térmicas. Sin embargo, los miembros de refuerzo rígidos no son prácticos para realizaciones de cable que requieren flexibilidad y no tienen un eje de flexión preferente. Si no se incluyen miembros de refuerzo rígidos, los cables de fibra óptica de tubo suelto son vulnerables a la contracción excesiva inducida por la temperatura (por ejemplo, por debajo de la congelación, como entre aproximadamente -20° C y -40° C) y la atenuación de la fibra óptica.

[0004] De conformidad con ello, existe la necesidad de un cable central de fibra óptica de tubo suelto que tenga flexibilidad y resistencia satisfactorias, al tiempo que mantiene una atenuación de fibra óptica aceptable. El documento EP 1489447 A1 describe un cable donde la cubierta exterior tiene un bajo coeficiente de dilatación térmica.

30 SUMARIO

[0005] Por consiguiente, en un aspecto, la presente invención abarca un cable de fibra óptica que incluye un sistema de refuerzo no rígido y un material de cubierta que limita la(s) fuerza(s) de contracción sobre el cable de fibra óptica. El sistema de refuerzo no rígido incluye hilos de refuerzo trenzados que rodean un tubo de protección polimérico y una o más fibras ópticas posicionadas dentro del espacio anular del tubo de protección polimérico; el cable de fibra óptica no tiene miembros de refuerzo rígidos ni eje de flexión preferente. Una cubierta de cable, que rodea los hilos de refuerzo trenzados, tiene una tensión de contracción total de 12 MPa o menor a -40° C (por ejemplo, 11 MPa o menor a -40° C).

[0006] El resumen ilustrativo anterior, así como otros objetivos y/o ventajas ejemplares de la invención, y la manera en que se llevan a cabo, se explican adicionalmente en la siguiente descripción detallada y sus dibujos adjuntos.

40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0007] La figura 1 representa esquemáticamente una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica con tubo central suelto ejemplar de acuerdo con la presente invención.

45 DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0008] La figura 1 representa esquemáticamente un cable de fibra óptica central suelto ejemplar 10 que incluye un tubo de protección central polimérico 12, que define una pared interior, una pared exterior y un espacio anular central. Las fibras ópticas 11 (por ejemplo, fibras ópticas sueltas) se colocan dentro del espacio anular del tubo de protección polimérico. Hilos de refuerzo trenzados 13 rodean el tubo de protección polimérico 12 y las fibras ópticas 11 colocadas dentro del espacio anular del tubo de protección polimérico, y una cubierta de cable 14, que define una pared interior y una pared exterior, rodea los hilos de refuerzo trenzados 13. Como se muestra en la figura 1, el cable de fibra óptica no tiene miembros de refuerzo rígidos, tales como varillas de fibra de vidrio. De preferencia, una capa de hilos de refuerzo trenzada 13 se coloca típicamente en el espacio anular entre la pared exterior del tubo de protección polimérico y la pared interna de la cubierta de cable. Debido a este diseño, el cable de fibra óptica no tiene un eje de flexión preferente, lo que facilita su instalación. A 23° C, el cable de fibra óptica generalmente alcanza una longitud de fibra excedente (EFL) de menos del 0,3 por ciento (por ejemplo, aproximadamente 0,25), más generalmente el 0,2 por ciento (por ejemplo, 0,1 por ciento o menos).

[0009] Un material tixotrópico 16 (por ejemplo, grasa o geles similares a la grasa) se incluye típicamente dentro del espacio anular central definido por el tubo de protección 12. El material 16 tixotrópico llena al menos parcialmente el espacio entre la pared interior del tubo de protección y las fibras ópticas encerradas 11. Por ejemplo, llenar al menos parcialmente el espacio libre dentro del tubo de protección 12 con grasa de relleno a base de petróleo y barrera de agua ayuda a bloquear la entrada y el transporte de agua. Además, la grasa de

relleno tixotrópica ayuda a acoplar mecánicamente (es decir, de manera viscosa) las fibras ópticas al tubo de protección circundante.

[0010] Alternativamente, los elementos de bloqueo de agua (por ejemplo, hilos hinchables en agua y/o cintas hinchables en agua) pueden colocarse dentro del espacio anular del tubo de protección. Por ejemplo, hilos, telas no tejidas, tejidos (por ejemplo, cintas), espumas u otros materiales que contienen material hinchable en agua y/o recubiertos con materiales hinchables en agua (por ejemplo, incluyendo polímeros super-absorbentes (SAP), tales como polvo de SAP) pueden emplearse para proporcionar un bloqueo de agua y/o para acoplar las fibras ópticas al tubo de protección circundante (por ejemplo, mediante adhesión, fricción y/o compresión). Ejemplos de elementos hinchables en agua se describen en la patente de Estados Unidos N° 7.515.795, cedida comúnmente, que se incorpora aquí como referencia en su totalidad.

[0011] Para facilitar el acceso a las fibras ópticas, uno o más cordones de apertura 17 pueden colocarse entre el tubo de protección 12 y la cubierta de cable 14 que lo rodea, como se muestra en la figura 1.

[0012] Los hilos de refuerzo trenzados incluyen típicamente tanto hilos de refuerzo de fibra de vidrio como hilos de refuerzo de aramida. Los hilos de refuerzo de fibra de vidrio incluyen típicamente entre aproximadamente el 3 por ciento en peso y el 8 por ciento en peso de polímeros (por ejemplo, aproximadamente el 3,5 al 6 por ciento en peso de polímeros), lo que facilita el procesamiento. Los hilos de refuerzo de aramida tienden a ser más flexibles que los hilos de refuerzo de fibra de vidrio. Los hilos de refuerzo típicamente presentan una elongación menor del 1,0 por ciento para una carga de 300 lbf y/o una elongación menor del 0,6 por ciento para una carga de 200 lbf. Los hilos de refuerzo definen en gran medida la capacidad de carga del cable de fibra óptica. En algunas realizaciones, los hilos de refuerzo tienen una elongación inferior al 0,6 por ciento para una carga de 250 lbf o mayor (por ejemplo, 300 lbf).

[0013] Opcionalmente, los hilos de refuerzo pueden mejorarse con material hinchable en agua para producir hilos de refuerzo de bloqueo de agua (por ejemplo, hilos de refuerzo de aramida hinchables en agua), o elementos de bloqueo a agua (por ejemplo hilos hinchables en agua y/o cintas hinchables en agua) pueden colocarse junto con los hilos de refuerzo trenzados dentro del espacio anular entre la pared exterior del tubo de protección polimérico y la pared interna de la cubierta de cable. Por ejemplo, hilos, telas no tejidas, tejidos (por ejemplo, cintas), espumas u otros materiales pueden contener material hinchable en agua y/o estar recubiertos con materiales hinchables en agua, tales como polímeros super-absorbentes (SAP). Típicamente, existe poco espacio libre, si es que hay alguno, entre los hilos de refuerzo 13 y el tubo de protección 12 o la cubierta de cable 14 (es decir, la cubierta de cable 13 rodea estrechamente los hilos de refuerzo 13 y el tubo de protección 12).

[0014] Para lograr un excelente rendimiento a baja temperatura en ausencia de miembros de refuerzo rígidos, la cubierta de cable está típicamente formada a partir de material(s) termoplástico de baja contracción. La cubierta de cable presenta típicamente un esfuerzo de contracción total de 12 MPa o menor a -40°C (por ejemplo, 11 MPa o menor a -40°C). La cubierta de cable generalmente tiene un módulo de 2000 MPa o menor (por ejemplo, 1000 MPa o menor), más típicamente 500 MPa o menor. Además, la cubierta de cable está formada típicamente por un polímero de baja contracción que tiene un coeficiente de expansión térmica (CTE) de aproximadamente $140 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menor a 20°C y/o aproximadamente $100 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menor a -40°C (por ejemplo, menor de aproximadamente $75 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ a -40°C). Si las propiedades de contracción de la cubierta de cable exceden estos umbrales ejemplares, la contracción del cable a bajas temperaturas puede causar una atenuación excesiva en la fibra óptica. Los materiales de revestimiento termoplásticos ejemplares adecuados incluyen polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) o copolímeros de polipropileno-etileno-octeno.

[0015] La cubierta de cable es extrudida típicamente en una única capa de funda sobre los hilos de refuerzo trenzados que rodean la pared exterior del tubo de protección polimérico. Dicho esto, dentro del alcance de la invención se encuentra emplear cubiertas de cable de múltiples capas. La cubierta de cable generalmente tiene una sección transversal circular, pero alternativamente la cubierta de cable puede tener una forma irregular o no circular (por ejemplo, una sección transversal ovalada, trapezoidal o plana).

[0016] El tubo de protección central se forma típicamente a partir de material(s) termoplástico(s), como poliolefinas (por ejemplo, polietileno o polipropileno, como polietileno de alta densidad), incluyendo poliolefinas fluoradas. Materiales ejemplares para tubos de protección incluyen polietileno nucleado, polipropileno nucleado o un copolímero o una mezcla de los mismos (por ejemplo, copolímeros de polipropileno-etileno o copolímeros de polipropileno-etileno-octeno). El tubo de protección central también se puede formar a partir de poliéster, como tereftalato de polibutileno (PBT), tereftalato de polibutileno nucleado o tereftalato de polibutileno de baja contracción; nailon, tal como poliamida 12 (PA12), poliamida amorfa 12 o poliamida 11; cloruro de polivinilo (PVC); materiales ignífugos exentos de halógenos (HFRR); polímeros de uretano, tales como acrilatos de uretano y/o mezclas de estos y otros materiales poliméricos. En general, el tubo de protección central puede estar formado por una o más capas. Las capas pueden ser homogéneas o incluir mezclas o combinaciones de diversos materiales dentro de cada capa. En este contexto, el tubo de protección se puede obtener mediante extrusión (por ejemplo, un material polimérico extruido) o por pultrusión (por ejemplo, un plástico extruido por estirado, reforzado con fibra). A modo de ejemplo, el tubo de protección puede incluir un material para proporcionar alta temperatura y resistencia química (por ejemplo, un material aromático o material de polisulfona). Los tubos de protección ejemplares se describen en la patente de Estados Unidos N° 7.970.247, cedida comúnmente, que se incorpora aquí como referencia en su totalidad.

[0017] Los tubos de protección ejemplares con una sección transversal circular tienen diámetros exteriores comprendidos entre 2,0 milímetros y 4,0 milímetros (por ejemplo, 2,5 a 3,5 milímetros) y diámetros interiores correspondientes entre 1,2 milímetros y 3,1 milímetros. Un ejemplo de tubo de protección con una sección transversal circular tiene un diámetro interior de 1,4 milímetros o menor y un diámetro exterior de 3,0 milímetros o menor. Aunque los tubos de protección tienen típicamente una sección transversal circular, alternativamente tales

tubos de protección pueden tener una forma irregular o no circular (por ejemplo, una sección transversal ovalada o trapezoidal, o una sección transversal sustancialmente circular con uno o más sitios planos).

[0018] Los materiales de recubrimiento del cable y/ o los materiales del tubo de protección pueden contener aditivos, tales como agentes de nucleación, retardadores de llama, retardadores de humo, antioxidantes, absorbentes de UV y/o plastificantes.

[0019] Como se señaló, los hilos de refuerzo de fibra de vidrio y los hilos de refuerzo de aramida conjuntamente presentan una elongación menor del 1,0 por ciento para una carga de 300 lbf y/o una elongación de menos del 0,6 por ciento para una carga de 200 lbf. El uso de relativamente más hilos de fibra de vidrio y menos hilos de aramida puede proporcionar una mejor resistencia a contracción del cable (reduciendo así la EFL) y al pandeo, aunque a costa de una menor flexibilidad y un aumento de peso y volumen. Dicho esto, dentro del alcance de la invención se encuentra emplear todos los hilos de refuerzo de fibra de vidrio.

[0020] En los cables de fibra óptica sueltos, a modo de ejemplo, entre los hilos de refuerzo de fibra de vidrio y los hilos de refuerzo de aramida, los hilos de refuerzo de fibra de vidrio típicamente proporcionan alrededor del 55 por ciento o más (por ejemplo, el 60 a 95 por ciento), tal como del 65 al 90 por ciento. (por ejemplo, del 70 al 85 por ciento), de la resistencia a la tracción combinada de hilos de refuerzo. Los ejemplos 1 a 3 (a continuación) proporcionan combinaciones ejemplares de hilos de refuerzo de fibra de vidrio e hilos de refuerzo de aramida que producen una resistencia a la tracción suficiente.

Ejemplo 1

[0021]

Hilos	Número	Tex por hilo	Tex total	Lbf por tex 1% elongación	Carga para el 0,6% de elongación	Carga para el 1% de elongación
Fibra de vidrio	7	675	4725	0,05	153	256
Aramida	3	161	483	0,16	47	77
totales			5208		200	333

[0022] En el ejemplo 1 (anterior), como entre los hilos de refuerzo de fibra de vidrio y los hilos de refuerzo de aramida, los hilos de refuerzo de fibra de vidrio proporcionan aproximadamente el 91 por ciento de la resistencia a la tracción combinada del hilo de fuerza.

Ejemplo 2

[0023]

Hilos	Número	Tex por hilo	Tex total	Lbf por tex 1% elongación	Carga para el 0,6% de elongación	Carga para el 1% de elongación
Fibra de vidrio	4	675	2700	0,05	88	146
Aramida	8	161	1288	0,16	124	206
Totales			3988		211	352

[0024] En el ejemplo 2 (anterior), entre los hilos de refuerzo de fibra de vidrio y los hilos de refuerzo de aramida, los hilos de refuerzo de fibra de vidrio proporcionan aproximadamente el 68 por ciento de la resistencia a la tracción combinada del hilo de refuerzo.

Ejemplo 3

[0025]

Hilos	Número	Tex por hilo	Tex total	Lbf por tex 1% elongación	Carga para el 0,6% de elongación	Carga para el 1% de elongación
Fibra de vidrio	3	675	2025	0,05	66	110
Aramida	9	161	1449	0,16	139	232
Totales			3474		205	341

[0026] En el ejemplo 3 (anterior), entre los hilos de refuerzo de fibra de vidrio y los hilos de refuerzo de aramida, los hilos de refuerzo de fibra de vidrio proporcionan aproximadamente el 58 por ciento de la resistencia a la tracción combinada del hilo de refuerzo.

[0027] La longitud de fibra excedente (EFL) varía típicamente en función de las temperaturas de funcionamiento del cable de fibra óptica (por ejemplo, -40° C a 40° C). La inclusión de hilos de refuerzo ayuda a controlar la longitud de fibra excedente (EFL), que está relacionado con la interacción de las fuerzas de

contracción y la rigidez del núcleo, no solo durante el proceso de protección sino también a temperaturas extremas (por ejemplo, -20° C o menores). Como se señaló, a 23° C, el presente cable de fibra óptica generalmente alcanza una longitud de fibra excedente (EFL) menor del 0,3 por ciento, más típicamente del 0,2 por ciento (por ejemplo, el 0,1 por ciento o menos).

5 **[0028]** Además, la contracción *post* extrusión (PES) a menudo contribuye a la atenuación, como durante el almacenamiento intermedio de los cables y tubos de protección de fibra óptica. La contracción *post* extrusión, que puede ocurrir cuando un tubo de protección polimérico y/o una cubierta de cable polimérico se somete a temperaturas elevadas, y puede causar aumentos no deseados en la longitud de fibra excedente (EFL). Los procesos ejemplares para controlar la longitud de fibra excedente (EFL) y reducir la contracción *post* extrusión (PES) en tubos de protección sueltos se describen en la patente de EE. UU. N° 8.489.219, que se incorpora aquí como referencia en su totalidad.

10 **[0029]** Los cables de fibra óptica de acuerdo con la presente invención pueden contener fibras ópticas de modos múltiples o fibras ópticas de modo único.

15 **[0030]** Las fibras ópticas se configuran típicamente como fibras ópticas no en forma de cinta, tales como fibras ópticas discretas situadas de manera suelta dentro del espacio central anular del tubo central de protección o como haces de fibras ópticas. Por ejemplo, los haces de fibras ópticas pueden estar trenzados (por ejemplo, SZ, S o Z) y luego empaquetarse utilizando ataduras (por ejemplo, hilos o cintas de atadura empaquetados helicoidalmente o a contra-hélice) para formar un haz de fibra óptica. En realizaciones ejemplares del presente cable de fibra óptica, varios haces de fibra óptica pueden colocarse dentro del espacio anular del tubo central de protección.

20 **[0031]** En una realización, las fibras ópticas empleadas en los presentes cables de fibra óptica pueden ser fibras de modo único convencionales (SSMF) convencionales. Las fibras ópticas de modo único apropiadas (por ejemplo, fibras de modo único mejoradas (ESMF)) que cumplen con las recomendaciones UIT-T G.652.D están disponibles comercialmente, por ejemplo, en Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.) . Las recomendaciones de la recomendación UIT-T G.652 (noviembre de 2009) y cada una de sus características (es decir, A, B, C y D) se incorporan aquí como referencia en su totalidad.

25 **[0032]** En otra realización de los cables de fibra óptica de acuerdo con la presente invención, pueden emplearse fibras ópticas de modo único insensibles a curvatura. Las fibras ópticas insensibles a curvatura son menos susceptibles a la atenuación (por ejemplo, causada por micro-curvatura o macro-curvatura). Las fibras de vidrio de modo único ejemplares para utilizar en los presentes cables de fibra óptica están disponibles comercialmente en Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.) con el nombre comercial BendBright®, que cumple con las recomendaciones UIT-T G.652.D. Dicho esto, dentro del alcance de la presente invención se encuentra emplear una fibra de vidrio insensible a curvatura que cumpla con las recomendaciones UIT-T G.657.A (por ejemplo, el UIT-T G.657.A1 (noviembre de 2009) y las subcategorías del UIT-T G.657.A2 (noviembre de 2009) y/o las recomendaciones del UIT-T G.657.B (por ejemplo, el UIT-T G.657.B2 (noviembre de 2009) y el UIT-T G. 657.B3 (noviembre 2009) subcategorías). A este respecto, la subcategoría UIT-T G.657.A1 (noviembre de 2009) abarca plenamente la categoría anterior UIT-T G.657.A (diciembre de 2006) y la categoría UIT-T G.657.B2 (noviembre de 2009) la subcategoría abarca completamente la categoría anterior UIT-T G.657.B (diciembre de 2006). Las recomendaciones de UIT-T G.657.A / B se incorporan aquí por referencia en su totalidad.

30 **[0033]** En este sentido, las fibras de vidrio de modo único insensibles curvatura de ejemplo para uso en la presente invención están comercialmente disponibles en Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.) con los nombres comerciales BendBrightXS® y BendBright-Elite™. Las fibras ópticas BendBrightXS® y las fibras ópticas BendBright-Elite™ no solo son compatibles con las recomendaciones UIT-T G.652.D y UIT-T G.657.A / B, sino que también demuestran una mejora significativa respecto a macro-curvatura y micro-curvatura. En comparación con estas fibras ópticas de modo único insensibles a curvatura, las fibras ópticas de modo único convencionales no suelen cumplir ni con las recomendaciones UIT-T G.657.A ni con las recomendaciones UIT-T G.657.B, pero sí suelen cumplir con las recomendaciones del UIT-T G.652 (por ejemplo, las recomendaciones del UIT-T G.652.D).

35 **[0034]** Como se establece en la patente de EE. UU. N° 8.265.442, la patente de EE. UU. N° 8.145.027, la patente de EE.UU. N° 8.385.705 y la publicación de solicitud de patente internacional N° WO 2009/062131 A1, emparejando una fibra de vidrio insensible a curvatura (por ejemplo, fibras de vidrio de modo único de Prysmian Group disponibles con el nombre comercial BendBrightXS®) y un recubrimiento primario que tiene un módulo muy bajo logran fibras ópticas que tienen pérdidas excepcionalmente bajas (por ejemplo, reducciones en la sensibilidad a micro-curvatura de, al menos, x10 en comparación con una fibra óptica de modo único) empleando un sistema de recubrimiento convencional). Los cables de fibra óptica de acuerdo con la presente invención pueden emplear los recubrimientos de fibra óptica revelados en la patente de EE. UU. N° 8.265.442, la patente de EE. UU. N° 8.145.027, la patente de EE. UU. N° 8.385.705 y la publicación de solicitud de patente internacional N° WO 2009/062131 A1 que se incorporan aquí como referencia en su totalidad, con fibras ópticas de modo único o fibras ópticas de múltiples modos.

40 **[0035]** En otra realización, las fibras ópticas empleadas en los presentes cables de fibra óptica son fibras ópticas de modos múltiples convencionales que tienen un núcleo de 50 micrómetros (por ejemplo, fibras ópticas de modos múltiples OM2) y que cumplen con las recomendaciones UIT-T G.651.1 . Las recomendaciones de la UIT-T G.651.1 (julio de 2007) se incorporan aquí como referencia en su totalidad. Las fibras ópticas de modos múltiples ejemplares que pueden emplearse incluyen las fibras ópticas de modos múltiples MaxCap™ (OM2 +, OM3 o OM4), que están disponibles comercialmente en Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.).

45 **[0036]** Alternativamente, los presentes cables de fibra óptica pueden incluir fibras ópticas de modos múltiples insensibles a curvatura, tales como las fibras ópticas de modos múltiples MaxCap™-BB-OMx, que están

disponibles comercialmente en Prysmian Group (Claremont, Carolina del Norte, EE. UU.). En este sentido, las fibras ópticas de modos múltiples insensibles a curvatura suelen tener pérdidas por macro-curvatura (i) no mayores de 0,1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de flexión de 15 milímetros y (ii) no más de 0,3 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros.

[0037] En contraposición, las fibras ópticas de modos múltiples convencionales, de acuerdo con las recomendaciones de ITU-T G.651.1, tienen pérdidas de macro-curvatura (i) no mayores de 1 dB a una longitud de onda de 850 nanómetros para un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de flexión de 15 milímetros y (ii) no mayores de 1 dB a una longitud de onda de 1300 nanómetros para un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros. Además, como se mide utilizando un devanado de dos vueltas alrededor de un carrete con un radio de curvatura de 15 milímetros, las fibras ópticas de modos múltiples convencionales típicamente tienen pérdidas de macro-curvatura (i) mayores de 0,1 dB, más típicamente mayores de 0,2 dB (por ejemplo, 0,3 dB o más), a una longitud de onda de 850 nanómetros y (ii) mayores de 0,3 dB, más típicamente más de 0,4 dB (por ejemplo, 0,5 dB o más), a una longitud de onda de 1300 nanómetros.

[0038] Las fibras ópticas tienen típicamente un diámetro exterior comprendido entre aproximadamente 235 micrómetros y 265 micrómetros, aunque en los presentes cables de fibra óptica se pueden emplear fibras ópticas que tengan un diámetro más pequeño.

[0039] A modo de ejemplo, la fibra de vidrio componente puede tener un diámetro exterior de aproximadamente 125 micrómetros. Con respecto a las capas de recubrimiento circundantes de la fibra óptica, el recubrimiento primario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 175 micrómetros y 195 micrómetros (es decir, un grosor de recubrimiento primario de entre aproximadamente 25 micrómetros y 35 micrómetros), y el recubrimiento secundario puede tener un diámetro exterior de entre aproximadamente 235 micrómetros y 265 micrómetros (es decir, un espesor de recubrimiento secundario de entre aproximadamente 20 micrómetros y 45 micrómetros). Opcionalmente, la fibra óptica puede incluir una capa de tinta más externa, típicamente de entre dos y diez micrómetros.

[0040] En la memoria descriptiva y/o las figuras, se han descrito realizaciones típicas de la invención. La presente invención no está limitada a tales realizaciones ejemplares. El uso del término "y/o" incluye todas y cada una de las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados. Las figuras son representaciones esquemáticas y, por lo tanto, no están necesariamente dibujadas a escala. A menos que se indique lo contrario, los términos específicos se han utilizado en un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.

REIVINDICACIONES

1. Cable de fibras ópticas, que comprende:
 un tubo de protección polimérico que define una pared interior, una pared exterior y un espacio anular, y una pluralidad de fibras ópticas situadas dentro del espacio anular del tubo de protección polimérico;
 una cubierta de cable que rodea el tubo de protección polimérico y la pluralidad de fibras ópticas ubicadas dentro del espacio anular del tubo de protección polimérico, definiendo la cubierta de cable una pared interior y una pared exterior, donde a -40°C , la tensión de contracción total de la cubierta de cable es de 12 MPa o menor; y
 una capa de hilos de refuerzo trenzados colocados entre la pared exterior del tubo de protección polimérico y la pared interior de la cubierta de cable, comprendiendo dichos hilos de refuerzo trenzados tanto hilos de refuerzo de fibra de vidrio como hilos de refuerzo de aramida, en donde (i) los hilos de refuerzo tienen un alargamiento de menor del 0,6 por ciento para una carga de 200 lbf (889,64 N) y (ii) proporcionando los hilos de refuerzo de fibra de vidrio, al menos, el 55 por ciento de la resistencia a la tracción combinada de la resistencia del hilo; donde dicho cable de fibra óptica tiene miembros de refuerzo no rígidos.
2. Cable de fibra óptica según la reivindicación 1, en el que, a -40°C , la tensión de contracción total de la cubierta de cable es de 11 MPa o menor.
3. Cable de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que la cubierta de cable se compone de un polímero de baja contracción que tiene un coeficiente de expansión térmica (CTE) de $140 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menor a 20°C y de $75 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menor a -40°C .
4. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que, a -40°C , la cubierta de cable tiene un coeficiente de expansión térmica (CTE) de $100 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ o menor y un módulo de 2000 MPa o menor.
5. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que, a 20°C , la cubierta de cable tiene un módulo de 500 MPa o menor.
6. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la cubierta de cable se compone de copolímeros de polietileno lineal de baja densidad (LLDPE) o polipropileno-etileno-octeno.
7. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la longitud de fibra excedente EFL de cable total es menor que el 0,3 por ciento a 23°C , preferiblemente menor del 0,2 por ciento a 23°C , más preferiblemente menor del 0,1 por ciento a 23°C .
8. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los hilos de refuerzo de fibra de vidrio proporcionan entre el 60 por ciento y el 95 por ciento, preferiblemente entre el 65 por ciento y el 90 por ciento, más preferiblemente entre el 70 y el 85 por ciento de la resistencia a la tracción combinada de los hilos de refuerzo.
9. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los hilos de refuerzo de fibra de vidrio constan de entre el 3 por ciento en peso y el 8 por ciento en peso de polímeros.
10. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los hilos de refuerzo presentan elongación menor del 1,0 por ciento para una carga de 300 lbf (1334,47 N).
11. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que los hilos de refuerzo comprenden hilos de refuerzo de aramida hinchables en agua.
12. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el tubo de protección polimérico se compone de polipropileno o tereftalato de polibutileno (PBT).
13. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el tubo de protección polimérico se compone de polietileno nucleado, polipropileno nucleado, o un copolímero o una mezcla de los mismos.
14. Cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que el tubo de protección polimérico tiene (i) un diámetro interior de 1,4 milímetros o menor y (ii) un diámetro exterior de 3,0 milímetros o menor.

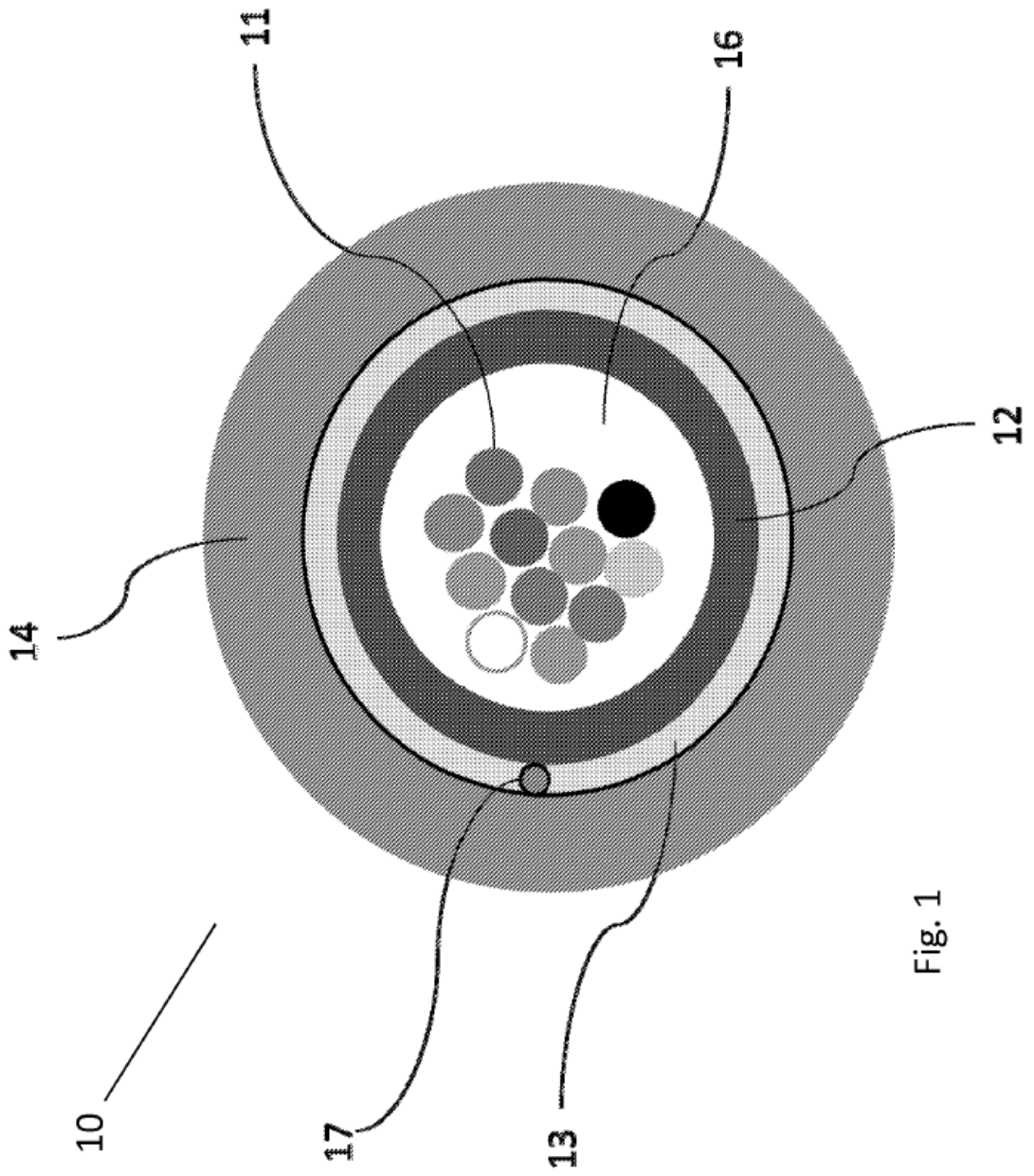


Fig. 1

REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 La lista de referencias citada por el solicitante lo es solamente para utilidad del lector, no formando parte de los documentos de patente europeos. Aún cuando las referencias han sido cuidadosamente recopiladas, no pueden excluirse errores u omisiones y la OEP rechaza toda responsabilidad a este respecto.

Documentos de patente citados en la descripción

- EP 1489447 A1 [0004]
- US 7515795 B [0010]
- US 7970247 B [0016]
- US 8489219 B [0028]
- US 8265442 B [0034]
- US 8145027 B [0034]
- US 8385705 B [0034]
- WO 2009062131 A1 [0034]

10