

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 981 175**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2019** **E 22209602 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.05.2024** **EP 4170404**

54 Título: **Cable de fibra óptica**

30 Prioridad:

11.10.2018 JP 2018192706

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

07.10.2024

73 Titular/es:

**FUJIKURA LTD. (100.0%)
5-1 Kiba 1-chome, Koto-ku
Tokyo 135-8512, JP**

72 Inventor/es:

**SHIMIZU, SHOGO;
OSATO, KEN y
NAMAZUE, AKIRA**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 981 175 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

5 [Campo técnico]

La presente invención se refiere a un cable de fibra óptica.

[Antecedentes de la técnica]

10 En la técnica relacionada, se conoce un cable de fibra óptica como se ilustra en el documento de patente 1. Este cable de fibra óptica incluye una vaina y una pluralidad de fibras ópticas alojadas en la vaina. La superficie circunferencial exterior de la vaina está formada con rebajes y salientes dispuestos de forma alternativa en la dirección circunferencial. La pluralidad de fibras ópticas del documento de patente 1 se aloja en un tubo en estado trenzado. De forma alternativa, la pluralidad de fibras ópticas se reviste conjuntamente con una resina curable por UV para formar un cable con el núcleo de cinta.

15 El documento de patente 2 divulga un cable de fibra óptica 1 que incluye un núcleo de cable que aloja fibras ópticas revestidas y cubiertas por una cinta envolvente, dispone al menos dos miembros de tensión alrededor del núcleo de cable y los cubre por completo con una envoltura del cable. El cable de fibra óptica incluye, en una tangente común de dos de los miembros de tensión en un lado periférico exterior de los dos miembros de tensión adyacentes entre sí, un espacio de aire de la envoltura del cable que comunica con un espacio interior en el que se dispone el núcleo de cable.

20 El documento de patente 3 divulga una unidad óptica que incluye una pluralidad de fibras ópticas que se constituye disponiendo las fibras ópticas en dos líneas y múltiples filas (dos líneas y dos filas en el caso), y conectando de forma intermitente las fibras ópticas en una dirección longitudinal. A continuación, se constituye una parte de conexión fijando las fibras ópticas en un lote. Se desea que la parte de conexión tenga una longitud fija en la dirección longitudinal.

25 El documento de patente 4 divulga una fibra óptica con un revestimiento único que tiene una característica de pérdida de curvatura en la que el aumento de la pérdida óptica en un radio de curvatura de 13 mm es de 0,2 dB/10 vueltas o menos, una cinta de fibra óptica que incluye porciones de resina dispuestas bidimensionalmente para unir las fibras ópticas adyacentes con un revestimiento único de 2 fibras en varios lugares, estando dispuestas las porciones de resina separadas entre sí en la dirección longitudinal de la cinta de fibra óptica y un cable de fibra óptica que incluye una porción de núcleo de cable que almacena el trenzado de varias unidades donde se recogen las fibras ópticas con un revestimiento único que constituyen la cinta de fibra óptica.

30 El documento de patente 5 divulga un cable de fibra óptica que incluye un núcleo de ensamblaje en el que una pluralidad de fibras ópticas revestidas están agrupadas en una forma redonda con una cinta de envoltura a presión; y una vaina de cable proporcionada alrededor del núcleo de ensamblaje, y una pluralidad de hilos de desgarro de vaina están incrustados en la vaina de cable. La pluralidad de hilos de desgarro de vaina están dispuestos lado a lado en una dirección radial del núcleo de ensamblaje e incrustados con cada uno de ellos independiente en la cubierta del cable.

40 [Lista de citas]

[Bibliografía de patentes]

45 [Documento de patente 1] Patente de EE. UU. n.º 6963686
[Documento de patente 2] JP2016080747A
[Documento de patente 3] JP2013109172A
[Documento de patente 4] US2011/110635A1
[Documento de patente 5] JP2017097089A

50 [Sumario de la invención]

[Problema técnico]

55 En el cable de fibra óptica del documento de patente 1, el rebaje es una ranura en forma de V. Por lo tanto, por ejemplo, cuando se aplica una fuerza en la dirección circunferencial al saliente, la tensión tiende a concentrarse en la porción de extremo interior de la ranura y la vaina tiende a agrietarse.

60 Además, se ha descubierto que la configuración en la que una pluralidad de fibras ópticas sencillamente se trenza y se aloja en el tubo carece de la rigidez del cable de fibra óptica y es desfavorable en términos de características de soplado de aire. Por otro lado, en una configuración en la que una pluralidad de fibras ópticas se reviste conjuntamente con una resina, se puede obtener la rigidez del cable de fibra óptica. Sin embargo, cuando la fibra óptica se reviste conjuntamente con resina, el núcleo se vuelve grande, lo cual es desfavorable en términos de reducción del diámetro del cable, y la tensión aplicada a la fibra óptica también se vuelve grande, lo cual es desfavorable en términos de pérdida de transmisión.

La presente invención se ha realizado teniendo en cuenta dichas circunstancias, y un objeto de la presente invención es proporcionar un cable de fibra óptica que sea ventajoso en términos de características de soplado de aire, reducción del diámetro y pérdida de transmisión al mismo tiempo que aumenta la resistencia de la vaina.

[Solución al problema]

Para resolver los problemas anteriores, se proporciona un cable de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1. Se definen realizaciones ventajosas adicionales de la invención en las reivindicaciones dependientes 2-13.

[Efectos ventajosos de la invención]

De acuerdo con el aspecto anterior de la presente invención, resulta posible proporcionar un cable de fibra óptica que sea ventajoso en términos de características de soplado de aire, reducción de diámetro y pérdida de transmisión al mismo tiempo que aumenta la resistencia de la vaina.

[Descripción de las figuras]

La figura 1A es un ejemplo de una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica.

La figura 1B es una vista ampliada de una parte I de la figura 1A.

La figura 2 es una vista esquemática de una cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente.

La figura 3 es una vista esquemática que ilustra un método de soplado de aire.

La figura 4 es una vista esquemática de un ducto utilizado para una prueba de soplado de aire.

La figura 5 es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica deformado.

La figura 6 es una vista explicativa del área de la sección transversal de un rebaje.

La figura 7A es un diagrama que ilustra un caso en el que un saliente y un miembro de resistencia a la tracción se extienden linealmente.

La figura 7B es un diagrama que ilustra un caso en el que el saliente y el miembro de resistencia a la tracción están trenzados en forma de espiral.

La figura 8 es un gráfico que ilustra el efecto del trenzado en espiral del saliente y el miembro de resistencia a la tracción sobre la rigidez flexural del cable de fibra óptica.

La figura 9 es un diagrama que ilustra un ángulo de medición X, que es el eje horizontal de la figura 8.

La figura 10 es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica en el que se dispone una pluralidad de miembros de resistencia a la tracción dentro de un saliente.

La figura 11 es un gráfico que ilustra el efecto del trenzado en forma de SZ del saliente y el miembro de resistencia a la tracción sobre la rigidez flexural del cable de fibra óptica.

La figura 12A es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica en el que se dispone un material de baja fricción en la parte superior de un saliente.

La figura 12B es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica en el que se dispone una capa de un material de baja fricción sobre la superficie entera de la vaina.

La figura 12C es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica que tiene un saliente formado por un material de baja fricción.

La figura 13A es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica en el que se dispone un cordón de apertura dentro de una parte del saliente y un miembro de resistencia a la tracción está dispuesto dentro del otro saliente.

La figura 13B es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica en el que un saliente en el que está incrustado un cordón de apertura se proyecta más grande que los otros salientes.

La figura 13C es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica en el que la anchura de un saliente en el que está incrustado un cordón de apertura es menor que el de otros salientes.

La figura 13D es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica en el que los miembros de resistencia a la tracción están dispuestos a intervalos iguales y los cordones de apertura están dispuestos entre los miembros de resistencia a la tracción en la dirección circunferencial.

La figura 14A es un ejemplo de una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica.

La figura 14B es una vista en sección transversal de un cable de fibra óptica de acuerdo con otro ejemplo de modificación de la presente invención.

[Descripción de ejemplos ilustrativos]

La fibra óptica de la presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas. A continuación, en el presente documento, se describirán ejemplos de un cable de fibra óptica con referencia a los dibujos. Los ejemplos que no se encuentran dentro del alcance de las reivindicaciones no forman parte de la presente invención.

Como se ilustra en la figura 1A, el cable de fibra óptica 1 incluye una vaina 10, un núcleo 20 alojado en la vaina 10 y una pluralidad de miembros de resistencia a la tracción 30 incrustados en la vaina 10.

El núcleo 20 tiene una pluralidad de unidades de fibra óptica 21 y un tubo envolvente 22 que envuelve estas unidades

de fibra óptica 21. Cada una de las unidades de fibra óptica 21 tiene una pluralidad de fibras ópticas 21a y un material aglutinante 21b que une las fibras ópticas 21a.

(Definición de dirección)

El eje central del cable de fibra óptica 1 se denomina eje central O. Además, la dirección longitudinal del cable de fibra óptica 1 (dirección longitudinal de la fibra óptica 21a) se denomina sencillamente dirección longitudinal. La sección transversal ortogonal a la dirección longitudinal se denomina sección transversal. En la vista de la sección transversal (figura 1A), una dirección que interseca el eje central O se denomina dirección radial, y una dirección que gira alrededor del eje central O se denomina dirección circunferencial.

Cuando el cable de fibra óptica 1 no es circular en la vista de la sección transversal, el eje central O se sitúa en el centro del cable de fibra óptica 1.

Como se ilustra en la figura 2, la unidad de fibra óptica 21 es una denominada cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente. Es decir, la unidad de fibra óptica 21 tiene una pluralidad de fibras ópticas 21a y una pluralidad de porciones adhesivas 21c para adherir fibras ópticas 21a adyacentes entre sí. En la cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente, cuando se tira de una pluralidad de fibras ópticas 21a en una dirección ortogonal a la dirección longitudinal, las fibras ópticas 21a se extienden en forma de malla (forma de telaraña). Específicamente, una fibra óptica 21a se adhiere a las fibras ópticas 21a adyacentes en diferentes posiciones en la dirección longitudinal mediante las porciones adhesivas 21c. Además, las fibras ópticas 21a adyacentes se adhieren entre sí mediante la porción adhesiva 21c en un determinado intervalo en la dirección longitudinal.

Como porción adhesiva 21c, se puede usar una resina termoendurecible, una resina curable por UV o similar.

La pluralidad de unidades de fibra óptica 21 están trenzadas juntas alrededor del eje central O. El aspecto del trenzado puede ser en espiral o SZ.

El tubo envolvente 22 envuelve una pluralidad de unidades de fibra óptica 21 y tiene forma cilíndrica. Ambas partes de extremo (primera porción de extremo y segunda porción de extremo) del tubo envolvente 22 en la dirección circunferencial se superponen entre sí para formar una porción con envoltura 22a. La porción del tubo envolvente 22 que excluye la porción con envoltura 22a se denomina porción sin envoltura 22b. La porción sin envoltura 22b se sitúa entre la primera porción de extremo y la segunda porción de extremo que forma la porción con envoltura 22a.

Como material del tubo envolvente 22, se puede utilizar una tela no tejida, un miembro de cinta de plástico o similar. Cuando el tubo envolvente 22 está fabricado de plástico, se puede usar como material tereftalato de polietileno, poliéster o similar. Además, como tubo envolvente 22, se puede utilizar una cinta absorbente de agua que se obtiene al conferir absorbencia de agua a la tela no tejida o miembro de cinta descrito anteriormente. En este caso, se puede mejorar el rendimiento de resistencia al agua del cable de fibra óptica 1. Cuando se utiliza un miembro de cinta de plástico como tubo envolvente 22, la absorción de agua se puede conferir aplicando un polvo absorbente de agua a la superficie del miembro de cinta.

La pluralidad de miembros de resistencia a la tracción 30 están incrustados en la vaina 10 a intervalos iguales en la dirección circunferencial. Los intervalos en los que se incrusta la pluralidad de miembros de resistencia a la tracción 30 pueden no ser iguales. El número de miembros de resistencia a la tracción 30 se puede cambiar según sea apropiado. Como material del miembro de resistencia a la tracción 30, por ejemplo, puede usarse alambre metálico (alambre de acero o similar), fibra resistente a la tracción (fibra de aramida o similar), plástico reforzado con fibra (FRP) o similar. Como ejemplos específicos de FRP, se puede usar KFRP que utiliza fibra de Kevlar y PBO-FRP que utiliza poliparafenileno benzobisoxazol (PBO).

Además del miembro de resistencia a la tracción 30, por ejemplo, se puede incrustar en la vaina 10 un cordón de apertura o similar. La vaina 10 tiene una forma cilíndrica centrada en el eje central O. Como material de la vaina 10, se puede usar resina de poliolefina (PO) tal como polietileno (PE), polipropileno (PP), copolímero de etileno y acrilato de etilo (EEA), copolímero de etileno y acetato de vinilo (EVA) y copolímero de etileno y propileno (EP), cloruro de polivinilo (PVC) o similares.

Se forman una pluralidad de rebajes 12 y salientes 11 en la superficie circunferencial exterior de la vaina 10. Los rebajes (concavidades) 12 y los salientes (convexidades) 11 están dispuestos de forma alternativa en la dirección circunferencial. De esta manera, se forma una forma irregular en la superficie circunferencial exterior de la vaina 10. Los rebajes 12 y los salientes 11 se extienden a lo largo de la dirección longitudinal.

El saliente 11 está dispuesto en la misma posición que el miembro de resistencia a la tracción 30 en la dirección circunferencial. En otras palabras, el saliente 11 está situado en una línea recta que se extiende desde el eje central O hacia el centro del miembro de resistencia a la tracción 30 en la vista de la sección transversal. El rebaje 12 está dispuesto en una posición diferente a la del miembro de resistencia a la tracción 30 en la dirección circunferencial. En otras palabras, el rebaje 12 no se sitúa en una línea recta que se extiende desde el eje central O hacia el centro del

miembro de resistencia a la tracción 30 en la vista de la sección transversal.

El rebaje 12 tiene dos porciones de conexión 12a y una superficie inferior 12b. La porción de conexión 12a está conectada al extremo interno radial del saliente 11 adyacente en la dirección circunferencial. La superficie inferior 12b se sitúa entre las dos porciones de conexión 12a en cada rebaje 12. Como se ilustra en la figura 1B, las porciones de conexión 12a tienen una forma de superficie curva que es radialmente convexa hacia adentro.

La superficie inferior 12b tiene una superficie curva centrada en el eje central O, y tiene una forma de arco centrada en el eje central O en una vista en sección transversal. Sin embargo, la forma de la superficie inferior 12b no se limita a una superficie curva centrada en el eje central O. Por ejemplo, la superficie inferior 12b puede tener una forma en la que dos porciones de conexión 12a estén conectadas en línea recta.

Como se ha descrito anteriormente, dado que cada uno de los rebajes 12 tiene las dos porciones de conexión 12a y la superficie inferior 12b situada entre las porciones de conexión 12a, incluso si una fuerza en la dirección circunferencial actúa sobre el saliente 11, apenas se concentra una tensión en el rebaje 12. Por lo tanto, se suprimen las grietas y similares en el rebaje 12, y se incrementa la resistencia de la vaina 10.

Además, el núcleo 20 tiene una cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente (unidad de fibra óptica 21) que incluye una pluralidad de fibras ópticas 21a y una pluralidad de porciones adhesivas 21c para adherir de forma intermitente la pluralidad de fibras ópticas 21a en la dirección longitudinal. Por tanto, la rigidez del cable de fibra óptica 1 está garantizada en comparación con el caso en el que una pluralidad de fibras ópticas, que no están adheridas, sencillamente se trenzan, y la estructura es ventajosa en las características de resistencia al pandeo y de soplado de aire. Además, en comparación con el caso en el que una pluralidad de fibras ópticas se reviste conjuntamente con una resina, puede reducirse el diámetro del cable de fibra óptica 1 y puede suprimirse un aumento en la pérdida de transmisión.

Además, la porción de conexión 12a tiene una forma de superficie curva que es radialmente convexa hacia adentro. Por lo tanto, la concentración de tensión en la porción de conexión 12a se suprime de forma más fiable y la resistencia de la vaina 10 puede aumentar aún más.

Además, dado que el tubo envolvente 22 tiene la porción con envoltura 22a, resulta posible impedir que la vaina 10 entre en contacto con los miembros constituyentes dentro del tubo envolvente 22. Por tanto, cuando se extruye y se moldea la vaina 10, resulta posible impedir que la fibra óptica 21a se introduzca en la vaina ablandada 10 y que la relación de longitud adicional de la fibra óptica 21a respecto al cable de fibra óptica se vuelva inestable. Además, resulta posible suprimir un aumento en la pérdida de transmisión debido a que la fibra óptica 21a está intercalada entre el tubo envolvente 22 y la vaina 10.

El radio de curvatura de la superficie circunferencial exterior del saliente 11 puede ser menor que el radio de la vaina 10 (el radio del cable de fibra óptica 1). De acuerdo con esta configuración, el área de contacto entre el saliente 11 y el microconducto (los detalles se describirán más adelante) se vuelve más pequeña. Por lo tanto, se puede mejorar la trabajabilidad cuando el cable de fibra óptica 1 se inserta en el microconducto. El "radio de la vaina 10" es el valor máximo de la distancia entre la superficie circunferencial exterior del saliente 11 y el eje central O. Cuando el valor máximo es diferente para cada saliente 11, el valor promedio de cada valor máximo se define como el "radio de la vaina 10".

A continuación, se describirá un ejemplo específico del cable de fibra óptica 1.

(Tensión de compresión máxima)

Como se ilustra en la figura 3, se ha examinado la trabajabilidad cuando el cable de fibra óptica se inserta en el microconducto D mediante el soplado de aire. El microconducto D es un tubo instalado con antelación en el suelo o similar. En el soplado de aire, se une un sello S al extremo del microconducto D y se introduce un cable de fibra óptica en el microconducto D a través de la abertura del sello S. Además, se conecta una bomba P a el sello S para permitir que el aire fluya desde el sello S hacia el microconducto D. Por lo tanto, se puede formar una capa de aire entre el cable de fibra óptica y el microconducto D para reducir la fricción.

En este punto, al instalar el cable de fibra óptica, el cable de fibra óptica puede insertarse en el microconducto D a lo largo de una gran distancia de, por ejemplo, 2000 m o más. Cuando el cable de fibra óptica se inserta en el microconducto D en una distancia tan larga, la fuerza debe transmitirse eficazmente desde el lado aguas arriba (lado -X) al lado aguas abajo (lado +X) en la dirección longitudinal del cable de fibra óptica.

Como resultado de un examen cuidadoso por los inventores de la presente solicitud, se ha descubierto que la resistencia a la compresión (tensión de compresión máxima) del cable de fibra óptica está preferentemente dentro de un intervalo predeterminado, para transmitir apropiadamente la fuerza desde el lado aguas arriba al lado aguas abajo del cable de fibra óptica.

A continuación, en el presente documento, se describirán los resultados de verificar la trabajabilidad del soplado de aire preparando una pluralidad de cables de fibra óptica (ejemplos de prueba 1-1 a 1-7) con diferentes resistencias a la compresión en referencia a la Tabla 1. El ejemplo de prueba 1-8 es un cable de fibra óptica de tipo tubo holgado. Los detalles del ejemplo de prueba 1-8 se describirán más adelante.

5

[Tabla 1]

Ejemplo de prueba	1-1	1-2	1-3	1-4	1-5	1-6	1-7	1-8
Diámetro d (mm)	9,2	10,5	10,0	6,1	6,3	8,0	9,4	6,5
Área de la sección transversal a (mm ²)	66,5	86,6	78,5	29,2	31,2	50,3	69,4	33,2
Momento secundario transversal I	351,7	596,7	490,9	68,0	77,3	201,1	383,2	87,6
Radio secundario transversal i	2,3	2,6	2,5	1,5	1,6	2,0	2,4	1,6
Longitud de la muestra L' (mm)	11,5	13,1	12,5	7,6	7,9	10,0	11,8	8,1
Condición de apoyo de la superficie del borde y longitud del pandeo	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Relación de delgadez λ	5	5	5	5	5	5	5	5
d/L'	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
Resistencia a la compresión (N/mm ²)	11,6	9,3	12,8	19,2	19,4	16,4	14,4	32,4
Prueba de soplado de aire	NG	NG	OK	OK	OK	OK	OK	OK

Los resultados de la prueba de soplado de aire de los cables de fibra óptica se ilustran en el campo de "prueba de soplado de aire" que se muestra en la Tabla 1. Más específicamente, en el caso de que cada cable de fibra óptica se sopla con aire en el microconducto D y se puede soplar 2000 m, el resultado es bueno (OK), y en el caso de que no se puedan soplar 2000 m, el resultado es no bueno (NG).

10

El microconducto D utilizado en la prueba de soplado de aire tiene forma de ocho, como se ilustra en la figura 4. La anchura interior de la porción curva es de 18,33 m, y la longitud de una circunferencia en forma de ocho como se ilustra en la figura 4 es de 125 m. Aunque no se ilustra, un ducto que tiene una longitud total de 2000 m se construye haciendo que la forma de ocho sea continua 16 veces. La bomba P (véase la figura 3) está dispuesta en una porción sustancialmente en línea recta que tiene forma de ocho y sopla aire al cable de fibra óptica dentro del microconducto D en la dirección indicada por la flecha F en la figura 4.

15

La "resistencia a la compresión" en la Tabla 1 se refiere a un valor obtenido al dividir la carga de compresión máxima (N), que se mide al comprimir una muestra con la longitud de "longitud de la muestra L'(mm)" en la Tabla 1 con un medidor de compresión para cada ejemplo de prueba, por el "área transversal a (mm²)". La resistencia a la compresión se calcula de acuerdo con JIS K7181: 2011.

20

Más específicamente, se utiliza una máquina de propósito general para el ensayo de materiales como medidor de compresión. Ambos extremos de cada muestra se sitúan en un cilindro de metal, que se adjunta a un medidor de compresión. Es decir, ambos extremos de la muestra se sostienen de forma fija como condición límite durante la prueba de compresión. Cada muestra se comprime en la dirección longitudinal a una tasa de 1 mm/min. A continuación, se mide la carga de compresión como la "carga de compresión máxima" inmediatamente antes de que cada muestra se pandee.

25

30

La longitud de muestra L' de cada muestra se establece de manera que el valor de d/L' sea constante (0,8).

Como se muestra en la Tabla 1, en los ejemplos de prueba (1-1, 1-2) que tienen una resistencia a la compresión de 11,6 N/mm² o menos, los resultados de la prueba de soplado de aire no son buenos. Esto se debe a que la resistencia a la compresión del cable de fibra óptica no es buena, y el cable de fibra óptica se pandea mientras se desplaza por el microconducto D. Cuando el cable de fibra óptica se pandea en el microconducto D, la fuerza transmitida desde el lado aguas arriba al lado aguas abajo del cable de fibra óptica se convierte en una fuerza que presiona el cable de fibra óptica contra la superficie interior del microconducto D en la porción pandeada. Como resultado, resulta difícil que la fuerza se transmita al extremo aguas abajo del cable de fibra óptica, y se detiene el avance del cable de fibra óptica. Como resultado, se considera que 2000 m de soplado de aire no son posibles.

35

40

Por otro lado, se pueden obtener buenos resultados de la prueba de soplado de aire en los ejemplos de prueba (1-3 a 1-7) que tienen una resistencia a la compresión de 12,8 N/mm² o más. Esto se debe a que la resistencia a la compresión, es decir, la dificultad de deformación con respecto a la fuerza en la dirección (dirección longitudinal) a lo largo del eje central O del cable de fibra óptica está dentro de una cantidad predeterminada o más, de modo que se suprime el pandeo del cable de fibra óptica en el microconducto D. Se considera que, al suprimir el pandeo del cable

45

de fibra óptica de esta manera, la fuerza se transmite de forma fiable al extremo aguas abajo del cable de fibra óptica, y resulta posible un soplado de aire de 2000 m.

A partir de los resultados anteriores, la resistencia a la compresión del cable de fibra óptica es preferentemente de 12,8 N/mm² o más. Con esta configuración, se suprime el pandeo del cable de fibra óptica en el microconducto D y se puede mejorar la trabajabilidad de la instalación del cable de fibra óptica.

Además, como se muestra en el ejemplo de prueba 1-8 de la Tabla 1, el resultado de la prueba de soplado de aire también es bueno para el cable de fibra óptica que tiene una resistencia a la compresión de 32,4 N/mm². Por lo tanto, se considera que se pueden obtener buenos resultados de la prueba de soplado de aire ajustando la resistencia a la compresión en 32,4 N/mm² o menos.

De lo anterior, la resistencia a la compresión del cable de fibra óptica es preferentemente de 12,8 N/mm² o más y 32,4 N/mm² o menos.

(Tasa de envoltura)

Como se ilustra en la figura 1A, se forma una porción con envoltura 22a en el tubo envolvente 22. Como resultado del examen por los inventores de la presente solicitud, se ha descubierto que cuando la relación entre la longitud de la circunferencia de la porción con envoltura 22a y la longitud de la circunferencia total del tubo envolvente 22 es grande, es probable que el cable de fibra óptica se deforme en una forma sustancialmente elíptica como se ilustra en la figura 5. Más específicamente, tiende a tener una forma elíptica de manera que la dirección en la que se extiende la porción con envoltura 22a tiene un eje principal de forma elíptica. Cuando se produce dicha deformación, puede disminuir la capacidad de sellado en la abertura (véase la figura 3) de la porción de sellado S. Además, el saliente 11 situado sobre el eje principal en forma elíptica puede presionarse fuertemente contra la superficie circunferencial interior del microconducto D para aumentar la fricción.

Es decir, se ha descubierto que la relación de la porción con envoltura 22a respecto a la longitud de la circunferencia total del tubo envolvente 22 afecta a la trabajabilidad cuando el cable de fibra óptica se sopla con aire.

Por lo tanto, a continuación, se describirá el resultado de examinar la relación preferible de la porción con envoltura 22a.

Como se ilustra en la figura 1A, la longitud de la circunferencia de la porción con envoltura 22a en la vista de la sección transversal es W1. Además, la longitud de la circunferencia de la porción sin envoltura 22b es W2 (no se ilustra). En este momento, la tasa de envoltura R se define mediante la siguiente ecuación (1).

$$R = W1 \div (W1 + W2) \times 100 \dots (1)$$

La tasa de envoltura R indica la relación entre la longitud de la circunferencia de la porción con envoltura 22a y la longitud de la circunferencia del tubo envolvente 22.

En el presente ejemplo, como se muestra en la Tabla 2, se prepara una pluralidad de cables de fibra óptica (ejemplos de prueba 2-1 a 2-6) con diferentes tasas de envoltura R.

El resultado de la medición de la pérdida de transmisión de cada cable de fibra óptica se muestra en el campo de "pérdida de transmisión" en la Tabla 2. Más específicamente, a una longitud de onda de 1550 nm, el resultado es bueno (OK) cuando la pérdida de transmisión es de 0,30 dB/km o menos, y el resultado es no bueno (NG) cuando la pérdida de transmisión es superior a 0,30 dB/km. El significado del campo de "prueba de soplado de aire" en la Tabla 2 es el mismo que en la Tabla 1.

[Tabla 2]

Ejemplo de prueba	2-1	2-2	2-3	2-4	2-5	2-6
Tasa de envoltura R	27 %	20 %	13 %	9 %	5 %	3 %
Pérdida de transmisión	OK	OK	OK	OK	OK	NG
Prueba de soplado de aire	NG	OK	OK	OK	OK	OK

Como se muestra en la Tabla 2, en los ejemplos de prueba (2-1 a 2-5) que tienen una tasa de envoltura R de 5 % o más, los resultados de la pérdida de transmisión son buenos. Por otro lado, en el ejemplo de prueba (2-6) que tiene una tasa de envoltura R del 3 %, el resultado de la pérdida de transmisión es no bueno. Se considera que esto se debe a que cuando la tasa de envoltura R es significativamente pequeña, la fibra óptica sobresale de la porción 22a de envoltura hacia el exterior del tubo envolvente 22, se aplica una flexión local a la fibra óptica y aumenta la pérdida de transmisión.

Además, en los ejemplos de prueba (2-2 a 2-6) que tienen una tasa de envoltura R del 20 % o menos, los resultados de la prueba de soplado de aire son buenos. Por otro lado, en el ejemplo de prueba (2-1) que tiene una tasa de envoltura R del 27 %, el resultado de la prueba de soplado de aire es no bueno. El motivo de esto es que la tasa de envoltura R es significativamente grande y, como se ha descrito anteriormente, el cable de fibra óptica se deforma en una forma elíptica, de modo que ha disminuido la trabajabilidad durante el soplado de aire.

A partir de los resultados anteriores, la tasa de envoltura R es preferentemente del 5 % o más y del 20 % o menos. Con esta configuración, resulta posible mejorar la trabajabilidad del soplado de aire mientras se suprime un aumento en la pérdida de transmisión debido a la flexión local de la fibra óptica.

(Área transversal de los rebajes)

Cuando el cable de fibra óptica se inserta en el microconducto D mediante el soplado de aire, al menos una parte del aire fluye a través del rebaje 12 como una vía de flujo. A continuación, una parte del aire que fluye a través del rebaje 12 fluye entre el saliente 11 y el microconducto D, y se forma una capa de aire entremedio para reducir la fricción. En este punto, como resultado del examen realizado por los inventores de la presente solicitud, se ha descubierto que para que la capa de aire anterior se forme correctamente, es preferible que el área de la sección transversal de los rebajes 12 que funciona como una vía de flujo de aire esté dentro de un intervalo predeterminado. Los resultados del examen se describirán a continuación.

En el presente ejemplo, se prepara una pluralidad de cables de fibra óptica (ejemplos de prueba 3-1 a 3-6) que tienen diferentes áreas de sección transversal A de los rebajes ilustrados en la figura 6. El área de la sección transversal A de los rebajes es el área de la sección transversal del espacio definido por la curva cerrada L y todos los rebajes 12 cuando se dibuja la curva cerrada L en contacto con el extremo exterior radial de cada saliente 11 en la vista en sección transversal. En otras palabras, el área de la sección transversal A de los rebajes es la diferencia en el área de la sección transversal del cable de fibra óptica del presente ejemplo con respecto al área de la sección transversal del cable de fibra óptica virtual que tiene la curva cerrada L como la superficie circunferencial exterior.

La curva cerrada L normalmente es circular con el eje central O como centro. Sin embargo, debido a la deformación del cable de fibra óptica, la curva cerrada L puede tener una forma elíptica.

[Tabla 3]

Ejemplo de prueba	3-1	3-2	3-3	3-4	3-5	3-6
Área de la sección transversal A de los rebajes (mm ²)	5,2	4,8	3,4	2,8	1,3	0,0
Prueba de soplado de aire	NG	OK	OK	OK	OK	NG

Como se muestra en la Tabla 3, los resultados de la prueba de soplado de aire son no buenos, en el ejemplo de prueba (3-1) que tiene un área transversal A de los rebajes de 5,2 mm². El motivo de esto es que cuando el área de la sección transversal A de los rebajes es significativamente grande, la capacidad de sellado entre el sello S y el cable de fibra óptica se deteriora, y es probable que se produzca un reflujo de aire desde el interior del microconducto D. Cuando la cantidad de reflujo de aire desde el interior del microconducto D es grande, la cantidad de aire que interviene entre la superficie interior del microconducto D y el cable de fibra óptica se reduce y la fricción aumenta. Se considera que esta fricción dificulta la transmisión de la fuerza desde el lado aguas arriba al lado aguas abajo, y se detiene el avance del cable de fibra óptica.

Por el contrario, en los ejemplos de prueba (3-2 a 3-5) en los que el área de la sección transversal A de los rebajes es de 1,3 mm² o más y 4,8 mm² o menos, los resultados de la prueba de soplado de aire son buenos. Esto se debe a que el área de la sección transversal A de los rebajes es suficientemente pequeña, la capacidad de sellado entre el sello S y el cable de fibra óptica es buena y se suprime el reflujo de aire desde el interior del microconducto D. Es decir, se considera que la fricción se reduce por la suficiente cantidad de aire que interviene entre la superficie interior del microconducto D y el cable de fibra óptica, y la fuerza puede transmitirse desde el lado aguas arriba al lado aguas abajo del cable de fibra óptica.

Además, en el ejemplo de prueba 3-6, dado que la vaina 10 no tiene una forma irregular, la fricción entre la superficie interior del microconducto D y el cable de fibra óptica es grande y el avance del cable de fibra óptica se detiene.

A partir de los resultados anteriores, es preferible que el área de la sección transversal A de los rebajes esté en el intervalo de 1,3 mm² o más y 4,8 mm² o menos. Con esta configuración, se puede garantizar la capacidad de sellado entre el sello S y el cable de fibra óptica y se puede mejorar la trabajabilidad del soplado de aire.

(Forma trenzada de la vaina)

El rebaje 12 sirve como una vía de flujo de aire cuando el cable de fibra óptica se sopla con aire. En este punto, por ejemplo, cuando los rebajes 12 se extienden linealmente a lo largo de la dirección longitudinal (véase la figura 7A) y cuando los rebajes 12 se trenzan en espiral a lo largo de la dirección longitudinal (véase la figura 7B), el estado del flujo de aire cambia. Se considera que la diferencia en el estado del flujo de aire afecta a la trabajabilidad cuando el cable de fibra óptica se sopla con aire.

Por lo tanto, los resultados del examen de la relación entre la forma trenzada de la vaina 10 y la trabajabilidad del soplado de aire se describirán con referencia a la Tabla 4. En este punto, se prepara una pluralidad de cables de fibra óptica (ejemplos de prueba 4-1 a 4-5) que tienen diferentes ángulos de trenzado θ . El ángulo de trenzado θ es la cantidad de trenzado alrededor del eje central O de la vaina 10 (saliente 11) por 1 m en la dirección longitudinal. Por ejemplo, cuando $\theta = 90$ ($^{\circ}/m$), significa que las posiciones de los salientes 11 difieren en 90° alrededor del eje central O al comparar las porciones separadas 1 m a lo largo de la dirección longitudinal en el cable. En los ejemplos de prueba 4-2 a 4-5, los miembros de resistencia a la tracción 30 se trenzan alrededor del eje central O en un ángulo de trenzado θ similar al de los salientes 11. Por lo tanto, los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 4-2 a 4-5 tienen sustancialmente la misma forma de sección transversal en cualquier posición en la dirección longitudinal.

[Tabla 4]

Ejemplo de prueba	4-1	4-2	4-3	4-4	4-5
Ángulo de trenzado θ ($^{\circ}/m$)	0	5	10	120	180
Prueba de soplado de aire	NG	NG	OK	OK	OK

Como se muestra en la Tabla 4, en los ejemplos de prueba (4-3 a 4-5) en los que el ángulo de trenzado es $10 \leq \theta$ ($^{\circ}/m$) ≤ 180 , los resultados de la prueba de soplado de aire son buenos. Se considera que esto se debe a que la presión del aire que fluye en los rebajes 12 puede convertirse eficazmente en el empuje que impulsa el cable de fibra óptica hacia el lado aguas abajo. Es decir, el aire que fluye en los rebajes 12 ejerce una presión en la dirección perpendicular a la superficie lateral del saliente 11. Por lo tanto, cuanto mayor es el valor de θ , más inclinada está la superficie lateral del saliente 11 con respecto a la dirección longitudinal, y la presión del aire se convierte en fuerza en la dirección longitudinal.

Por otra parte, en los ejemplos de prueba (4-1, 4-2) en los que el ángulo de trenzado θ es de $5^{\circ}/m$ o menos, los resultados de la prueba de soplado de aire son no buenos. Se considera que esto se debe a que la presión del aire que fluye en los rebajes 12 no se puede utilizar eficazmente para el empuje del cable de fibra óptica.

De lo anterior, el ángulo de trenzado de la vaina 10 es preferentemente $10 \leq \theta$ ($^{\circ}/m$) ≤ 180 . Con esta configuración, la presión del aire que fluye en los rebajes 12 se puede convertir eficazmente en una fuerza para impulsar el cable de fibra óptica hacia el lado aguas abajo, y se puede mejorar la trabajabilidad del soplado de aire.

Al moldear la vaina 10 de manera que $10 \leq \theta$ ($^{\circ}/m$) ≤ 180 , se puede proporcionar positivamente una forma trenzada en la vaina 10. De forma alternativa, la vaina 10 se puede trenzar utilizando la fuerza que la unidad de fibra óptica 21 trenzada en forma de espiral intenta destrenzar.

A continuación, se describirá el resultado del examen de la influencia de la forma trenzada de la vaina 10 y los miembros de resistencia a la tracción 30 sobre la rigidez flexural del cable de fibra óptica. En el presente ejemplo, se preparan dos cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 5-1 y 5-2 (véase la figura 8). El cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 5-1 es un cable de fibra óptica similar al del ejemplo de prueba 4-1. Como se ilustra en la figura 7A, la vaina 10 y los miembros de resistencia a la tracción 30 no están trenzados. En el cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 5-2, la vaina 10 y los miembros de resistencia a la tracción 30 están trenzados en forma de espiral como se ilustra en la figura 7B, y el paso en la dirección longitudinal es de 700 mm. En ambos ejemplos de prueba 5-1 y 5-2, se adopta un núcleo 20 en el que una pluralidad de unidades de fibra óptica 21 están trenzadas en forma de SZ. En ambos ejemplos de prueba 5-1 y 5-2, el número de salientes 11 y miembros de resistencia a la tracción 30 es 12.

La figura 8 es un gráfico que ilustra los valores de rigidez flexural para cada ángulo de medición X, para los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 5-1 y 5-2. Como se ilustra en la figura 9, el ángulo de medición X indica un ángulo en el que se aplica una fuerza al medir la rigidez flexural. En el presente ejemplo, dado que se aplica una fuerza a cada una de las porciones centrales de los 12 salientes 11 y los 12 rebajes 12, el ángulo de medición X es en incrementos de 15° ($= 360^{\circ} \div 24$).

Como se ilustra en la figura 8, el cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 5-1 tiene una gran variación en el valor de la rigidez flexural para cada ángulo de medición X. Por otro lado, en el cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 5-2, la variación en el valor de la rigidez flexural para cada ángulo de medición X es menor que la del ejemplo de prueba 5-1. Esta diferencia se debe a si los miembros de resistencia a la tracción 30 están trenzados y dispuestos o no en forma de espiral. En el ejemplo de prueba 5-2, dado que los miembros de resistencia a la tracción 30 están dispuestos en forma de espiral, se considera que la rigidez flexural se hace uniforme en la dirección circunferencial.

Como se ha descrito anteriormente, los miembros de resistencia a la tracción 30 están incrustados dentro de los salientes 11 de la vaina 10, y los salientes 11 y los miembros de resistencia a la tracción 30 tienen una forma trenzada en espiral centrada en el eje central O, de modo que la rigidez flexural del cable de fibra óptica puede hacerse uniforme en la dirección circunferencial. Esto hace posible proporcionar un cable de fibra óptica más fácil de manejar y más fácil de instalar en un microconducto.

(Material del miembro de resistencia a la tracción)

A continuación, se describirán los resultados del examen del material del miembro de resistencia a la tracción 30 con referencia a las Tablas 5 y 6. Los ejemplos de prueba 6-1 a 6-3 que se muestran en la Tabla 5 son cables de fibra óptica que tienen 288 fibras ópticas. Los ejemplos de prueba 7-1 y 7-2 que se muestran en la tabla 6 son cables de fibra óptica que tienen 144 fibras ópticas.

[Tabla 5]

	Material MT	Módulo elástico a la tracción (kg/mm ²)	Diámetro del MT (mm)	Área de la sección transversal del MT (mm ²)	Número de MT (piezas)	Índice de resistencia a la tracción	Relación de diámetro exterior
Ejemplo de prueba 6-1	KFRP	5000	0,5	0,196	12	1,00	1,00
Ejemplo de prueba 6-2	PBO-FRP	25000	0,25	0,049	12	1,25	0,94
Ejemplo de prueba 6-3	PBO-FRP	25000	0,3	0,071	8	1,20	0,95

[Tabla 6]

	Material MT	Módulo elástico a la tracción (kg/mm ²)	Diámetro del MT (mm)	Área de la sección transversal del MT (mm ²)	Número de MT (piezas)	Índice de resistencia a la tracción	Relación de diámetro exterior
Ejemplo de prueba 7-1	KFRP	5000	0,5	0,196	10	1,00	1,00
Ejemplo de prueba 7-2	PBO-FRP	25000	0,25	0,049	10	1,25	0,92

En las Tablas 5 y 6, "material MT", "módulo elástico a la tracción", "diámetro del MT" y "área de la sección transversal del MT" indican el material, el módulo elástico a la tracción, el diámetro y el área transversal del miembro de resistencia a la tracción 30, respectivamente. "Número de MT" indica el número de miembros de resistencia a la tracción 30 incluidos en el ejemplo de prueba. La superficie de la vaina 10 en cada ejemplo de prueba está provista del mismo número de salientes 11 que los miembros de resistencia a la tracción 30, y el miembro de resistencia a la tracción 30 está dispuesto dentro de cada saliente 11.

El "índice de resistencia a la tracción" que se muestra en la Tabla 5 indica la relación de la fuerza de tracción, cuando la fuerza de tracción en la dirección longitudinal se aplica a los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 6-1 a 6-3 para alcanzar una tasa de alargamiento predeterminada α (%), basándose en el ejemplo de prueba 6-1. Por ejemplo, dado que el ejemplo de prueba 6-2 tiene un índice de resistencia a la tracción de 1,25, se requiere una fuerza de tracción 1,25 veces mayor que la fuerza de tracción del ejemplo de prueba 6-1 antes de que la tasa de elongación alcance α . El índice de resistencia a la tracción que se muestra en la Tabla 6 también es el mismo que el índice de resistencia a la tracción de la Tabla 5, excepto que la fuerza de tracción del ejemplo de prueba 7-1 se usa como referencia.

La tasa de alargamiento α se establece en un intervalo en el que el cable de fibra óptica se alarga en proporción a la fuerza de tracción. Por lo tanto, el índice de resistencia a la tracción de los ejemplos de prueba 6-2, 6-3 y 7-2 no se ve afectado por el valor de la tasa de elongación α .

La "relación del diámetro exterior" que se muestra en la Tabla 5 representa el tamaño del diámetro exterior de los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 6-2 y 6-3 con respecto al diámetro exterior del cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 6-1. Por ejemplo, el diámetro exterior del cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 6-2 es 0,94 veces el diámetro exterior del cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 6-1. Lo mismo se aplica a la "relación del diámetro exterior" en la Tabla 6, que representa el tamaño del diámetro exterior de los cables de fibra óptica del ejemplo de prueba 7-2 con respecto al diámetro exterior del cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 7-1. Dado que la vaina 10 de cada ejemplo de prueba está diseñada para tener el mismo grosor mínimo, cuanto menor sea el diámetro del miembro de resistencia a la tracción 30, menor será la relación del diámetro exterior.

Como se muestra en la Tabla 5, los índices de resistencia a la tracción de los ejemplos de prueba 6-2 y 6-3 son 1,25 y 1,20, respectivamente, que son más difíciles de alargar en la dirección longitudinal que el ejemplo de prueba 6-1 y protegen eficazmente la fibra óptica de la tensión. Además, los diámetros de MT de los ejemplos de prueba 6-2 y 6-3 son 0,25 mm y 0,30 mm, respectivamente, que son significativamente más pequeños que el diámetro de MT del ejemplo de prueba 6-1. Por tanto, el diámetro exterior de los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 6-2 y 6-3 es más pequeño que el del ejemplo de prueba 6-1.

Como se muestra en la Tabla 6, los mismos resultados que en la Tabla 5 también se obtienen en los ejemplos de prueba 7-1 y 7-2 que tienen 144 fibras ópticas.

Como se ha descrito anteriormente, usando PBO-FRP que tiene un módulo elástico de tracción grande como material del miembro de resistencia a la tracción 30, resulta posible proporcionar un cable de fibra óptica que es difícil de alargar con respecto a la tensión en la dirección longitudinal y tiene un diámetro exterior pequeño.

(Número de miembros de resistencia a la tracción para los salientes)

El número de miembros de resistencia a la tracción 30 dispuestos dentro de los salientes 11 se puede cambiar de manera apropiada. Por ejemplo, puede adoptarse un cable de fibra óptica que tenga una forma de sección transversal como se ilustra en la figura 10. En el cable de fibra óptica ilustrado en la figura 10, dos miembros de resistencia a la tracción 30 están incrustados dentro de un saliente 11, en una vista en sección transversal. De esta forma, dos o más miembros de resistencia a la tracción 30 pueden disponerse dentro de un saliente 11.

(Ajuste del ángulo de trenzado)

A continuación, se describirá el efecto de trenzar la pluralidad de unidades de fibra óptica 21 en forma de SZ con referencia a la Tabla 7.

[Tabla 7]

	Ángulo de ajuste (°)	Ángulo de trenzado de la vaina (°)	Prueba de soplado de aire	Pérdida de transmisión	Determinación
Ejemplo de prueba 9-1	0	0	1500 m	NG	NG
Ejemplo de prueba 9-2	± 350	± 30	2000 m o más	OK	OK
Ejemplo de prueba 9-3	± 500	± 50	2000 m o más	OK	OK
Ejemplo de prueba 9-4	± 700	± 70	2000 m o más	OK	OK

Los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 9-1 a 9-4 tienen una forma de sección transversal como se ilustra en la figura 1A. El número de salientes 11 y miembros de resistencia a la tracción 30 es 12. Se utiliza una cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente como unidad de fibra óptica 21. El "ángulo de ajuste" en la Tabla 7 indica un ángulo de ajuste cuando la pluralidad de unidades de fibra óptica 21 están trenzadas en forma de SZ. Por ejemplo, en el caso de que el ángulo de ajuste sea de ± 350°, cuando el núcleo 20 se aloja en la vaina 10, se realiza repetidamente una operación de girar el haz de las unidades de fibra óptica 21 350° en sentido de las agujas del reloj y luego girar el haz 350° en sentido contrario al de las agujas del reloj. Por tanto, el haz de las unidades de fibra óptica 21 se aloja en la vaina 10 en estado de estar trenzado en forma de SZ.

Cuando el haz de las unidades de fibra óptica 21 se trenza en forma de SZ, el haz de las unidades de fibra óptica 21 intenta destrenzarse de nuevo a la forma antes de ser trenzado. Al envolver el haz de las unidades de fibra óptica 21 con el tubo envolvente 22 y la vaina 10 antes de que se produzca el destrenzado, se mantiene el estado en el que el haz de las unidades de fibra óptica 21 se trenza en forma de SZ dentro del cable de fibra óptica.

En este punto, en el interior del cable de fibra óptica, la vaina 10 recibe la fuerza que la unidad de fibra óptica 21 intenta destrenzar, a través del tubo envolvente 22. Dado que la vaina 10 se deforma por esta fuerza, también aparece un trenzado en forma de SZ en la superficie de la vaina 10. En este caso, los miembros de resistencia a la tracción 30

incrustados en la vaina 10 también están trenzados en forma de SZ. El ángulo de trenzado en forma de SZ que aparece en la superficie de la vaina 10 de esta manera se muestra en el "ángulo de trenzado de la vaina" en la Tabla 7. En el cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 9-1, dado que la unidad de fibra óptica 21 no está trenzada en forma de SZ, no aparece ningún trenzado en forma de SZ en la superficie de la vaina 10. Por otra parte, en los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 9-2 a 9-4, dado que la unidad de fibra óptica 21 está trenzada en forma de SZ, aparece un trenzado en forma de SZ en la superficie de la vaina 10.

Cuanto mayor sea el ángulo establecido, mayor será la fuerza que la unidad de fibra óptica 21 intenta destrenzar. Por lo tanto, como se muestra en la Tabla 7, cuanto mayor sea el ángulo de ajuste, mayor será el "ángulo de trenzado de la vaina".

En el campo de "prueba de soplado de aire" que se muestra en la Tabla 7, se muestran los resultados de la prueba de soplado de aire realizada en los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 9-1 a 9-4. Los detalles de la prueba de soplado de aire son los mismos que los de la Tabla 1. Por ejemplo, en el ejemplo de prueba 9-1, resulta posible soplar 1500 m en la prueba de soplado de aire, pero es difícil soplar más que eso. Por otro lado, en los ejemplos de prueba 9-2 a 9-4, resulta posible un soplado de aire de 2000 m o más en la prueba de soplado de aire. Los detalles de la "pérdida de transmisión" en la Tabla 7 son los mismos que en la Tabla 2.

Como se muestra en la Tabla 7, con respecto a las unidades de fibra óptica de los ejemplos de prueba 9-2 a 9-4, se obtienen mejores resultados que los del ejemplo de prueba 9-1 en la prueba de soplado de aire. Esto se debe a que los salientes 11 y los rebajes 12 están trenzados en forma de SZ, de modo que la presión del aire que fluye en los rebajes 12 se puede convertir eficazmente en el empuje que impulsa el cable de fibra óptica hacia el lado aguas abajo. Es decir, el aire que fluye en los rebajes 12 ejerce una presión en la dirección perpendicular a la superficie lateral del saliente 11. Por lo tanto, se considera que la presión del aire se convierte en fuerza en la dirección longitudinal y el resultado de la prueba de soplado de aire mejora en comparación con el ejemplo de prueba 9-1 en el que la vaina 10 no está trenzada. Además, en los ejemplos de prueba 9-2 a 9-4, cuando se aplica un trenzado en forma de SZ en la vaina 10, los miembros de resistencia a la tracción 30 incrustados en la vaina 10 también se trenzan en forma de SZ, y la rigidez flexural del cable de fibra óptica se homogeneiza en la dirección circunferencial. Este punto también se considera que ha sido un factor en la mejora de los resultados de la prueba de soplado de aire.

Los valores de rigidez flexural de los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 9-1 y 9-2 para cada ángulo de medición X se ilustran en la figura 11. El método para medir el valor de la rigidez flexural es el mismo que en los ejemplos de prueba 5-1 y 5-2. A partir de la figura 11, puede verse que el cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 9-2 tiene una variación menor en el valor de la rigidez flexural para cada ángulo de medición X que el cable de fibra óptica del ejemplo de prueba 9-1.

A partir de lo anterior, al trenzar una pluralidad de unidades de fibra óptica 21 en forma de SZ y aplicar un trenzado en forma de SZ en la vaina 10 con la fuerza de destrenzado, resulta posible proporcionar un cable de fibra óptica en el que se logra una rigidez flexural uniforme en la dirección circunferencial y es más adecuado para el soplado de aire. En el presente ejemplo, la unidad de fibra óptica 21 está trenzada en forma de SZ. Sin embargo, se considera que se puede obtener el mismo resultado cuando una pluralidad de fibras ópticas 21a se trenzan en forma de SZ sin unificarse. Es decir, al trenzar la pluralidad de fibras ópticas 21a en forma de SZ, se puede obtener la acción y el efecto descritos anteriormente cuando se aplica un trenzado en forma de SZ en la vaina 10.

Además, como se muestra en la Tabla 7, se ha descubierto que en los ejemplos de prueba 9-2, 9-3 y 9-4, además de la prueba de soplado de aire, la pérdida de transmisión también es buena. Por lo tanto, ajustando el ángulo de trenzado SZ de la unidad de fibra óptica 21 de modo que el ángulo de trenzado de la vaina 10 sea de $\pm 30^\circ$ a $\pm 70^\circ$, resulta posible proporcionar un cable de fibra óptica con buenas características de pérdida de transmisión.

(Material de baja fricción)

Dado que la vaina 10 entra en contacto con el microconducto D (véase la figura 3) cuando el cable de fibra óptica se sopla con aire, la vaina 10 está preferentemente fabricada de un material que tiene un bajo coeficiente de fricción (denominado en lo sucesivo material de baja fricción). Por otro lado, cuando toda la vaina 10 está fabricada de un material de baja fricción, se considera que no se puede garantizar la resistencia de la vaina 10 o aumenta el coste. Por tanto, se realiza un examen en el que una porción de la vaina 10 en contacto con el microconducto está formada por un material de baja fricción. A continuación, en el presente documento, se hará una descripción con referencia a la Tabla 8.

[Tabla 8]

	Forma de la sección transversal	Diámetro exterior del cable	Resultado de la prueba de soplado de aire
Ejemplo de prueba 10-1	Figura 1A	12 mm	2000 m
Ejemplo de prueba 10-2	Figura 1A	8 mm	2000 m o más

(continuación)

	Forma de la sección transversal	Diámetro exterior del cable	Resultado de la prueba de soplado de aire
Ejemplo de prueba 10-3	Figura 12A	12 mm	2000 m o más
Ejemplo de prueba 10-4	Figura 12A	8 mm	2000 m o más
Ejemplo de prueba 10-5	Figura 12B	12 mm	2000 m o más
Ejemplo de prueba 10-6	Figura 12B	8 mm	2000 m o más
Ejemplo de prueba 10-7	Figura 12C	12 mm	2000 m o más
Ejemplo de prueba 10-8	Figura 12C	8 mm	2000 m o más

Como se muestra en la Tabla 8, se preparan los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 10-1 a 10-8. En los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 10-1 y 10-2, la vaina 10 está formada por un solo material de base B (coeficiente de fricción dinámica promedio: 0,27). En los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 10-3 y 10-4, como se ilustra en la figura 12A, la parte superior del saliente 11 está formada por un material de baja fricción M (el coeficiente de fricción dinámica promedio es 0,20), y el resto de la vaina 10 está formada por el material de base B. Es decir, el material de baja fricción M es un material que tiene un coeficiente de fricción menor que el material de base B. El coeficiente de fricción dinámica promedio se mide de acuerdo con JIS K7125.

En los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 10-5 y 10-6, como se ilustra en la figura 12B, se proporciona una capa del material de baja fricción M en la superficie entera de la vaina 10 formada por el material de base B. En los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 10-7 y 10-8, como se ilustra en la figura 12C, los salientes 11 y los rebajes 12 están formados del material de baja fricción M en la superficie circunferencial exterior del material de base cilíndrico B.

Los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 10-3 a 10-8 tienen en común que la vaina 10 está formada por el material de base B y el material de baja fricción M, y el material de baja fricción M está dispuesto al menos en la parte superior del saliente 11. En la presente memoria descriptiva, la "parte superior" del saliente 11 se refiere a una porción curvada para que sea convexa radialmente hacia afuera.

Se realiza una prueba de soplado de aire en los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 10-1 a 10-8. La velocidad de soplado del cable de fibra óptica (velocidad de soplado) es de aproximadamente 60 m/min al inicio de la prueba. En todos los ejemplos de prueba 10-1 a 10-8, la velocidad de soplado disminuye a medida que aumenta la distancia de soplado. En el ejemplo de prueba 10-1, la velocidad de soplado es casi cero cuando la distancia de soplado es de 2000 m. Por otra parte, en los ejemplos de prueba 10-2 a 10-8, se confirma que la velocidad de soplado es de 30 m/min o más cuando la distancia de soplado es de 2000 m y que es suficientemente posible un soplado de 2000 m o más. Como se ha descrito anteriormente, en los cables de fibra óptica de los ejemplos de prueba 10-2 a 10-8, se obtienen mejores resultados que los resultados del ejemplo de prueba 10-1. Dado que los ejemplos de prueba 10-2 y 10-1 tienen la misma forma de sección transversal, pero el ejemplo de prueba 10-1 tiene un diámetro exterior grande y un área de contacto grande con un microconducto, se considera que la fricción aumenta y la propiedad de soplado de aire es más baja que la del ejemplo de prueba 10-2. Por otro lado, en los ejemplos de prueba 10-3, 10-5 y 10-7, la fricción se reduce formando la porción en contacto con el microconducto con el material de baja fricción M, y la propiedad de soplado de aire puede mejorarse incluso en el cable de fibra óptica que tiene un diámetro exterior de 12 mm o más.

Como se ha descrito anteriormente, dado que el material de baja fricción M está dispuesto al menos en la parte superior del saliente 11, resulta posible proporcionar un cable de fibra óptica que tenga una buena propiedad de soplado de aire. Además, al formar la vaina 10 con el material de base B y el material de baja fricción M, resulta posible mejorar la resistencia de la vaina 10 y reducir el coste, en comparación con el caso en el que toda la vaina 10 está formada por el material de baja fricción M.

Sin embargo, teniendo en cuenta la propiedad de soplado de aire y el coste requerido para el cable de fibra óptica 1, toda la vaina 10 puede estar formada por el material de baja fricción M.

(Cordón de apertura)

En el trabajo de conexión y el trabajo de desmontaje del cable de fibra óptica, es necesario sacar el núcleo 20 del interior de la vaina 10. Las estructuras de las figuras 13A a 13C se proponen como disposición del cordón de apertura para facilitar la operación de acceso al núcleo 20.

En el cable de fibra óptica 1 ilustrado en la figura 13A, una parte del miembro de resistencia a la tracción 30 se reemplaza con el cordón de apertura 40 en comparación con la figura 1A. Más específicamente, dos cordones de apertura 40 están incrustados dentro de los salientes 11 de la vaina 10, y están dispuestos para intercalar el núcleo 20 entremedio.

Como cordón de apertura 40, se puede utilizar un hilo obtenido al trenzar fibras tales como polipropileno (PP) y poliéster. El miembro de resistencia a la tracción 30 tiene la función de proteger la fibra óptica 21a de la tensión, mientras que el cordón de apertura 40 tiene la función de rasgar la vaina 10. Por lo tanto, los materiales del cordón de apertura 40 y el miembro de resistencia a la tracción 30 son diferentes. Específicamente, el módulo elástico a la tracción del miembro de resistencia a la tracción 30 es mayor que el del cordón de apertura 40. Además, el cordón de apertura 40 es más flexible que el miembro de resistencia a la tracción 30.

Como se ilustra en la figura 13A, al incrustar el cordón de apertura 40 dentro del saliente 11 de la vaina 10, se puede disponer el cordón de apertura 40 al mismo tiempo que se impide que la vaina 10 se vuelva más delgada. Cuando se extrae el núcleo 20 del interior de la vaina 10, se incide una parte del saliente 11 para extraer el cordón de apertura 40, y se tira del cordón de apertura 40 en la dirección longitudinal del cable de fibra óptica. Por lo tanto, la vaina 10 se rasga y el núcleo 20 se puede sacar.

Como se ilustra en la figura 13A, cuando se fabrica un cable de fibra óptica en el que se disponen un par de cordones de apertura 40 para intercalar el núcleo 20, la operación de acceso al núcleo 20 se puede realizar satisfactoriamente. El número de cordones de apertura 40 incluidos en el cable de fibra óptica puede ser uno o tres o más.

Como se ha descrito anteriormente, en la vista de la sección transversal, entre la pluralidad de salientes, los cordones de apertura 40 están situados dentro de algunas de la pluralidad de salientes 11 y los miembros de resistencia a la tracción 30 están situados dentro de los otros salientes 11, lo que facilita la operación de acceder al núcleo 20 en el cable de fibra óptica mientras se protege la fibra óptica 21a de la tensión.

Para identificar la posición en la que se incrusta el cordón de apertura 40, se puede proporcionar una porción de marcado (coloreada o similar) en el saliente 11 donde se incrusta el cordón de apertura 40. De forma alternativa, como se ilustra en las figuras 13B, 13C y 13D, la forma del saliente 11 en la que está incrustado el cordón de apertura 40 puede ser diferente de la forma de los otros salientes 11. En el ejemplo de la figura 13B, los salientes 11 en los que están incrustados los cordones de apertura 40 se proyectan radialmente hacia afuera más que los otros salientes 11. En el ejemplo de la figura 13C, la anchura de los salientes 11 en los que está incrustado el cordón de apertura 40 en la dirección circunferencial es menor que la de los otros salientes 11.

En el ejemplo de la figura 13D, el cordón de apertura 40 está dispuesto para estar en contacto con el núcleo 20. Además, los miembros de resistencia a la tracción 30 están dispuestos a intervalos iguales en la dirección circunferencial, y los cordones de apertura 40 están situados entre miembros de resistencia a la tracción 30 adyacentes en la dirección circunferencial. A continuación, dos miembros de resistencia a la tracción 30 que intercalan el cordón de apertura 40 se sitúan dentro de un saliente 11.

Al adoptar las formas ilustradas en las figuras 13B, 13C y 13D, la posición del cordón de apertura 40 puede reconocerse fácilmente desde el exterior del cable de fibra óptica.

Cabe destacar que el alcance técnico de la presente invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

Por ejemplo, como se ilustra en la figura 14A, la superficie interior del rebaje 12 puede ser una superficie curva que es convexa radialmente hacia dentro.

Además, como se ilustra en la figura 14B, el número de salientes 11 no necesita coincidir con el número de miembros de resistencia a la tracción 30. Además, como se ilustra en la figura 14B, el miembro de resistencia a la tracción 30 puede disponerse en una posición más cercana a la superficie circunferencial interior que a la superficie circunferencial exterior de la vaina 10.

Además, resulta posible reemplazar apropiadamente los miembros constituyentes en los ejemplos descritos anteriormente con miembros constituyentes bien conocidos, y los ejemplos descritos anteriormente pueden combinarse apropiadamente.

De acuerdo con un ejemplo ilustrativo, se proporciona un cable de fibra óptica que comprende una vaina y un núcleo que está alojado en la vaina y que tiene una cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente que incluye una pluralidad de fibras ópticas y una pluralidad de porciones adhesivas para adherir de forma intermitente la pluralidad de fibras ópticas en una dirección longitudinal. Adicionalmente, se forman rebajes y salientes para que estén dispuestos de manera alterna en una dirección circunferencial en una superficie circunferencial exterior de la vaina, y cada uno de los rebajes incluye porciones de conexión respectivamente conectadas a extremos internos radiales de dos salientes adyacentes, y una superficie inferior situada entre las dos porciones de conexión.

El cable de fibra óptica de acuerdo con este ejemplo ilustrativo también puede incluir una o más de las siguientes características opcionales.

- 5 Las porciones de conexión pueden formarse en una forma de superficie curva que es radialmente convexa hacia dentro.
El cable de fibra óptica puede tener una resistencia a la compresión de 12,8 N/mm² o más y 32,4 N/mm² o menos.
El núcleo puede tener un tubo de envoltura que envuelve la cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente.
El tubo de envoltura puede tener una primera porción de extremo y una segunda porción de extremo que se solapan entre sí para formar una porción con envoltura y una porción sin envoltura situadas entre la primera porción de extremo y la segunda porción de extremo.
- 10 Cuando una longitud circunferencial de la porción de envoltura es W1 y una longitud circunferencial de la porción sin envoltura es W2, una tasa de envoltura R obtenida mediante $R = W1 \div (W1 + W2) \times 100$ puede encontrarse dentro de un intervalo del 5 % o más y el 20 % o menos.
En una vista en sección transversal, un área en sección transversal A del rebaje, que es un área en sección transversal de un espacio definido por curvas cerradas tangentes a extremos exteriores radiales de la pluralidad de salientes y todos los rebajes, puede estar dentro de un intervalo de 1,3 mm² o más y de 4,8 mm² o menos.
Cuando un ángulo de trenzado de la vaina por 1 m a lo largo de la dirección longitudinal del cable de fibra óptica es θ (°/m), pueden cumplirse las relaciones $10 \leq \theta \leq 180$.
- 15 Un radio de curvatura de cada superficie circunferencial exterior de los salientes puede ser menor que un radio de la vaina.
El cable de fibra óptica puede incluir miembros de resistencia a la tracción incrustados dentro de los salientes en la vaina. Los salientes y los miembros de resistencia a la tracción pueden tener una forma trenzada en forma de espiral en un eje central del cable de fibra óptica.
- 20 El cable de fibra óptica puede comprender medios de resistencia a la tracción incrustados dentro de los salientes en la vaina. Los miembros de resistencia a la tracción pueden estar formados de PBO-FRP.
- 25 El cable de fibra óptica puede incluir una pluralidad de miembros de resistencia a la tracción incrustados en la vaina. En una vista en sección transversal, la pluralidad de miembros de resistencia a la tracción puede situarse dentro de cada uno de los salientes en la vaina.
- 30 Puede proporcionarse una pluralidad de cintas de fibra óptica adheridas de forma intermitente que incluye la cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente, y puede aplicarse un trenzado en forma de SZ a la vaina trenzando la pluralidad de cintas de fibra óptica adheridas de forma intermitente en una forma de SZ.
La vaina puede formarse de un material de base y un material de baja fricción que tiene un coeficiente de fricción menor que un coeficiente de fricción del material de base, y el material de baja fricción puede estar dispuesto al menos en las partes superiores de los salientes.
- 35 El cable de fibra óptica puede incluir miembros de resistencia a la tracción y cordones de apertura incrustados en la vaina. En una vista en sección transversal, entre la pluralidad de salientes, los cordones de apertura pueden estar situados dentro de algunos de los salientes, y los miembros de resistencia a la tracción están situados dentro de los otros salientes.

[Lista de signos de referencia]

- 40 1 Cable de fibra óptica
10 Vaina
11 Saliente
12 Rebaje
- 45 12a Porción de conexión
12b Superficie inferior
20 Núcleo
21 Unidad de fibra óptica (cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente)
- 50 21a Fibra óptica
21c Porción adhesiva
22 Tubo envolvente
22a Porción con envoltura
22b Porción sin envoltura

30 Miembro de resistencia a la tracción
40 Cordón de apertura
B Material de base
M Material de baja fricción

REIVINDICACIONES

1. Un cable de fibra óptica (1) que comprende:

- 5 una vaina (10); y
un núcleo (20) que se aloja en la vaina (10) y que tiene una cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente (21) que incluye una pluralidad de fibras ópticas (21a) y una pluralidad de porciones adhesivas (21c) para adherir de forma intermitente la pluralidad de fibras ópticas (21a) en una dirección longitudinal,
- 10 en donde los rebajes (12) y los salientes (11) están formados para estar dispuestos de forma alternativa en una dirección circunferencial sobre una superficie circunferencial exterior de la vaina (10), y
cada uno de los rebajes (12) incluye dos porciones de conexión (12a) conectadas respectivamente a los extremos internos radiales de dos salientes adyacentes (11), y una superficie inferior (12b) situada entre las dos porciones de conexión (12a),
caracterizado por que:
- 15 el cable óptico (1) tiene una resistencia a la compresión de 12,8 N/mm² o más y 32,4 N/mm² o menos.
2. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 1,
en donde las porciones de conexión (12a) tienen una forma de superficie curva que es convexa radialmente hacia dentro.
- 20 3. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2,
en donde el núcleo (20) tiene un tubo envolvente (22) que envuelve la cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente (21).
- 25 4. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 3,
en donde el tubo envolvente (22) tiene una primera porción de extremo y una segunda porción de extremo que se superponen entre sí para formar una porción con envoltura (22a), y una porción sin envoltura (22b) situada entre la primera porción de extremo y la segunda porción de extremo.
- 30 5. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 4,
en donde cuando la longitud circunferencial de la porción con envoltura (22a) es W1 y la longitud circunferencial de la porción sin envoltura (22b) es W2, la tasa de envoltura R obtenida por $R = W1 \div (W1 + W2) \times 100$ está dentro de un intervalo del 5 % o más y el 20 % o menos.
- 35 6. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5,
en donde cuando un ángulo de trenzado de la vaina (10) por 1 m a lo largo de la dirección longitudinal del cable de fibra óptica (1) es θ en °/m, $10 \leq \theta \leq 180$.
- 40 7. El cable de fibra óptica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6,
en donde un radio de curvatura de cada superficie circunferencial exterior de los salientes (11) es menor que un radio de la vaina (10).
8. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende, además:
- 45 miembros de resistencia a la tracción (30) incrustados dentro de los salientes (11) en la vaina (10),
en donde los salientes (11) y los miembros de resistencia a la tracción (30) tienen una forma trenzada de forma espiral centrada en un eje central (O) del cable de fibra óptica (1).
- 50 9. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende, además:
miembros de resistencia a la tracción (30) incrustados dentro de los salientes (11) en la vaina (10),
en donde los miembros de resistencia a la tracción (30) están formados con plásticos reforzados con fibra de poliparafenileno benzobisoxazol (PBO-FRP).
- 55 10. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, que comprende, además:
una pluralidad de miembros de resistencia a la tracción (30) incrustados en la vaina (10),
en donde, en una vista en sección transversal, la pluralidad de miembros de resistencia a la tracción (30) está situada dentro de cada uno de los salientes (11) en la vaina (10).
- 60 11. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en donde
se proporciona una pluralidad de cintas de fibra óptica adheridas de forma intermitente (21) que incluye la cinta de fibra óptica adherida de forma intermitente (21), y
se aplica un trenzado en forma de SZ a la vaina (10) trenzando la pluralidad de cintas de fibra óptica adheridas de forma intermitente (21) en una forma de SZ.
- 65

12. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, en donde

5 la vaina (10) está formada por un material de base (B) y un material de baja fricción (M) que tiene un coeficiente de fricción menor que el coeficiente de fricción del material de base (B), y el material de baja fricción (M) está dispuesto al menos en las partes superiores de los salientes (11).

13. El cable de fibra óptica (1) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende, además:

10 miembros de resistencia a la tracción (30) y cordones de apertura (40) incrustados en la vaina (10), en donde, en una vista en sección transversal, entre la pluralidad de salientes (11), los cordones de apertura (40) están situados dentro de algunos de los salientes (11), y los miembros de resistencia a la tracción (30) están situados dentro de los otros salientes (11).

FIG. 1A

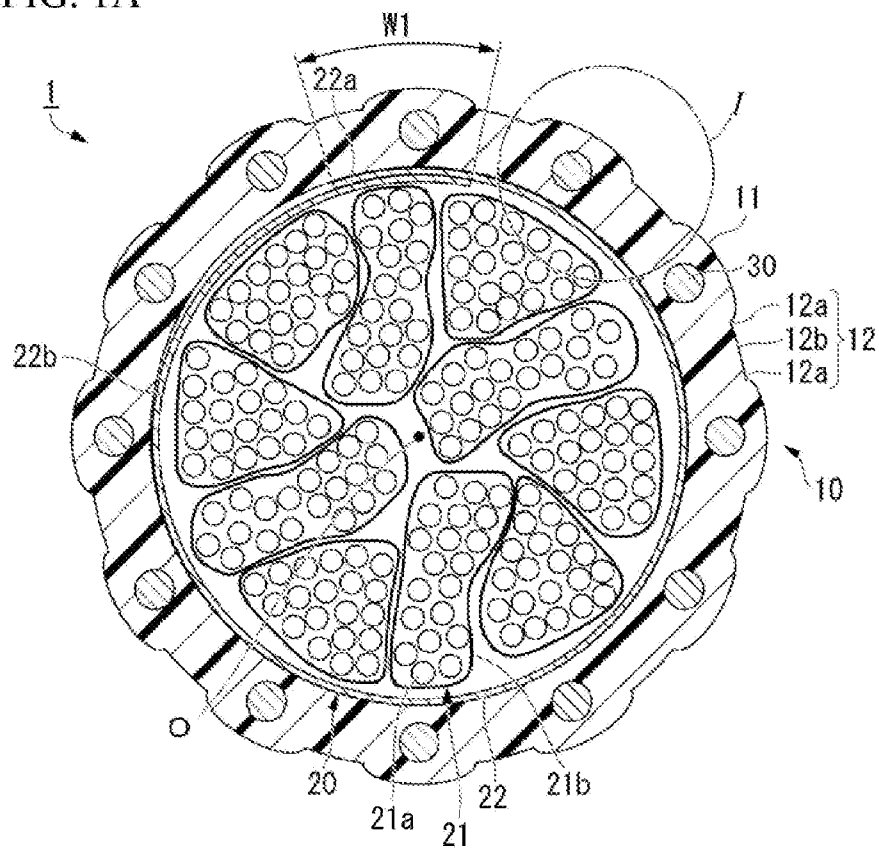


FIG. 1B

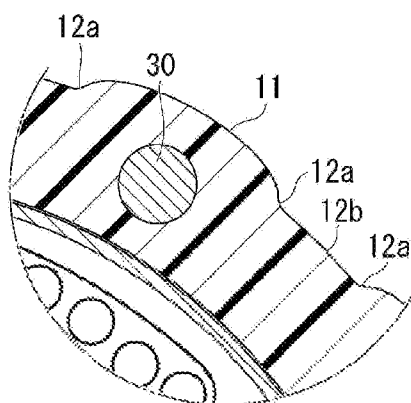


FIG. 2

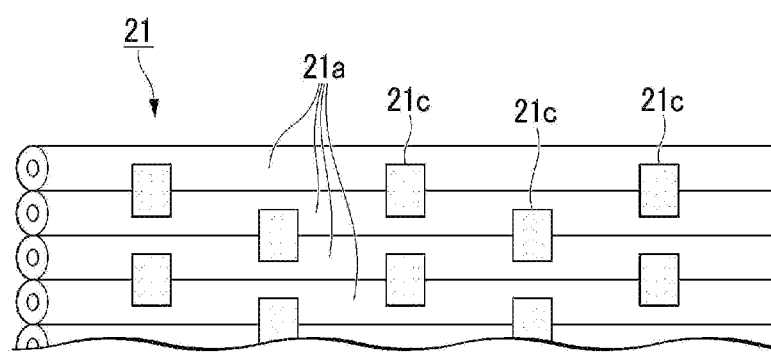


FIG. 3

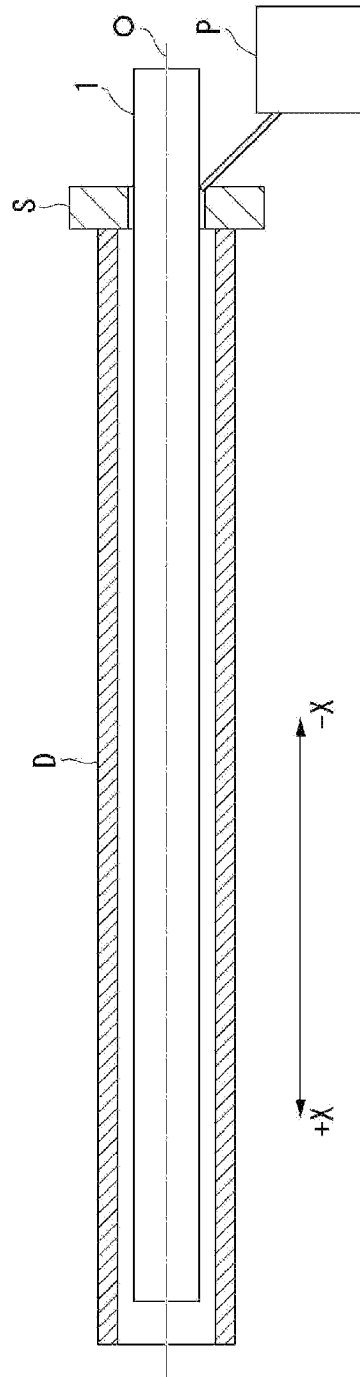


FIG. 4

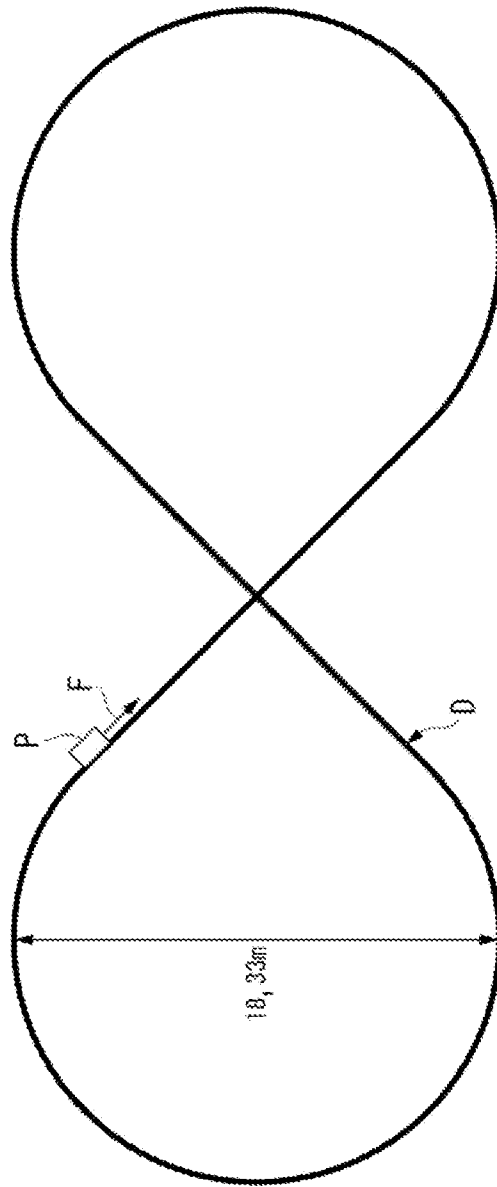


FIG. 5

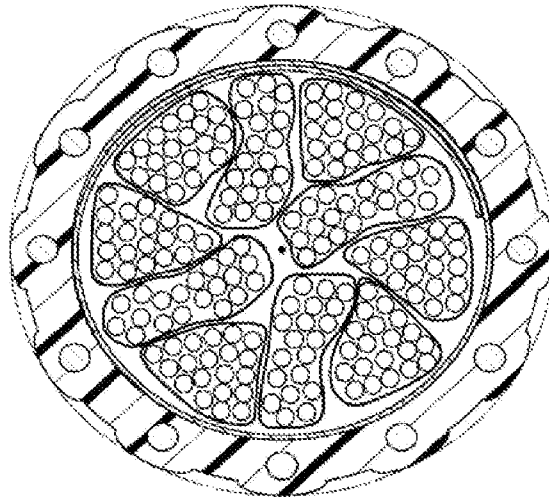
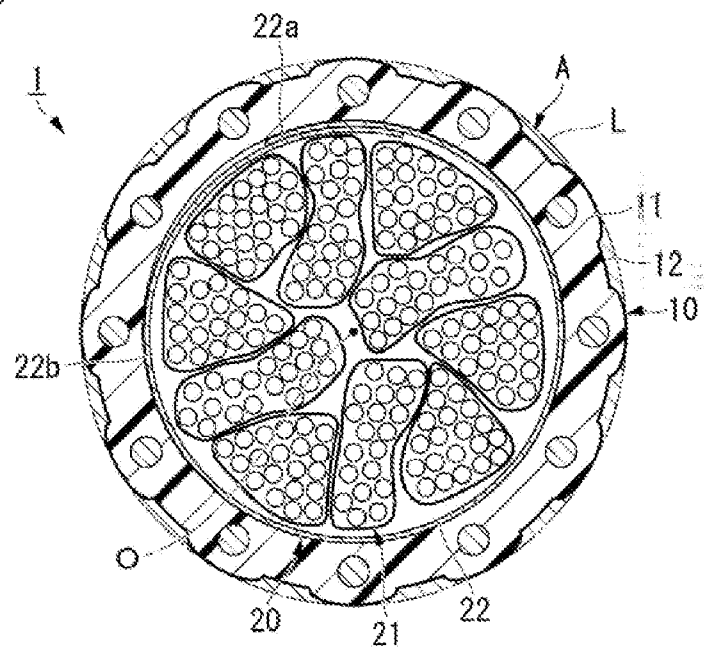
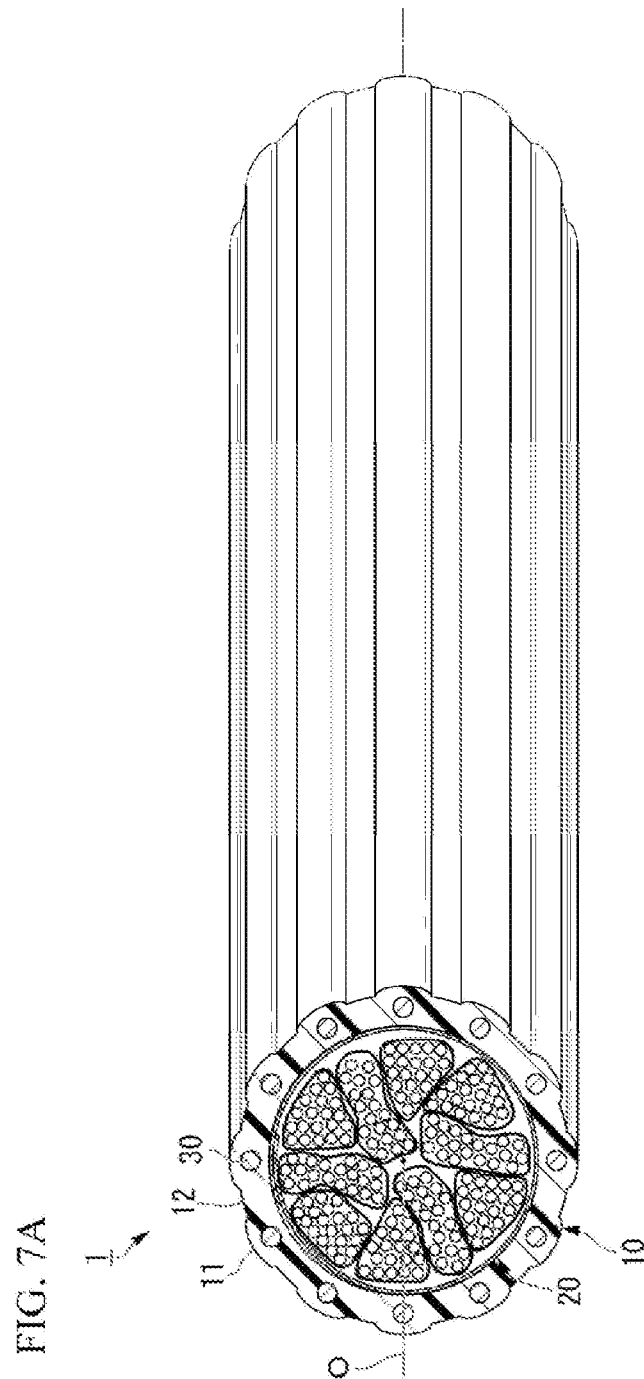


FIG. 6





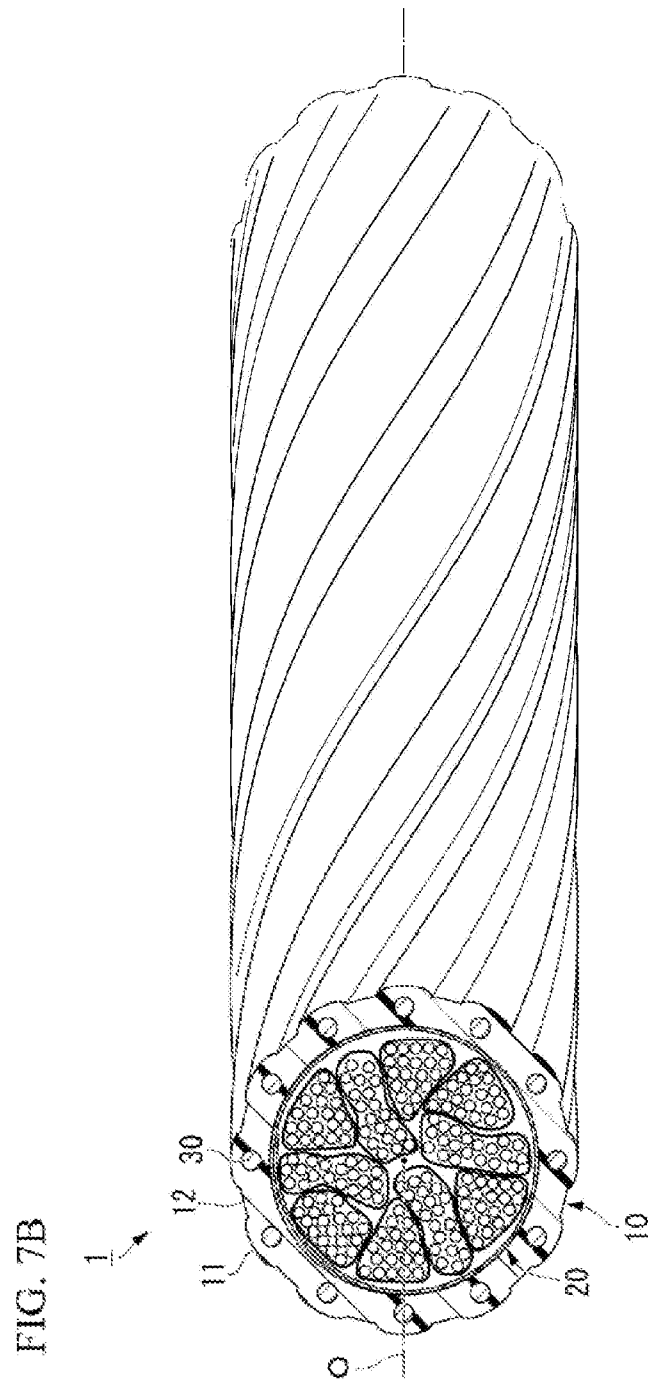


FIG. 8

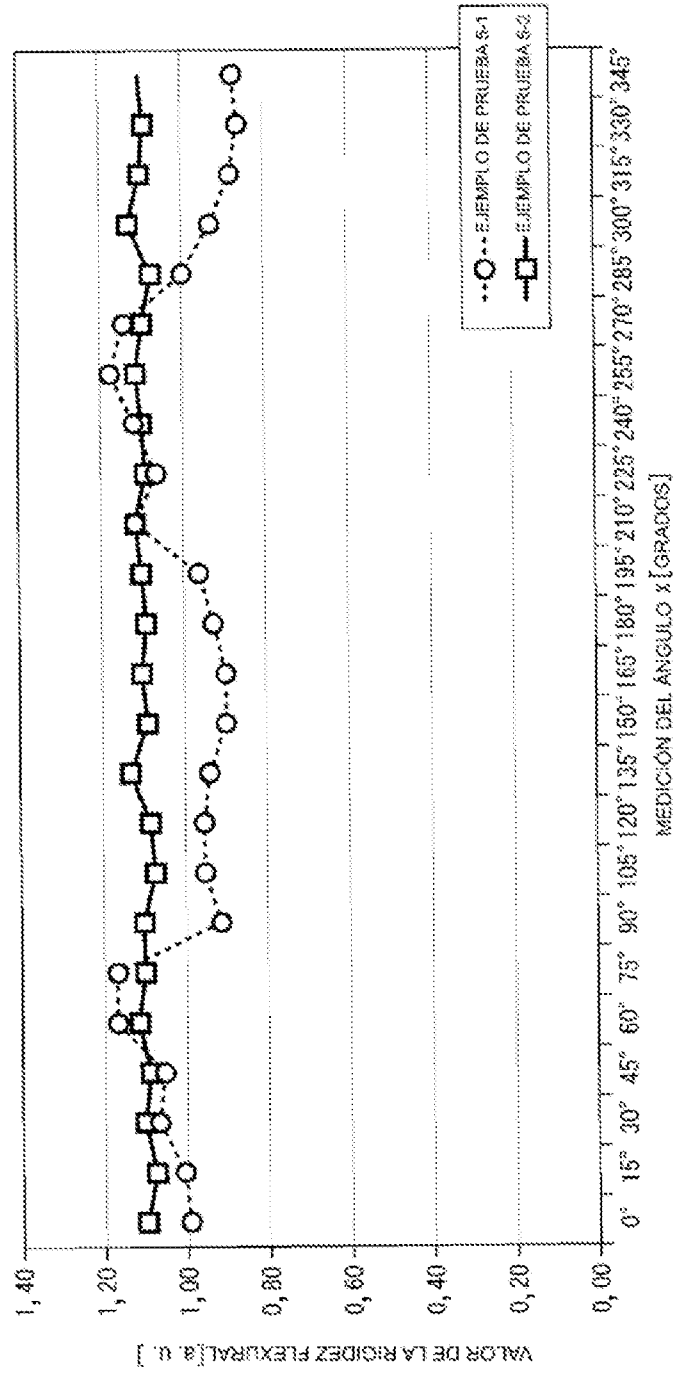


FIG. 9

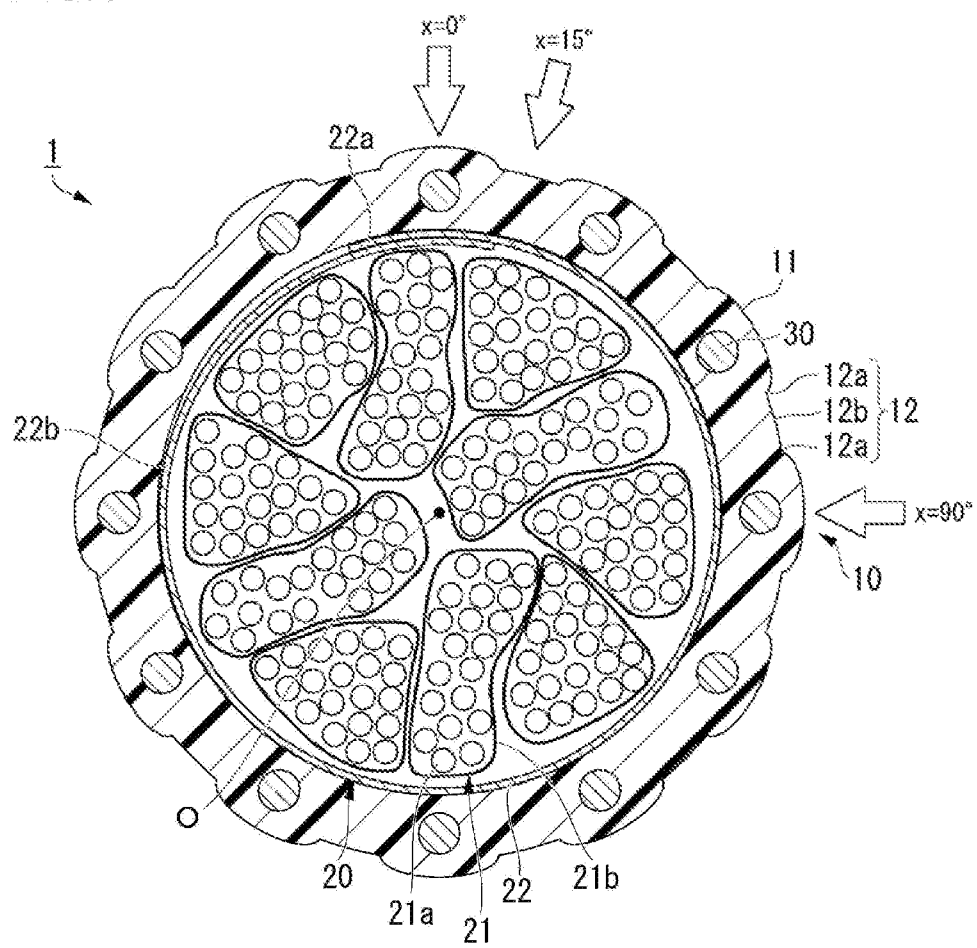


FIG. 10

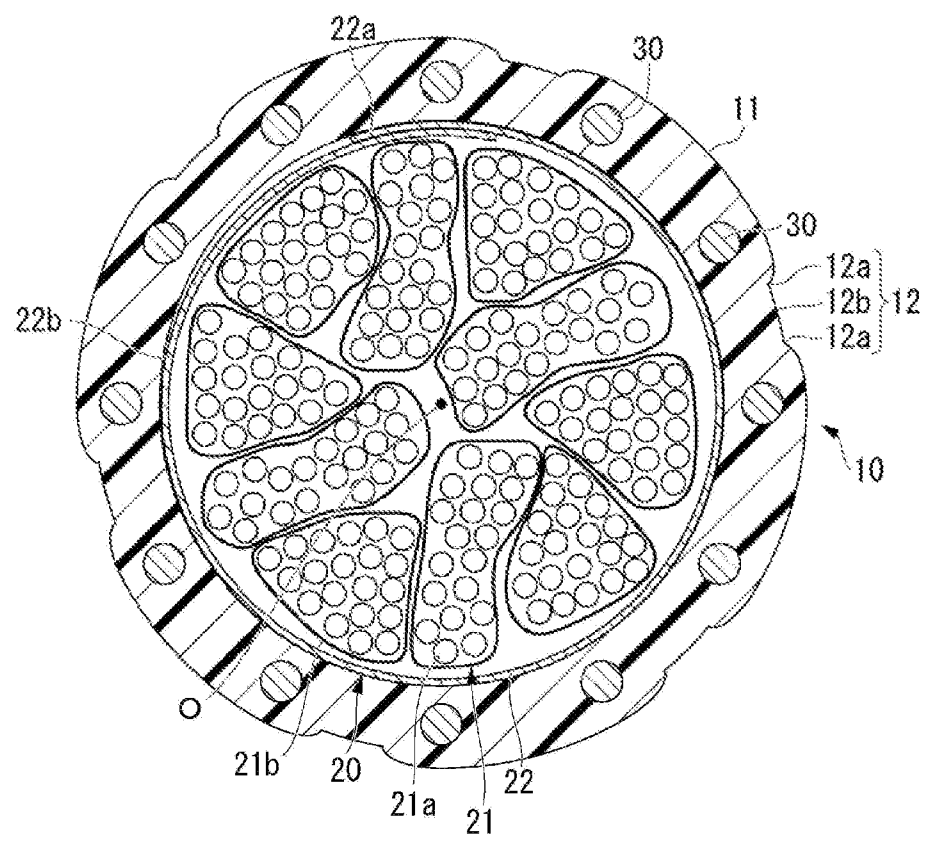


FIG. 11

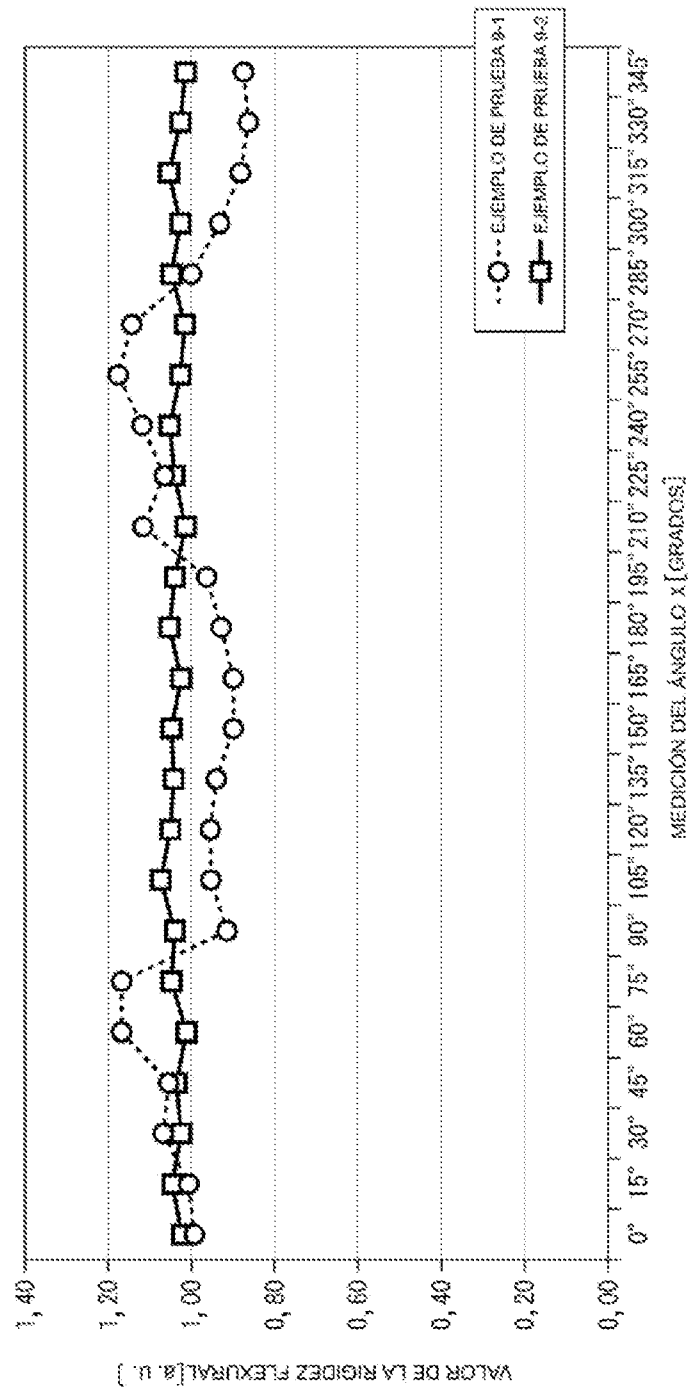


FIG. 12A

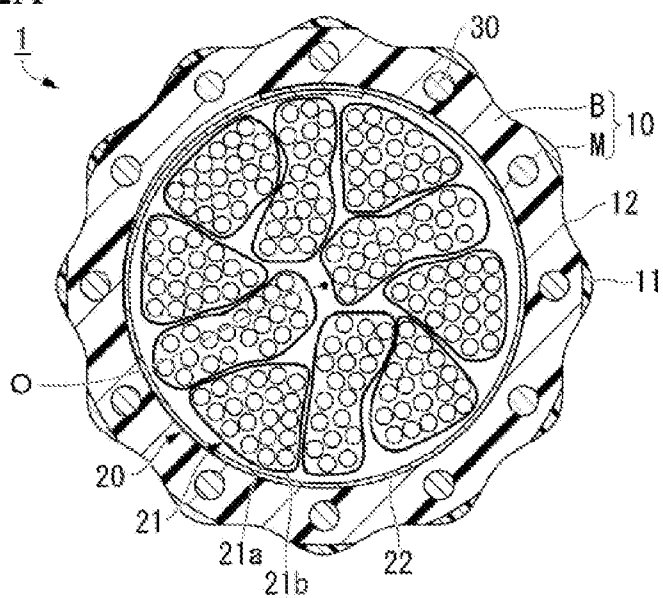


FIG. 12B

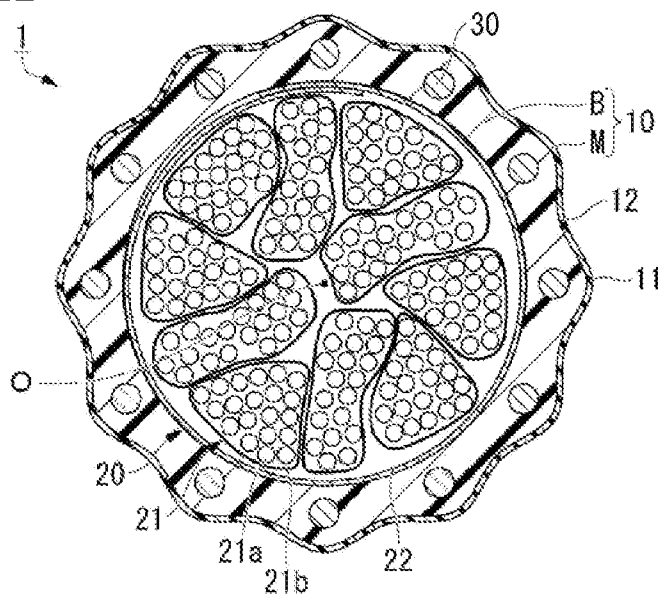


FIG. 12C

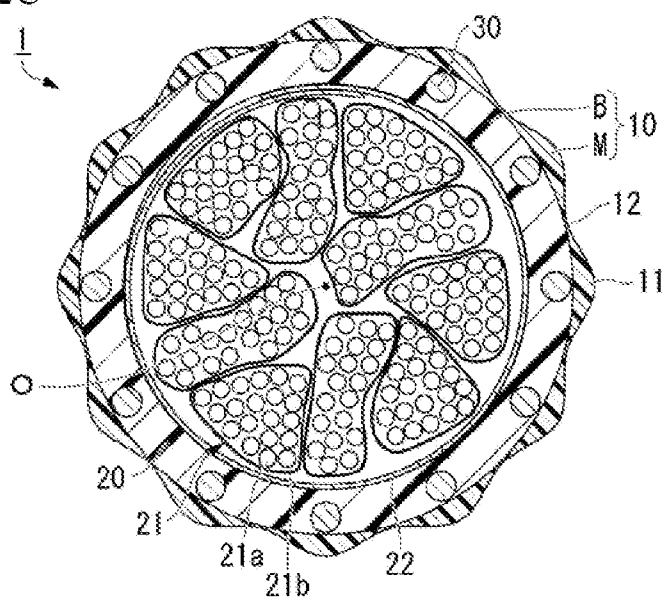


FIG. 13A

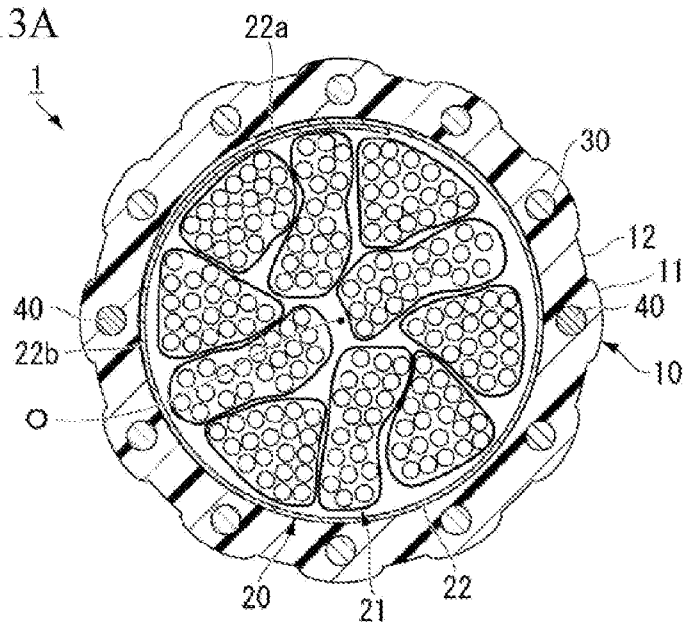


FIG. 13B

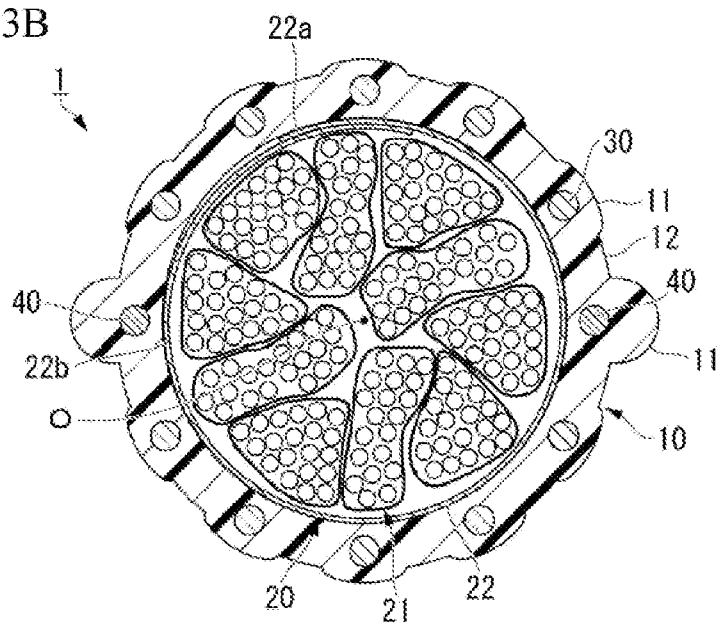


FIG. 13C

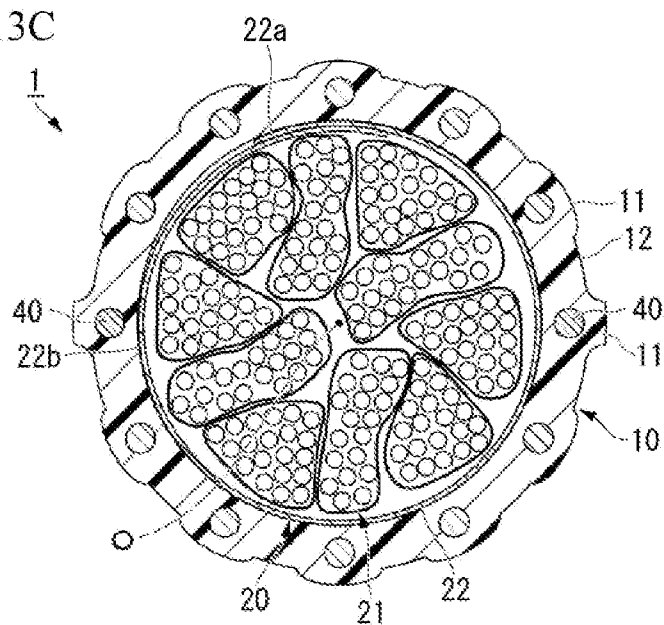


FIG. 13D

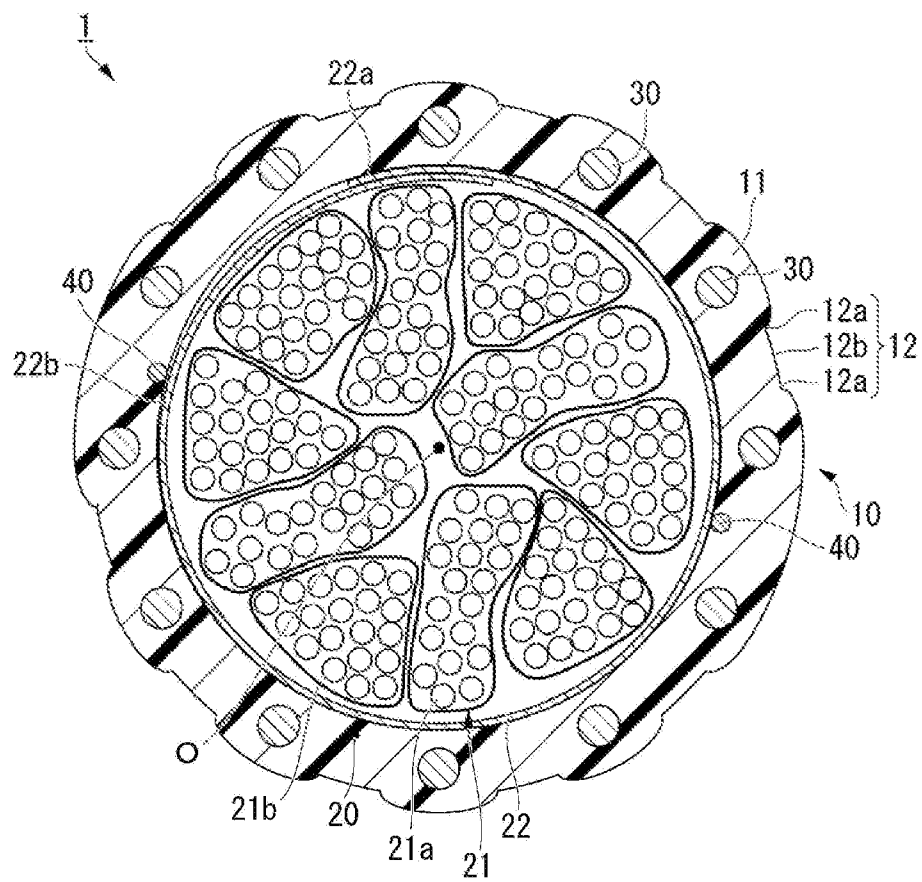


FIG. 14A

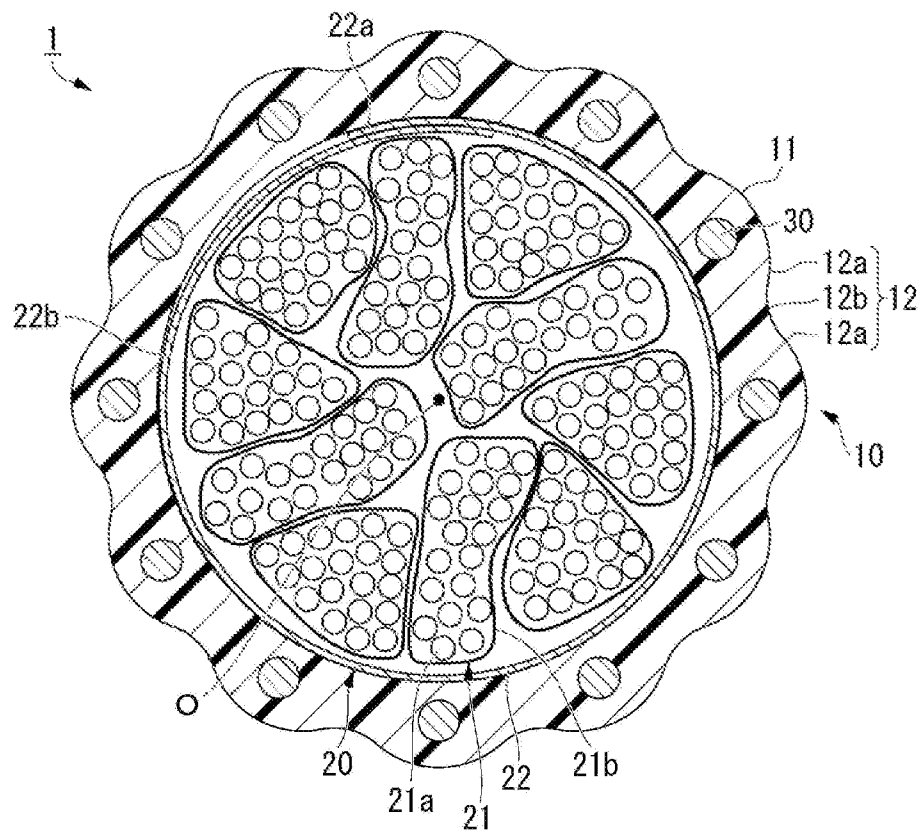


FIG. 14B

