

CABLE DE FIBRA ÓPTICA

Campo técnico

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

En los estados designados donde se acepta la incorporación de documentos por referencia, el contenido descrito en la solicitud de patente japonesa No. 2023-216049 presentada el 21 de diciembre de 2023 en Japón se incorpora por referencia en esta especificación y se considera parte de la descripción de esta especificación.

Técnica antecedente

[2] Se ha conocido un cable de fibra óptica que incluye una pluralidad de unidades de fibra óptica que incluyen una pluralidad de cintas de fibra óptica, un miembro de envoltura que cubre la pluralidad de unidades de fibra óptica y una cubierta que las recubre pluralidad de unidades de fibra óptica y el tubo envolvente (por ejemplo, véase el Documento de patente 1).

Documento de la técnica anterior

Documento de patente

[3] Documento de patente 1: JP-A-2020-112644

Sumario de la invención

Problemas que han de ser resueltos por la invención.

[4] En el cable de fibra óptica anteriormente descrito, la unidad de fibra óptica se forma agrupando una pluralidad de cintas de fibra óptica con un elemento de haz. Por lo tanto, dentro del espacio de alojamiento del cable de fibra óptica que aloja varias unidades de fibra óptica, si bien la densidad de las fibras ópticas es alta dentro de cada unidad individual, la densidad de las fibras ópticas es baja entre las unidades de fibra óptica. En consecuencia, existe un problema, ya que cuando se aplica tensión al cable de fibra óptica, las características de transmisión pueden deteriorarse en las secciones donde la densidad de las fibras ópticas es alta.

[5] El problema que se pretende resolver con la presente invención es proveer un cable de fibra óptica que permita intentar mejorar las características de transmisión.

Medios para resolver problemas

[6] [1] Un aspecto 1 de la presente invención es un cable de fibra óptica que comprende una pluralidad de cintas de fibra óptica y una capa protectora con un espacio de alojamiento que aloja las pluralidad de cintas de fibra óptica, en donde cuando el espacio de alojamiento se divide en espacios de unidades cada uno siendo un cuadrado de 1 mm × 1 mm en una sección transversal perpendicular a una dirección longitudinal del

cable de fibra óptica y se mide una densidad de fibras ρ de fibras ópticas en el espacio de unidades, un primer coeficiente de variación CV_1 satisface la Ecuación (1) siguiente:

$$CV_1 = \sigma_1/x_1 < 0.20 \dots (1),$$

en donde, en la Ecuación (1) anterior, x_1 es un valor promedio de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades excluyendo los espacios de unidades que incluyen la capa protectora, y σ_1 es una desviación estándar de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades excluyendo los espacios de unidades que incluyen la capa protectora.

[7] [2] Un aspecto 2 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica del aspecto 1, en donde la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades excluyendo los espacios de unidades que incluyen la capa protectora puede satisfacer la Ecuación (2) siguiente:

$$11 \text{ fibras/mm}^2 \leq \rho \leq 17 \text{ fibras/mm}^2 \dots (2)$$

[8] [3] Un aspecto 3 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica del aspecto 1 o 2, en donde el primer coeficiente de variación CV_1 puede satisfacer la Ecuación (3) siguiente:

$$CV_1 < 0.10 \dots (3)$$

[9] [4] Un aspecto 4 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica de cualquiera de los aspectos 1 a 3, en donde el cable de fibra óptica puede comprender un relleno distinto de la fibra óptica en el espacio de la carcasa y un

segundo coeficiente de variación CV_2 puede satisfacer la Ecuación (4) siguiente:

$$CV_2 = \sigma_2/x_2 \leq 0.15 \dots (4),$$

en donde, en la Ecuación (4) anterior, x_2 es un valor promedio de la densidad de fibras ρ para los espacios de unidades que incluyen el relleno, y σ_2 es una desviación estándar de la densidad de fibras ρ para los espacios de unidades que incluyen el relleno.

[10] [5] Un aspecto 5 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica del aspecto 4, en donde el segundo coeficiente de variación CV_2 puede satisfacer la Ecuación (5) siguiente:

$$CV_2 \leq 0.10 \dots (5)$$

[11] [6] Un aspecto 6 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica de cualquiera de los aspectos 1 a 5, en donde un tercer coeficiente de variación CV_3 puede satisfacer la Ecuación (6) siguiente:

$$CV_3 = \sigma_3/x_3 \leq 0.30 \dots (6),$$

en donde, en la Ecuación (6) anterior, x_3 es un valor promedio de la densidad de fibras ρ para los espacios de unidades que incluyen la capa protectora, y σ_3 es una desviación estándar de la densidad de fibras ρ para los espacios de unidades que incluyen la capa protectora.

[12] [7] Un aspecto 7 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica de cualquiera de los aspectos 1 a 6,

en donde un cuarto coeficiente de variación CV_4 puede satisfacer la Ecuación (7) siguiente:

$$CV_4 = \sigma_4/x_4 \leq 0.20 \dots (7),$$

en donde, en la Ecuación (7) anterior, x_4 es un valor promedio de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades, y σ_4 es una desviación estándar de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades.

[13] [8] Un aspecto 8 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica de cualquiera de los aspectos 1 a 7, en donde el cable de fibra óptica puede comprender una pluralidad de unidades de fibra óptica, cada una de las cuales comprende la cinta de fibras ópticas, la pluralidad de las unidades de fibra óptica pueden incluir tres o más unidades de fibra óptica dispuestas alrededor de un punto virtual en la sección transversal, las tres o más unidades de fibra óptica pueden incluir: una primera unidad de fibra óptica que tenga un primera límite que se dobla en un primer ángulo de flexión alrededor del punto virtual; y una segunda unidad de fibra óptica que tenga un segundo límite que se dobla en un segundo ángulo de flexión alrededor del punto virtual, el primer ángulo de flexión puede ser un ángulo agudo y el segundo ángulo de flexión puede ser un ángulo obtuso.

[14] [9] Un aspecto 9 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica del aspecto 8, en donde el primer ángulo de flexión es de 45° o menos.

[15] [10] Un aspecto 10 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica del aspecto 8 o 9, en donde una parte que se dobla en el primer ángulo de flexión en el primer límite puede ser una parte flexible de una trayectoria de la cinta de fibras ópticas incluida en la primera unidad de fibra óptica.

[16] [11] Un aspecto 11 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica de cualquiera de los aspectos 1 a 10, en donde el cable de fibra óptica puede comprender tercera y cuarta unidades de fibra óptica, cada una de las cuales comprende la cinta de fibras ópticas y que están adyacentes entre sí en el sección transversal, la tercera unidad de fibra óptica tiene un tercer límite que comprende una saliente que se proyecta hacia la cuarta unidad de fibra óptica y la cuarta unidad de fibra óptica tiene un cuarto límite que comprende un rebaje en la que encaja la saliente.

[17] [12] Un aspecto 12 de la presente invención puede ser el cable de fibra óptica de cualquiera de los aspectos 1 a 11, en donde el cable de fibra óptica puede comprender una pluralidad de unidades de fibra óptica, cada una de las cuales comprende la cinta de fibras ópticas y cada una de la pluralidad de unidades de fibra óptica pueden ser una unidad de fibra óptica de tipo liberación que no está sujeta con un material de unión.

[18] [13] Un aspecto 13 de la presente invención puede

ser el cable de fibra óptica de cualquiera de los aspectos 1 a 12, en donde la cinta de fibras ópticas puede comprender una pluralidad de cintas secundarias, cada una de las cuales comprende dos o más fibras ópticas y la pluralidad de las cintas secundarias pueden ser conectadas intermitentemente en la dirección longitudinal de la cinta de fibras ópticas.

Efectos de la invención

[19] De conformidad con la presente invención, dado que el primer coeficiente de variación CV_1 satisface la Ecuación (1) anterior, y se intenta uniformar la densidad de la fibra óptica en la sección transversal del cable de fibra óptica, se puede intentar mejorar las características de transmisión del cable de fibra óptica.

Breve descripción de los dibujos

[20] La Figura 1 es una vista en sección transversal que ilustra un cable de fibra óptica en una modalidad de la presente invención.

La Figura 2 es una vista en sección transversal que ilustra una unidad de fibra óptica en la modalidad de la presente invención.

La Figura 3 es una vista en perspectiva que ilustra una cinta de fibras ópticas en la modalidad de la presente invención.

La Figura 4 es una vista en sección transversal que ilustra una unidad de fibra óptica en la modalidad de la presente invención.

La Figura 5 es una vista ampliada de una parte V de la Figura 1.

La Figura 6 es una vista ampliada de la parte VI de la Figura 1.

La Figura 7 es una vista ampliada de la parte VII de la Figura 1.

La Figura 8 es una vista ampliada de la parte VIII de la Figura 1.

La Figura 9 es una vista en perspectiva que ilustra una modificación de la cinta de fibras ópticas en la modalidad de la presente invención.

Modo(s) para llevar a cabo la invención

[21] A continuación se describen modalidades de la presente invención basadas en los dibujos.

[22] La Figura 1 es una vista en sección transversal que ilustra un cable de fibra óptica 1 en esta modalidad, la Figura 2 es una vista en sección transversal que ilustra una unidad de fibra óptica 30A en esta modalidad, la Figura 3 es una vista en perspectiva que ilustra una cinta de fibras ópticas 50 en esta modalidad, la Figura 4 es una vista en sección transversal que ilustra una unidad de fibra óptica 40A en la esta modalidad,

y la Figura 5 a la Figura 8 son vistas ampliadas de una parte V a una parte VIII de la Figura 1. La Figura 1 es una representación esquemática de la unidad de fibra óptica 20. La Figura 3 ilustra una vista desarrollada de la cinta de fibras ópticas 50.

[23] Como se ilustra en la Figura 1, el cable de fibra óptica 1 de la modalidad incluye un conjunto de fibras ópticas 10, un tubo envolvente 80, una funda 90 y miembros de resistencia a la tracción 100. El cable de fibra óptica 1 es un cable que se extiende en la dirección normal de la superficie del papel de la Figura 1, y la Figura 1 ilustra una sección transversal perpendicular a la dirección longitudinal (dirección axial) del cable de fibra óptica 1.

[24] La configuración del cable de fibra óptica 1 no está particularmente limitado al anteriormente descrito. Por ejemplo, el cable de fibra óptica 1 no necesita incluir el tubo envolvente 80. El cable de fibra óptica 1 puede incluir un cordón de apertura entre el tubo envolvente 80 y la funda 90. El cable de fibra óptica 1 puede incluir una lámina de refuerzo interpuesta entre el conjunto de fibras ópticas 10 y la funda 90, y la lámina de refuerzo puede tener forma corrugada. El cable de fibra óptica 1 puede incluir una funda interior interpuesta entre el conjunto de fibras ópticas 10 y la funda 90. Mientras que el cable de fibra óptica 1 ilustrado en la Figura 1 tiene forma de sección transversal circular, la forma

de sección transversal del cable de fibra óptica 1 no se limita particularmente a esta, y por ejemplo, la forma de sección transversal puede ser rectangular.

[25] El conjunto de fibras ópticas 10 incluye una pluralidad de (en la presente modalidad, 12) unidades de fibra óptica 20 y una pluralidad de (en la presente modalidad, dos) segundos rellenos 70. La unidad de fibra óptica 20 incluye dos tipos de unidades de fibra óptica 30 y 40. Es decir, la pluralidad de unidades de fibra óptica 20 incluye una pluralidad de (en la presente modalidad, cinco) unidades de fibra óptica 30 y una pluralidad de (en la presente modalidad, siete) unidades de fibra óptica 40. El conjunto de fibras ópticas 10 no necesita incluir segundos rellenos 70, es decir, el cable de fibra óptica 1 no necesita incluir el segundo relleno 70.

[26] Las unidades de fibra óptica 20 constituye dos capas de unidades 11, 12. Es decir, el conjunto de fibras ópticas 10 incluye una capa de unidad interna 11 y una capa de unidad externa 12. La capa de unidad interna 11 incluye tres unidades de fibra óptica 20. La capa de unidad interna 11 se forma mediante la disposición de las tres unidades de fibra óptica 20 en un patrón circular. Las tres unidades de fibra óptica 20 incluyen tres unidades de fibra óptica 30.

[27] Por otro lado, la capa de unidad exterior 12 incluye nueve unidades de fibra óptica 20. La capa de unidad exterior

12 se forma al disponer las nueve unidades de fibra óptica 20 en un patrón circular. Las nueve unidades de fibra óptica 20 incluye dos unidades de fibra óptica 30 y siete unidades de fibra óptica 40. La capa de unidad exterior 12 está dispuesta afuera la capa de la unidad interna 11 y rodea la capa de la unidad interna 11.

[28] El número de las unidades de fibra óptica 20 incluidas en el conjunto de fibras ópticas 10 no se limita particularmente al número anteriormente descrito. Los números de unidades de fibra óptica 30 y 40 incluidas en el conjunto de fibras ópticas 10 tampoco están particularmente limitados a los números descritos anteriormente. Por ejemplo, el conjunto de fibras ópticas 10 no necesita incluir la unidad de fibra óptica 30, es decir, el cable de fibra óptica 1 no necesita incluir un primero relleno 60 (descrito a continuación). Aunque no está particularmente limitado, por ejemplo, todas las unidades de fibra óptica 20 incluidas en el conjunto de fibras ópticas 10 puede ser las unidades de fibra óptica 40 sin los primeros rellenos 60. El conjunto de fibras ópticas 10 puede incluir una unidad de fibra óptica en la que una pluralidad de fibras ópticas se agrupa con un miembro del paquete además de la unidad de fibra óptica 20.

Los números de las unidades de fibra óptica 30 y 40 incluidos en la capa de la unidad interna 11 tampoco se limitan particularmente a los números descritos anteriormente. Por

ejemplo, la capa de la unidad interna 11 puede incluir la unidad de fibra óptica 40 o la capa de la unidad interna 11 no necesita incluir la unidad de fibra óptica 30. De manera similar, los números de las unidades de fibra óptica 30 y 40 incluidos en la capa de la unidad exterior 12 tampoco se limitan particularmente a los números descritos anteriormente. La capa de la unidad exterior 12 no necesita incluir la unidad de fibra óptica 30, o la capa de la unidad exterior 12 no necesita incluir la unidad de fibra óptica 40. Además, el número de capas de unidades incluidas en el conjunto de fibras ópticas 10 tampoco se limita particularmente al número anteriormente descrito, y el conjunto de fibras ópticas 10 puede incluir tres o más capas de unidades. El conjunto de fibras ópticas 10 no necesita tener la estructura de capas descrita anteriormente.

[30] Como se ilustra en la Figura 2, cada una de las unidades de fibra óptica 30 incluye una única cinta de fibras ópticas 50 y el primer relleno 60. La Figura 2 ilustra la unidad de fibra óptica 30A ubicada en una parte central del conjunto de fibras ópticas 10 en la Figura 1 como ejemplo de la unidad de fibra óptica 30.

[31] Como se ilustra en la Figura 3, la cinta de fibras ópticas 50 incluye una pluralidad de fibras ópticas (cables de fibra óptica) 51 que se extienden en la dirección longitudinal del cable de fibra óptica 1. Aunque no está particularmente limitado, la cinta de fibras ópticas 50 de la modalidad incluye

72 fibras ópticas 51. El número N de fibras ópticas 51 incluidas en la cinta de fibras ópticas 50 es preferiblemente 48 o más y 144 o menos ($48 \leq N \leq 144$) y es muy preferiblemente 60 o más y 108 o menos ($60 \leq N \leq 108$).

[32] La cinta de fibras ópticas 50 es una cinta de fibras ópticas fijada de manera intermitente, en la que las 72 fibras ópticas 51 están dispuestas en paralelo y conectadas de manera intermitente. Específicamente, las fibras ópticas adyacente 51 están conectadas con las primeras porciones de conexión 52 en intervalos predeterminados en la dirección longitudinal de la cinta de fibras ópticas 50. La primera porción de conexión 52 está formada, por ejemplo, de una resina curable por luz ultravioleta o una resina termoplástica. Las primeras porciones de conexión 52 adyacentes en la dirección longitudinal de la cinta de fibras ópticas 50 están dispuestas desplazadas entre sí en la dirección del ancho de la cinta de fibras ópticas 50. Una región distinta de las primeras porciones de conexión 52 de la cinta de fibras ópticas 50 es una región no conectada en la que las fibras ópticas adyacentes 51 no están restringidas. Por lo tanto, la cinta de fibras ópticas 50 se puede doblar en la primera porción de conexión 52 y las muchas fibras ópticas 51 se pueden agrupar a alta densidad.

[33] La disposición de la primera porción de conexión 52 no se limita particularmente a la descrita anteriormente y puede establecerse adecuadamente. El intervalo entre las fibras

ópticas adyacentes 51 también se puede configurar adecuadamente y las fibras ópticas adyacentes 51 pueden estar en contacto entre sí.

[34] Como la cinta de fibras ópticas 50, en lugar de la cinta de fibras ópticas fijada de manera intermitente descrita anteriormente, se puede usar una cinta de fibras ópticas fijada continuamente en la que una pluralidad de fibras ópticas 51 están adheridas sobre toda la región en la dirección longitudinal. En este caso, para permitir que la cinta de fibras ópticas 50 se pliegue como se describe a continuación, la porción de conexión puede tener suficiente flexibilidad, o la porción de conexión puede formarse en un estado donde la cinta de fibras ópticas 50 está plegada.

[35] El primer relleno 60 es un relleno fibroso que se extiende en la dirección longitudinal del cable de fibra óptica 1. El primer relleno 60 se extiende a lo largo la cinta de fibras ópticas 50. El primer relleno 60 está constituido, por ejemplo, por un hilo hecho de un material de resina, tal como nailon, poliéster (PE) y polipropileno (PP), un hilo hecho de fibra de aramida (una resina aromática a base de poliamida) o fibra de vidrio, un hilo de algodón, o similar. El primer relleno 60 tiene capacidad de absorción de agua para mejorar el rendimiento a prueba de agua adentro el cable de fibra óptica 1. El primer relleno 60 no necesita tener capacidad de absorción de agua.

[36] Como se ilustra en la Figura 2, la unidad de fibra óptica 30 se forma doblando una sola cinta de fibras ópticas 50 de tal manera que la cinta de fibras ópticas 50 rodea toda la circunferencia del primer relleno 60 en una sección transversal perpendicular a la dirección longitudinal del cable de fibra óptica 1 (en lo sucesivo también denominado simplemente una "sección transversal perpendicular"). En la presente modalidad, dado que la cinta de fibras ópticas 50 rodea el primer relleno 60, el movimiento del primer relleno 60 en el cable de fibra óptica 1 puede ser suprimido.

[37] Aunque cada una de las cinco unidades de fibra óptica 30 ilustradas en la Figura 1 incluye un primer relleno 60, la unidad de fibra óptica 30 puede incluir una pluralidad del primer relleno 60. También en este caso, la pluralidad de primeros rellenos 60 están rodeados por una única cinta de fibras ópticas 50.

[38] La unidad de fibra óptica 30 descrita anteriormente se puede fabricar alimentando la cinta de fibras ópticas 50 y el primer relleno 60 de las máquinas de alimentación respectivas para pasarla a través de una plantilla incluida en un aparato de conformado. Aquí, la plantilla es, por ejemplo, un conformador (matriz) que da forma a la cinta de fibras ópticas 50 de manera que la cinta de fibras ópticas 50 envuelve el primer relleno 60 mientras guía el primer relleno 60 hacia la cinta de fibras ópticas 50.

[39] Por otro lado, como se ilustra en la Figura 4, cada una de las unidades de fibra óptica 40 incluye solo la cinta de fibras ópticas única 50. La Figura 4 ilustra la unidad de fibra óptica 40A ubicada en la parte más a la derecha del conjunto de fibras ópticas 10 en la Figura 1 como ejemplo de la unidad de fibra óptica 40. La unidad de fibra óptica 40 tiene una configuración similar a la de la unidad de fibra óptica 30 descrita anteriormente, excepto que el relleno no está incluido. Es decir, en la unidad de fibra óptica 40, la cinta de fibras ópticas 50 no rodea al primer relleno 60.

[40] Aquí, en una unidad de fibra óptica conocida, múltiples cintas de fibra óptica agrupadas se atan entre sí con un material de unión (miembro de paquete) o un tubo, o se insertan en un surco de ranura o un núcleo ranurado. Es decir, la unidad de fibra óptica conocida es una unidad de tipo restringido en la que múltiples cintas de fibra óptica son restringidas en un estado de unidad única (un estado antes de ser incorporado al cable de fibra óptica 1 o un estado de ser extraído del cable de fibra óptica 1).

[41] Por otro lado, como se describió anteriormente, la unidad de fibra óptica 30 se forma simplemente envolviendo el primer relleno 60 con la única cinta de fibras ópticas 50. La unidad de fibra óptica 40 también incluye solo la cinta de fibras ópticas única 50. En la presente modalidad, la cinta de fibras ópticas 50 no está cubierta con un material de unión o

un tubo ni insertada en un surco de ranura o un núcleo ranurado. Es decir, la unidad de fibra óptica 20 de la modalidad es una unidad de fibra óptica de tipo liberación (tipo no restringido) en la que las cintas de fibra óptica 50 no están restringidas en un estado de unidad única. En consecuencia, el cable de fibra óptica 1 incluye la unidad de fibra óptica de tipo liberación 20 en la que las cintas de fibra óptica 50 no están restringidas.

[42] Por lo tanto, al emplear una unidad de tipo liberación unidad como la unidad de fibra óptica 20, se puede intentar la mejora de la productividad y reducción del número de componentes del cable de fibra óptica 1. Por ejemplo, cuando múltiples cintas de fibra óptica se unen con un material de unión, es necesario un proceso de enrollado del material de unión. Por el contrario, el empleo de la unidad de tipo liberación como la unidad de fibra óptica 20 elimina la necesidad del material de unión en sí y además elimina la necesidad del proceso de enrollamiento, lo que permite un aumento en la velocidad de la línea en la fabricación del cable de fibra óptica 1.

[43] La unidad de fibra óptica 20 anteriormente descrita tiene una forma exterior que corresponde a la forma exterior de otras unidades de fibra óptica 20, el segundo relleno 70 y el tubo envolvente 80 adyacente a la unidad de fibra óptica 20 como se ilustra en la Figura 1. En particular, dado que la

unidad de fibra óptica 20 de la modalidad es una unidad de fibra óptica de tipo liberación como se describió anteriormente, la forma exterior de la unidad de fibra óptica 20 depende significativamente de la forma exterior de la otra unidad de fibra óptica 20, el segundo relleno 70 y el tubo envolvente 80 adyacente a la unidad de fibra óptica 20, y tiene una forma distorsionada. Por lo tanto, las 12 unidades de fibra óptica 20 ilustradas en la Figura 1 no tienen una forma exterior específica e individualmente tienen significativamente diferentes formas exteriores.

[44] El segundo relleno 70 es relleno fibroso que se extiende en la dirección longitudinal del cable de fibra óptica 1 similar al primer relleno 60 anteriormente descrito. El segundo relleno 70 no está presente en las unidades de fibra óptica 20, sino que se interpone entre las unidades de fibra óptica 20. Específicamente, como se ilustra en la Figura 1, el segundo relleno 70 está dispuesto cerca del centro del conjunto de fibras ópticas 10 o intercalado entre tres unidades de fibra óptica 20. El segundo relleno 70 puede quedar intercalado entre dos o cuatro o más unidades de fibra óptica 20, o puede estar intercalada entre la unidad de fibra óptica 20 y el tubo envolvente 80. Por lo tanto, dado que el conjunto de fibras ópticas 10 incluye el segundo relleno 70 no rodeado por la cinta de fibras ópticas 50, el movimiento de la unidad de fibra óptica 20 dentro del cable de fibra óptica 1 puede ser

suprimido.

[45] El conjunto de fibras ópticas 10 se forma girando la unidad de fibra óptica 20 y el segundo relleno 70 descritos anteriormente en conjunto. Como ejemplos específicos del método de torsión del conjunto de fibras ópticas 10, se pueden ejemplificar el método de torsión SZ y el método de torsión unidireccional. El método de torsión SZ es un método de torsión de una pluralidad de cuerpos lineales juntos invirtiendo la dirección de torsión a intervalos predeterminados. Por otro lado, la torsión unidireccional es un método de torsión de una pluralidad de cuerpos lineales que tienen una sola dirección de torsión, es decir, un método de torsión en el que múltiples cuerpos lineales se entrelazan juntos en espiral.

[46] En este sentido, dado que la unidad de fibra óptica 20 es una unidad de fibra óptica de tipo liberación como se describió anteriormente, la forma exterior de la unidad de fibra óptica 20 depende significativamente de la forma exterior de las otras unidades de fibra óptica 20, el segundo relleno 70 y el tubo envolvente 80 adyacente a la unidad de fibra óptica 20.

[47] Por ejemplo, como se ilustra en la Figura 5, las unidades de fibra óptica 20A a 20C están dispuestas alrededor de un virtual punto VP en la sección transversal perpendicular. Luego, la unidad de fibra óptica 20A tiene un límite 201A que se dobla en un ángulo de flexión θ_1 alrededor del punto virtual

VP. La unidad de fibra óptica 20B tiene un límite 201B que se dobla en un ángulo de flexión θ_2 alrededor del punto virtual VP. La unidad de fibra óptica 20C tiene un límite 201C que se dobla en un ángulo de flexión θ_3 alrededor del punto virtual VP. En la presente modalidad, el ángulo de flexión θ_1 es un ángulo agudo ($\theta_1 < 90^\circ$). Aunque no está particularmente limitado, el ángulo de flexión θ_1 es preferiblemente 45° o menos ($\theta_1 \leq 45^\circ$). Por otro lado, los ángulos de flexión θ_2 y θ_3 son ángulos obtusos ($\theta_2 > 90^\circ$, $\theta_3 > 90^\circ$).

[48] El límite de la unidad de fibra óptica 20 es una línea virtual que separa la unidad de fibra óptica 20 de otra unidad de fibra óptica 20 adyacente a la unidad de fibra óptica 20 (o del segundo relleno 70 adyacente a la unidad de fibra óptica 20). Específicamente, el límite es una línea virtual que conecta los centros de las fibras ópticas 51 orientada hacia la otra unidad de fibra óptica 20 adyacente a la unidad de fibra óptica 20 entre las fibras ópticas 51 incluidas en la unidad de fibra óptica 20 (u orientada hacia el segundo relleno 70 adyacente a la unidad de fibra óptica 20).

[49] Aquí, cuando los ángulos de flexión de las tres o más unidades de fibra óptica dispuestas alrededor del punto virtual VP en la sección transversal perpendicular son todos ellos ángulos obtusos, se forman fácilmente espacios anchos entre las unidades de fibra óptica. En este caso, el rendimiento impermeable puede verse afectado y es más probable

que se produzca un desenrollamiento en el conjunto de fibras ópticas 10. Por otro lado, cuando los ángulos de flexión de las tres o más unidades de fibra óptica son todos ellos ángulos agudos, es necesario disponer una gran cantidad de unidades de fibra óptica alrededor del punto virtual VP, y la forma de cada unidad de fibra óptica se vuelve alargada e inestable. Esto puede afectar las características de transmisión del cable de fibra óptica 1.

[50] Por otro lado, en la presente modalidad, las tres o más unidades de fibra óptica 20 dispuestas alrededor del punto virtual VP en la sección transversal perpendicular incluyen ambas la unidad de fibra óptica 20A que tiene el ángulo de flexión agudo y las unidades de fibra óptica 20B, 20C que tienen los ángulos de flexión obtusos. Esto permite reducir los espacios entre las unidades de fibra óptica de tamaño 20A a 20C, e intentar estabilizar las formas de las unidades de fibra óptica 20A a 20C. Especialmente cuando el ángulo de flexión θ_1 , que es un ángulo agudo, de la unidad de fibra óptica 20A es de 45° o menos, el efecto anteriormente descrito puede mejorarse. Cabe señalar que el punto virtual VP es un punto arbitrario alrededor del cual las tres o más unidades de fibra óptica están dispuestas en un espacio de alojamiento 5. La unidad de fibra óptica 20A corresponde a un ejemplo de una "primera unidad de fibra óptica" en un aspecto de la presente invención, y la unidad de fibra óptica 20B o 20C corresponde a

un ejemplo de una "segunda unidad de fibra óptica" en el aspecto de la presente invención.

[51] Como se ilustra en la Figura 5, la parte que se dobla en el ángulo agudo θ_1 en el límite 201A de la unidad de fibra óptica 20A está compuesta por una parte de flexión de una trayectoria 501 de la cinta de fibras ópticas 50 incluida en la unidad de fibra óptica 20A. En consecuencia, dado que la fibra óptica 51 ubicada en el ápice está sostenida por las fibras ópticas 51 adyacentes en ambos lados a través de las porciones de conexión 52, la distorsión de la fibra óptica 51 puede suprimirse.

[52] La trayectoria 501 de la cinta de fibras ópticas 50 es una línea virtual que conecta la pluralidad de fibras ópticas 51 que constituyen la cinta de fibras ópticas 50 de un extremo (por ejemplo, un primer extremo 502) en Figura 2 y Figura 4) al otro extremo (por ejemplo, un segundo extremo 503 en la Figura 2 y la Figura 4) de la cinta de fibras ópticas 50 de acuerdo con la disposición de la pluralidad de fibras ópticas 51. La trayectoria 501 pasa por cada uno de los centros de la pluralidad de fibras ópticas 51 que constituye la cinta de fibras ópticas 50. La disposición de la fibra óptica 51 significa un orden de disposición de las fibras ópticas 51 adyacentes a través de las porciones de conexión 52 en la cinta de fibras ópticas 50. Es decir, la trayectoria 501 es una línea virtual formada al conectar, de un extremo al otro extremo,

las líneas virtuales de unidad que conectan los centros de las fibras ópticas 51 adyacente a través de las porciones de conexión 52.

[53] Dado que la unidad de fibra óptica 20 es una unidad de fibra óptica de tipo liberación, por ejemplo, como se ilustra en la Figura 6, un límite 201D de una unidad de fibra óptica 20D incluye una saliente 202 y un límite 201E de una unidad de fibra óptica 20E adyacente a la unidad de fibra óptica 20D incluye un rebaje 203. La saliente 202 de la unidad de fibra óptica 20D se proyecta hacia la unidad de fibra óptica 20E y encaja en el rebaje 203 de la unidad de fibra óptica 20E. Con esta configuración, dado que las formas de las unidades de fibra óptica 20D y 20E se estabilizan, se puede suprimir aún más la distribución desigual de las fibras ópticas 51 en el conjunto de fibras ópticas 10. La unidad de fibra óptica 20D corresponde a un ejemplo de una "tercera unidad de fibra óptica" en el aspecto de la presente invención, y la unidad de fibra óptica 20E corresponde a un ejemplo de una "cuarta unidad de fibra óptica" en el aspecto de la presente invención.

[54] Como se ilustra en la Figura 1, el conjunto de fibras ópticas 10 lo anteriormente descrito está cubierto con el tubo envolvente 80. Específicamente, el espacio de alojamiento 5 que rodea la periferia del conjunto de fibras ópticas 10 está formado por el tubo envolvente 80 y el conjunto de fibras ópticas 10 se aloja en el espacio de alojamiento 5.

[55] Entonces, en la presente modalidad, un primer coeficiente de variación CV_1 satisface la Ecuación (8) mostrada más adelante. Cuando se calcula el primer coeficiente de variación CV_1 , como se ilustra en la Figura 1, el espacio de alojamiento 5 se divide en espacios de unidades 6, cada uno de los cuales es un cuadrado de $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ en la sección transversal perpendicular del cable de fibra óptica 1, y se mide una densidad de fibras ρ de las fibras ópticas 51 en el espacio de unidades 6. De manera más específica, se forma una malla (rejilla) en el espacio de alojamiento 5, el espacio de alojamiento 5 se divide en los espacios de unidades (rejilla de unidades) 6, cada uno de los cuales es un cuadrado de $1\text{ mm} \times 1\text{ mm}$ y se mide la densidad de fibras ρ de las fibras ópticas 51 en cada espacio de unidades 6. En la presente modalidad, dado que el primer coeficiente de variación CV_1 satisface la Ecuación (8) siguiente, es posible intentar uniformizar la densidad de las fibras ópticas 51 en la sección transversal perpendicular del cable de fibra óptica 1, intentando así mejorar las características de transmisión del cable de fibra óptica 1. Aunque no está particularmente limitado, es preferible que el primer coeficiente de variación CV_1 satisface la Ecuación (9) siguiente, y esto permite intentar la siguiente mejora de las características de transmisión del cable de fibra óptica 1. Cabe señalar que es preferible que la Ecuación (8), la Ecuación (9) y la Ecuación (12) a la Ecuación (16) siguientes

se satisfagan a todo lo largo de la dirección longitudinal del cable de fibra óptica 1.

$$[56] \quad CV_1 = \sigma_1/x_1 < 0.20 \dots (8)$$

$$CV_1 < 0.10 \dots (9)$$

[57] En la Ecuación (8) anterior, x_1 es un valor promedio de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades 6 excluyendo los espacios de unidades 6 que incluyen el tubo envolvente 80. Además, σ_1 es una desviación estándar de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades 6 excluyendo los espacios de unidades 6 que incluyen el tubo envolvente 80. En general, cuando el número de espacios de unidades 6 es n , el valor promedio x de la densidad de fibras ρ se expresa mediante la Ecuación (10) siguiente, y la desviación estándar σ de la densidad de fibras ρ se expresa mediante la Ecuación (11) siguiente. En la Ecuación (10) y Ecuación (11) siguientes, la densidad de fibras ρ_i representa la densidad de fibras ρ del i -ésimo espacio de unidades 6 entre los n espacios de unidades 6.

[58]

$$x = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \rho_i \dots (10)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\rho_i - x)^2} \quad \dots (11)$$

[59] Específicamente, la densidad de fibras ρ se calcula de la siguiente manera. Primero, se cuenta el número m de fibras ópticas 51 incluidas en el espacio de unidades 6. En este caso, cuando el 80% o más del área de la fibra óptica 51 está incluida en el espacio de unidades 6, se cuenta como "uno"; cuando más del 20% y menos del 80% de su área está incluida en el espacio de unidades 6, se cuenta como "0.5"; y cuando solo el 20% o menos de su área está incluida en el espacio de unidades 6, se cuenta como "cero".

[60] A continuación, se realiza un cálculo dividiendo el número m de fibras ópticas 51 incluido en el espacio de unidades 6 por un área ocupada (área de sección transversal) S del espacio de alojamiento 5 en el espacio de unidades 6 ($\rho = m/S$). El área ocupada S del espacio de alojamiento 5 es un área de un espacio en el que las fibras ópticas 51 pueden estar presentes dentro del espacio de unidades 6.

[61] Por ejemplo, en la presente modalidad, como en los ejemplos ilustrados en la Figura 7 y la Figura 8, el espacio de unidades 6 incluye tres tipos de espacios de unidades 6A a 6C. Específicamente, un primer espacio de unidades 6A es un espacio de unidades 6 que no incluye los rellenos 60 y 70 y el

tubo envolvente 80. Por otro lado, un segundo espacio de unidades 6B es un espacio de unidades 6 que incluye el tubo envolvente 80. Un tercer espacio de unidades 6C es un espacio de unidades 6 que incluye el relleno 60 o 70. Cada espacio de unidades 6 incluye una parte del espacio de alojamiento 5.

[62] Entonces, cuando al calcular la densidad de fibras ρ en el primer espacio de unidades 6A, el área total (1 mm^2) del espacio de unidades 6A se usa como el área ocupada S. Por otro lado, al calcular la densidad de fibras ρ en el segundo espacio de unidades 6B, un valor obtenido al restar un área de una parte fuera del espacio de alojamiento 5 (parte en el exterior de una superficie interior 80a del tubo envolvente 80) del área total (1 mm^2) del espacio de unidades 6B se usa como área ocupada S. Al calcular la densidad de fibras ρ en el tercer espacio de unidades 6C, un valor obtenido al restar un área del relleno 60 o 70 del área total (1 mm^2) del espacio de unidades 6C se usa como área ocupada S.

[63] Aquí, aunque no particularmente limitado, es preferible que la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades 6 a excepción del segundo espacio de unidades 6B que incluye el tubo envolvente 80 (es decir, todos los primeros espacios de unidades 6A y todos los terceros espacios de unidades 6C) satisfice la Ecuación (12) siguiente. Cuando la densidad de fibras ρ es 11 fibras/mm^2 o más, la fuerza de extracción de la cinta de fibras ópticas 50 se puede ajustar

adecuadamente y el movimiento de la cinta de fibras ópticas 50 se puede suprimir. La fuerza de extracción es la fuerza necesaria para iniciar un movimiento relativo de la cinta de fibras ópticas con respecto al cable de fibra óptica cuando se tira de la cinta de fibras ópticas. Por otro lado, cuando la densidad de la fibra ρ es 17 fibras/mm² o menos, las características de transmisión satisfactorias del cable de fibra óptica 1 se pueden garantizar d.

[64] $11 \text{ fibras/mm}^2 \leq \rho \leq 17 \text{ fibras/mm}^2 \dots (12)$

[65] Después de calcular la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades 6 en el espacio de alojamiento 5, el valor promedio x_1 y la desviación estándar σ_1 descritos anteriormente se calculan. Específicamente, el valor promedio x_1 es un valor promedio para todos los espacios de unidades 6 a excepción del segundo espacio de unidades 6B (es decir, todos los primeros espacios de unidades 6A y todos los terceros espacios de unidades 6C). La desviación estándar σ_1 anteriormente descrita es una desviación estándar para todos los espacios de unidades 6 a excepción del segundo espacio de unidades 6B (es decir, todos los primeros espacios de unidades 6A y todos los terceros espacios de unidades s 6C) también. Luego, el primer coeficiente de variación CV_1 se calcula a partir del valor promedio x_1 y la desviación estándar σ_1 .

[66] Cuando otro miembro distinto a la fibra óptica 51 está presente en el espacio de alojamiento 5, la densidad de

fibras ρ se calcula usando un valor obtenido al restar un área del otro miembro del área total (1 mm^2) del espacio de unidades 6 como el área ocupada S. Ejemplos específicos del otro miembro presente en el espacio de alojamiento 5 pueden incluir, además del primer y segundo rellenos 60 y 70 descritos anteriormente, un miembro de resistencia a la tracción y un cordón de desgarramiento presentes en el espacio de alojamiento 5. El otro miembro presente en el espacio de alojamiento 5 corresponde a un ejemplo del "relleno" en el aspecto de la presente invención. Es decir, el "relleno" en el aspecto de la presente invención abarca el primer y segundo rellenos 60 y 70, el miembro de resistencia a la tracción y el cordón de desgarramiento.

[67] Aunque no está particularmente limitado, un segundo coeficiente de variación CV_2 preferiblemente satisface la Ecuación (13) siguiente, y muy preferiblemente satisface la Ecuación (14) siguiente. En un cable de fibra óptica que incluye una unidad de fibra óptica del tipo restringido anteriormente descrito, se forman fácilmente huecos alrededor del relleno, pero cuando el segundo coeficiente de variación CV_2 satisface la Ecuación (13) siguiente, es posible intentar lograr uniformidad en la densidad de fibras ρ incluso alrededor de los rellenos 60 y 70. Con el segundo coeficiente de variación CV_2 que satisface la Ecuación (14) siguiente, es posible intentar lograr una mayor uniformidad en la densidad de fibras ρ incluso alrededor de los rellenos 60 y 70.

[68] $CV_2 = \sigma_2/x_2 \leq 0.15 \dots (13)$

$CV_2 \leq 0.10 \dots (14)$

[69] En la Ecuación (13) anterior, x_2 es un valor promedio de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de las terceras unidades 6C que incluyen los rellenos 60 y 70. Además, σ_2 es una desviación estándar de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de las terceras unidades 6C que incluyen los rellenos 60 y 70.

[70] Aunque no está particularmente limitado, un tercer coeficiente de variación CV_3 preferiblemente satisface la Ecuación (15) siguiente. En un cable de fibra óptica que incluye una unidad de fibra óptica del tipo restringido anteriormente descrito, se forman fácilmente huecos en la proximidad del tubo envolvente, pero cuando el tercer coeficiente de variación CV_3 satisface la Ecuación (15) siguiente, es posible intentar lograr uniformidad en la densidad de fibras ρ incluso en las proximidades del tubo envolvente 80.

[71] $CV_3 = \sigma_3/x_3 \leq 0.30 \dots (15)$

[72] En la Ecuación (15) anterior, x_3 es un valor promedio de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de las segundas unidades 6B que incluyen el tubo envolvente 80. Además, σ_3 es una desviación estándar de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de la segunda unidad s 6B que incluyen el tubo envolvente 80.

[73] Aunque no está particularmente limitado, un cuarto coeficiente de variación CV_4 preferiblemente satisface la Ecuación (16) siguiente. Con el cuarto coeficiente de variación CV_4 que satisface la Ecuación (16) siguiente, es posible intentar lograr uniformidad en la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades 6 incluyendo las áreas periféricas de los rellenos 60 y 70 y la proximidad del tubo envolvente 80.

[74] $CV_4 = \sigma_4/x_4 \leq 0.20 \dots (16)$

[75] En la Ecuación (16) anterior, x_4 es un valor promedio de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades 6 (es decir, todos los primeros espacios de unidades 6A, todos los segundos espacios de unidades 6B y todos los terceros espacios de unidades 6C). Además, σ_4 es una desviación estándar de la densidad de fibras ρ para todos los espacios de unidades 6 (es decir, todos los primeros espacios de unidades 6A, todos los segundos espacios de unidades 6B y todos los terceros espacios de unidades 6C).

[76] Cuando el cable de fibra óptica 1 no incluye el tubo envolvente 80, un espacio interior 91 de la vaina 90 sirve como espacio de alojamiento 5 que aloja el conjunto de fibras ópticas 10. Cuando el cable de fibra óptica 1 incluye, en lugar del tubo envolvente 80, una lámina de refuerzo interpuesta entre el conjunto de fibras ópticas 10 y la vaina 90, un espacio rodeado por la lámina de refuerzo sirve como espacio de

alojamiento 5. Cuando el cable de fibra óptica 1 incluye, en lugar del tubo envolvente 80, una vaina interior interpuesta entre el conjunto de fibras ópticas 10 y la vaina 90, un espacio rodeado por la vaina interior sirve como espacio de alojamiento 5.

[77] En la presente modalidad, el tubo envolvente 80 se forma mediante la disposición longitudinal y el enrollamiento de una cinta de envoltura 81 en la periferia exterior del conjunto de fibras ópticas 10. Específicamente, la cinta de envoltura 81 se enrolla en la periferia exterior del conjunto de fibras ópticas 10 de manera que la dirección longitudinal de la cinta de envoltura 81 coincide sustancialmente con la dirección longitudinal del cable de fibra óptica 1 y la dirección del ancho de la cinta de envoltura 81 coincide sustancialmente con la dirección circunferencial del cable de fibra óptica 1. El método de enrollamiento de la cinta de envoltura 81 no se limita al enrollamiento longitudinal, sino que puede ser, por ejemplo, enrollamiento horizontal (enrollamiento en espiral).

[78] La cinta de envoltura 81 está hecha de un tejido no tejido o una película. Aunque no está particularmente limitado, ejemplos específicos de tela no tejida que constituyen la cinta de envoltura 81 pueden incluir telas no tejidas hechas de fibras de poliéster, polietileno, polipropileno y similares. Por otro lado, aunque no están particularmente limitados,

ejemplos específicos de la película que constituyen la cinta de envoltura 81 puede incluir películas hechas de resina, tales como polietileno (PE), polipropileno (PP), tereftalato de polietileno (PET), tereftalato de polibutileno (PBT) o nailon.

[79] Cuando la cinta de envoltura 81 está hecha de una tela no tejida, la cinta de envoltura 81 puede funcionar como una capa absorbente de agua para impedir la entrada de agua en el cable de fibra óptica 1, añadiendo un polvo absorbente a la tela no tejida. Al sumergirse en agua, el polvo absorbente se hincha y sella un espacio en el cable de fibra óptica 1, impidiendo así que entre agua al cable de fibra óptica 1.

[80] Aunque no estás particularmente limitados, algunos ejemplos específicos de polvo absorbente de agua pueden incluir materiales con alta capacidad de absorción, tales como un material a base de almidón, un material a base de celulosa, un material a base de ácido poliacrílico, un material a base de alcohol polivinílico y un material a base de polioximetileno, o mezclas de los mismos. Como método para añadir el polvo absorbente de agua a la tela no tejida, este puede adherirse (aplicarse) a la superficie del tejido o interponerse entre dos láminas del mismo.

[81] La vaina (cubierta) 90 es un miembro cilíndrico que cubre la periferia exterior del tubo envolvente 80 y el conjunto de fibras ópticas 10 envuelto con el tubo envolvente 80 se aloja en el espacio interior 91 de la vaina 90. La vaina

90 está hecha de un material de resina, tal como cloruro de polivinilo (PVC), polietileno (PE), nailon, fluoroetileno o polipropileno (PP). Un par de Los miembros de resistencia a la tracción 100 están incrustados en la vaina 90.

[82] El par de miembros de resistencia a la tracción (miembros de tensión) 100 son miembros lineales que soportan la tensión aplicada en la dirección longitudinal del cable de fibra óptica 1 para reducir la carga sobre la fibra óptica 1. Los miembros de resistencia a la tracción 100 están incrustados en la vaina 90 de tal manera que los miembros de resistencia a la tracción 100 se extienden sustancialmente paralelos entre sí y el espacio interior 91 de la vaina 90 se encuentra entre los miembros de resistencia a la tracción 100. El número y la disposición de los miembros de resistencia a la tracción 100 incluidos en el cable de fibra óptica 1 no se limitan particularmente a los descritos anteriormente.

[83] Ejemplos del material que constituye el miembro de resistencia a la tracción 100 puede incluir un material no metálico y un material metálico. Aunque no están particularmente limitados, algunos ejemplos específicos del material no metálico pueden incluir plástico reforzado con fibra (FRP), tales como el plástico reforzado con fibra de vidrio (GFRP), el plástico reforzado con fibra de aramida (KFRP) reforzado con aramida (resina a base de aramida aromática), y plástico reforzado con fibra de polietileno

reforzado con fibra de polietileno. Aunque no están particularmente limitados, ejemplos específicos del material metálico pueden incluir un alambre de metal, tal como por ejemplo un alambre de acero.

[84] Como se describió anteriormente, en la presente modalidad, el primer coeficiente de variación CV_1 satisface la Ecuación (8) anterior, intentando así lograr uniformidad en la densidad de las fibras ópticas 51 en la sección transversal perpendicular del cable de fibra óptica 1. En consecuencia, se puede proveer el cable de fibra óptica 1 que tiene las características de transmisión satisfactorias.

[85] Las modalidades descritas anteriormente se describen para facilitar la comprensión de la presente invención y no se describen para limitar la presente invención. En consecuencia, se pretende que cada componente descrito en las modalidades descritas anteriormente incluya todos los cambios de diseño y equivalentes que se encuentren dentro del alcance técnico de la presente invención.

[86] Por ejemplo, en lugar de la cinta de fibras ópticas 50 descrita anteriormente, una cinta de fibras ópticas 50B ilustrada en la Figura 9 puede usarse para constituir la unidad de fibra óptica 20. La Figura 9 es una vista en perspectiva que ilustra la cinta de fibras ópticas 50B como una modificación de la cinta de fibras ópticas 50 descrita anteriormente.

[87] La cinta de fibras ópticas 50B incluye una pluralidad de cintas secundarias 55. Cada una de las cintas secundarias 55 tiene una configuración similar a la de la cinta de fibras ópticas 50 descrita anteriormente excepto que el número de fibras ópticas 51 es diferente. Es decir, cada una de las cintas secundarias 55 es una cinta de fibras ópticas fija de manera intermitente en la que la pluralidad de fibras ópticas 51 están dispuestas en paralelo y conectadas intermitentemente por la primera porción de conexión 52.

[88] Entonces, las cintas secundarias adyacentes 55 también están conectadas intermitentemente por segundas porciones de conexión 56 en intervalos predeterminados en la dirección longitudinal de la cinta de fibras ópticas 50. La segunda porción de conexión 56 está formada, por ejemplo, de una resina curable por luz ultravioleta o una resina termoplástica. Una región de la cinta de fibras ópticas 50B distinta de las segundas porciones de conexión 56 es una región no conectada en la que las cintas secundarias 55 no están restringidas entre sí.

[89] Con la cinta de fibras ópticas 50B incluyendo la pluralidad de cintas secundarias 55, un identificador, tal como una marca de anillo se puede hacer diferente para cada subcinta 55 y la fibra óptica 51 se puede identificar fácilmente en la cinta de fibras ópticas 50B. Aunque se puede incluir una cinta de fibras ópticas convencional, la cinta de fibras ópticas

puede incluir, por ejemplo, cuatro, ocho, doce o dieciséis fibras ópticas, la cinta de fibras ópticas 50B que incluye la pluralidad de cintas secundarias 55 permite manipular la cinta de fibras ópticas 50B con la misma facilidad que la cinta de fibras ópticas convencional.

[90] El número de cintas secundarias 55 incluidas en la cinta de fibras ópticas 50B no se limita particularmente al anterior en la medida en que sea más de uno. El número de fibras ópticas 51 incluido en cada una de las cintas secundarias 55 no está particularmente limitado en la medida en que sean dos o más. Aunque no está particularmente limitado, el número total N de fibras ópticas 51 incluido en la cinta de fibras ópticas 50B es preferiblemente 48 o más y 144 o menos ($48 \leq N \leq 144$), y es muy preferiblemente 60 o más y 108 o menos ($60 \leq N \leq 108$). Como la subcinta 55, se puede usar una cinta de fibras ópticas fijada continuamente.

[91] Un cable de un tipo en el que todas las fibras ópticas están alojadas en un único espacio de alojamiento (tipo tubo central o tipo sin ranuras) se describe como ejemplo del cable de fibra óptica en la modalidad anteriormente descrita, el cable de fibra óptica puede ser de otro tipo. Por ejemplo, el tipo de cable de fibra óptica puede ser de tipo ranura, y en este caso, cada espacio rodeado por una ranura de una varilla ranurada y una capa protectora puede considerarse como un espacio de alojamiento. Alternativamente, el tipo de cable de

fibra óptica puede ser de tipo tubo suelto, y en este caso, el espacio interior de cada tubo puede considerarse como un espacio de alojamiento. Sin embargo, como en las modalidades anteriormente descritas, el cable de fibra óptica del tipo en el que todas las fibras ópticas están alojadas en un único espacio de alojamiento (tipo de tubo central o tipo sin ranuras) puede proporcionar el efecto superior a la del cable de fibra óptica de tipo ranura o de tipo de tubo holgado.

Ejemplos

[92] Lo siguiente describe el Ejemplo y el Ejemplo comparativo en la presente modalidad. En el Ejemplo y Ejemplo comparativo siguientes, se prepararon cables de fibra óptica y se evaluaron las características de transmisión de los cables de fibra óptica. La presente invención no se limita a los ejemplos mostrados.

[93] Ejemplo 1

En el Ejemplo 1, se preparó un cable de fibra óptica que incluye 12 unidades de fibra óptica como se ilustra en la Figura 1. Como las cintas de fibra óptica que constituyen cada unidad de fibra óptica, se usaron 72 cintas de fibra óptica. Por lo tanto, el cable de fibra óptica del Ejemplo 1 incluyó 864 fibras ópticas.

[94] Para el cable de fibra óptica del Ejemplo 1, la

densidad de fibras ρ se midió para todos los espacios de unidades en una sección transversal perpendicular usando un microscopio digital (VHX-60000, fabricado por Keyence Corporation). En este momento, se cortó una sección transversal perpendicular a la dirección longitudinal del cable de fibra óptica y se rellenó el interior del cable de fibra óptica con resina epoxi en un estado en el que no se aplicó ninguna fuerza en la dirección radial del cable de fibra óptica a la sección transversal, evitando así la deformación del cable de fibra óptica. Luego, los valores promedio x_1 a x_4 , las desviaciones estándar σ_1 a σ_4 y los coeficientes de variación CV_1 a CV_4 descritos anteriormente se calcularon usando la densidad de fibras ρ , y la Tabla 1 siguiente ilustra los resultados. El área del espacio de alojamiento del cable de fibra óptica del Ejemplo 1 fue de 68.3 mm^2 .

[95] Tabla 1

		Ejemplo 1	Ejemplo comparativo 1
Área del espacio de alojamiento (mm^2)		68.3	68.8
Todos los espacios de unidades con exclusión del segundo espacio de unidades	Valor promedio de densidad x_1	13.96	13.04
	Desviación estándar σ_1	1.25	2.85
	Primer coeficiente de variación CV_1	0.09	0.22
Tercer espacio de unidades únicamente	Valor promedio de densidad x_2	13.95	12.70
	Desviación estándar σ_2	1.39	3.27
	Segundo coeficiente de variación CV_2	0.10	0.26

Segundo espacio de unidades únicamente	Valor promedio de densidad x_3	12.08	11.23
	Desviación estándar σ_3	3.51	3.46
	Tercer coeficiente de variación CV_3	0.29	0.31
Todos los espacios de unidades	Valor promedio de densidad x_4	13.31	12.36
	Desviación estándar σ_4	2.45	3.20
	Cuarto coeficiente de variación CV_4	0.18	0.26
Características de la transmisión		A	B

[96] Ejemplo comparativo 1

En el Ejemplo comparativo 1, se preparó un cable de fibra óptica que tiene una configuración similar al del Ejemplo 1, excepto que se usó una unidad de tipo restringido como la unidad de fibra óptica. Como la unidad de fibra óptica se usó una unidad de fibra óptica en la que seis cintas de fibra óptica, cada una de las cuales incluía 12 fibras ópticas, se agruparon con un material de unión. Para el cable de fibra óptica del Ejemplo comparativo 1, se calcularon los valores promedio x_1 a x_4 , las desviaciones estándar σ_1 a σ_4 y los coeficientes de variación CV_1 a CV_4 descritos anteriormente, y Tabla 1 anterior ilustra los resultados. El área del espacio de alojamiento del cable de fibra óptica del Ejemplo comparativo 1 fue de 68.8 mm², y aproximadamente igual que el del Ejemplo 1.

[97] Evaluación de las características de transmisión

Se evaluaron las características de transmisión para el Ejemplo 1 y el Ejemplo comparativo 1 descritos anteriormente. En la evaluación de las características de transmisión, los cables de fibra óptica del Ejemplo 1 y el Ejemplo comparativo 1 se sometieron a dos ciclos de cambios de temperatura en el intervalo de -40°C a $+70^{\circ}\text{C}$ de acuerdo con lo dispuesto en "Ciclo de Temperatura" en "Telcordia Technologies Generic Requirements GR-20-CORE, edición 4, julio de 2013", para medir la variación máxima de pérdida a una longitud de onda de medición de $1.55\text{ }\mu\text{m}$. En la evaluación de las características de transmisión, cuando la variación máxima de pérdida fue de 0.15 dB/km o menos, el resultado se evaluó como "A" por ser favorable, y cuando la variación máxima de pérdida superó los 0.15 dB/km , el resultado se evaluó como "B" por ser insuficiente. La Tabla 1 anterior ilustra los resultados.

[98] En el Ejemplo 1, el primer coeficiente de variación CV_1 fue menor que 0.10 y la variación máxima de pérdida en la evaluación de la característica de transmisión fue de 0.15 dB/km o menos. Además, en el Ejemplo 1, el segundo coeficiente de variación CV_2 fue 0.10 o menos, el tercer coeficiente de variación CV_3 fue 0.30 o menos, y el cuarto coeficiente de variación CV_4 fue de 0.20 o menos. Por otro lado, en el Ejemplo comparativo 1, el primer coeficiente de variación CV_1 fue 0.20 o más, y la variación máxima de pérdida en evaluación de las

características de transmisión excedió 0.15 dB/km. Además, en el Ejemplo comparativo 1, el segundo coeficiente de variación CV_2 fue mayor que 0.15, el tercer coeficiente de variación CV_3 fue mayor que 0.30 y el cuarto coeficiente de variación CV_4 fue mayor que 0.20.

Descripción de los números de referencia

[99]	1	Cable de fibra óptica	
	5	Espacio de alojamiento	
	6, 6A a 6C	Espacio de unidades	
	10	Conjunto de fibra óptica	
	11	Capa de la unidad interna	
	12	Capa de la unidad externa	
	20, 20A a 20E, 30, 30A, 40, 40A	Unidad de fibra	
		óptica	
	201A a 201E	Límite	
	202	Saliente	
	203	Rebaje	
	θ_1 a θ_3	Ángulo de flexión	
	50, 50B	Cinta de fibra óptica	
	501	Trayectoria	
	502, 503	Fin	
	51	Fibra óptica	
	52	Primera porción de conexión	
	55	Subcinta	

56	Segunda porción de conexión
60	Primer relleno
70	Segundo relleno
80	Tubo envolvente
80a	Superficie interior
81	Cinta de envoltura
90	Vaina
91	Espacio interior
100	Miembro de resistencia a la tracción