

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 899 371**

51 Int. Cl.:

**G01D 5/353** (2006.01)

**G01L 1/24** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **04.07.2018 PCT/NL2018/050432**

87 Fecha y número de publicación internacional: **10.01.2019 WO19009711**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2018 E 18752877 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.09.2021 EP 3649436**

54 Título: **Dispositivo de detección de fibra óptica para detectar la distribución de la deformación por compresión de un elemento compresible o deformable**

30 Prioridad:

**04.07.2017 NL 2019167**

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

**11.03.2022**

73 Titular/es:

**COMPASS EUROPE GROUP (CEG) B.V. (100.0%)  
Bovenstraat 132  
3077 BH Rotterdam, NL**

72 Inventor/es:

**VAN DER HOEK, MARINUS JACOBUS**

74 Agente/Representante:

**SÁEZ MAESO, Ana**

ES 2 899 371 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**

Dispositivo de detección de fibra óptica para detectar la distribución de la deformación por compresión de un elemento compresible o deformable

5

Campo de la invención

La presente invención se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica para detectar la distribución de la compresión o deformación de un elemento compresible o deformable, un sistema de detección de fibra óptica que comprende dicho dispositivo de detección de fibra óptica, un ensamble de detección de fibra óptica que comprende dicho dispositivo de detección de fibra óptica o dicho sistema de detección de fibra óptica, así como también un método para detectar una distribución de presión, preferentemente para calibrar y detectar una distribución de presión, en un elemento compresible o deformable, mediante el uso de dicho ensamble de detección de fibra óptica.

10

15 Antecedentes de la invención

Dichos dispositivos de detección de fibra óptica se conocen en el estado de la técnica. Por ejemplo, la patente de los Estados Unidos núm. US 7,405,818 B2 describe un sello para evitar fugas de fluido entre un primer miembro y un segundo miembro que tiene un cuerpo de sello y un indicador de desgaste del sello. El segundo miembro se puede desplazar hacia y alejarse del primer miembro. El cuerpo del sello está adaptado para entrar en contacto con el primer y segundo miembros para evitar fugas de fluido siempre que el sello no se haya desgastado más allá de una profundidad especificada. Un indicador de desgaste del sello se coloca dentro del cuerpo del sello aproximadamente a la profundidad especificada, de modo que cuando el sello se ha desgastado a la profundidad especificada, se detecta un cambio en el conductor óptico, lo que indica que el sello debe reemplazarse.

20

25

La patente de los Estados Unidos núm. US 5,684,297 A describe un método para detectar y/o medir cambios en una magnitud física por medio de un de detección distribuido, en donde los cambios se detectan y/o miden en una pluralidad de puntos de "medición" a lo largo del de detección. El de detección comprende una fibra óptica que tiene un núcleo óptico para guiar la mayoría de las ondas de luz, en donde el núcleo óptico incluye una pluralidad de rejillas de difracción distribuidas a lo largo de dicha fibra óptica. Las rejillas de difracción están situadas cada una en uno de los puntos de medición y todas tienen sustancialmente la misma longitud de onda de reflexión central en ausencia de deformación.

30

35

La patente internacional núm. WO 2015/167340 A1 describe un ensamble de detección que comprende una fibra óptica que tiene una porción de fibra de detección que comprende al menos una rejilla de fibra de Bragg. Además, el ensamble de detección comprende un cuerpo de detección que tiene extremos de cuerpo acoplados a la fibra en lados axiales opuestos de la porción de fibra de detección. Opcionalmente, la fibra óptica se dispone dentro de un capilar, y los extremos del cuerpo de detección se unen al capilar, en lados axiales opuestos de la porción de fibra de detección. El capilar se puede rellenar con pegamento para unir la fibra óptica al capilar.

40

Además, del uso público previo se conocen las denominadas "juntas inteligentes" que utilizan tecnología óptica que incorpora estructuras de distorsión de la luz, como las rejillas de fibra de Bragg (FBG), para el monitoreo del uso, el estado y la integridad, así como también la determinación del estado de las juntas, lo que permite el mantenimiento predictivo, por ejemplo, en lugares donde las tuberías están conectadas, para evitar fugas, derrames y otras formas de contaminación no controlada.

45

Sin embargo, un problema con los dispositivos de detección de fibra óptica conocidos es que es muy difícil medir con precisión la cantidad de fuerza de compresión que se ejerce sobre la (cable) fibra óptica. Los dispositivos de detección óptica de acuerdo con el estado de la técnica en la práctica solo pueden detectar que se ha producido algún cambio de presión en la fibra óptica debido a un cambio en la longitud de onda reflejada por la estructura de distorsión de la luz o por un cambio en el estado de polarización causado por deformación no radial de la estructura de distorsión de luz, ambos son observados por un sensor de luz como resultado de la compresión o deformación de la estructura de distorsión de luz.

50

55

Un problema adicional con los dispositivos de detección de fibra óptica conocidos es que es casi imposible verificar la dirección de las fuerzas de compresión que se ejercen sobre la fibra óptica. Los dispositivos de detección de fibra óptica conocidos simplemente detectan que se está ejerciendo alguna fuerza radial sobre la fibra óptica, pero no desde qué dirección (angular) se aplica la fuerza. Sin embargo, dicha información es muy crítica para predecir la integridad y el posible fallo del elemento compresible o deformable, en particular cuando el elemento compresible o deformable es una junta.

60

Objetivo de la invención

Por lo tanto, un objetivo de la invención es proporcionar un dispositivo de detección de fibra óptica para detectar la distribución de la cantidad de compresión o deformación de un elemento compresible o deformable, en donde la

65

cantidad de compresión o deformación del elemento compresible o deformable se puede determinar con precisión a partir del cambio en la luz que atraviesa o refleja el miembro de distorsión de la luz en la fibra óptica.

5 Por tanto, otro objetivo de la invención es proporcionar un dispositivo de detección de fibra óptica para detectar una distribución de presión en un elemento compresible o deformable, en donde la dirección de las fuerzas de compresión que se ejercen sobre la fibra óptica se pueda verificar con mayor precisión.

Descripción de la invención

10 Para ello, de acuerdo con la invención, se proporciona un dispositivo de detección de fibra óptica para detectar la distribución de la compresión o deformación de un elemento compresible o deformable de acuerdo con la reivindicación 1.

15 El inventor ha demostrado la percepción de que la compresión o deformación de la (cable) fibra óptica en sí (y, por tanto, el alargamiento/contracción de esta) tiene una influencia importante en los resultados de la medición. Debido a la presencia de uno o más elementos expandibles en uno o ambos extremos del cable de fibra óptica, el alargamiento/contracción de los elementos expandibles y la (cable) fibra óptica pueden correlacionarse con cambios en la longitud de onda de la luz reflejada por el una o más estructuras de distorsión de la luz, medidas por el de detección de luz. La magnitud del cambio en la longitud de onda se puede ajustar por varios medios, por ejemplo, mediante la variación de la longitud del miembro expandible. Por lo tanto, el dispositivo de detección de (cable) fibra óptica se puede "ajustar" con mayor precisión al rango de compresión o deformación requerido que se va a medir y, por lo tanto, se puede configurar para suministrar resultados de medición (mucho más) precisos. El inventor, por ejemplo, prevé sintonizar el dispositivo de detección de fibra óptica ajustando el módulo de elasticidad de Young (de uno o más elementos expandibles) dentro de varios rangos. El uno o más elementos expandibles podrían tener una forma cilíndrica, una forma troncocónica o incluso una forma de globo.

20 Esencialmente, el inventor ha observado con atención que los inconvenientes de la compresión o deformación radial de las estructuras de distorsión de la luz se atribuyen principalmente a la distorsión no homogénea del espectro de reflexión de la estructura de distorsión de la luz (por ejemplo, un FBG) debido a la distorsión no circular de la sección transversal del núcleo de la fibra que sostiene el FBG u otra estructura de distorsión de la luz o distorsión no circular del elipsoide de índice de refracción del núcleo de la fibra, lo que da como resultado un cambio en la longitud de onda de la luz reflejada con el estado de polarización de la luz que incide en el FBG u otra estructura de distorsión de la luz. Ambos efectos antes mencionados dan como resultado un error de medición. En un sentido más general, el experto comprenderá que la distorsión del espectro de luz se debe básicamente a una distribución de deformación axial no homogénea o una deformación no circular de la distribución del índice de refracción sobre la sección transversal de la estructura de distorsión de la luz. La presente invención aísla la estructura de distorsión de la luz de las fuerzas de compresión radiales, eliminando así los inconvenientes anteriores y elimina la deformación no homogénea a lo largo de la dirección longitudinal a lo largo de la cual está encerrada la fibra. Básicamente, el párrafo anterior describe mejor el concepto inventivo subyacente a la invención, es decir, la compresión o deformación radial de los elementos expandibles da como resultado una deformación homogénea de la fibra óptica (en la que, como se describe, una o más estructuras de distorsión de la luz y la fibra óptica, a lo largo de la dirección de la longitud a lo largo de la cual se encierra la fibra, están aisladas de dicha compresión o deformación radial).

45 El inventor observa que la invención descrita en esta solicitud de patente se puede usar ventajosamente para construir, por ejemplo, uno o más de sensores de temperatura basados en la estructura de distorsión de la luz para compensar la compresión o deformación medida por el efecto de la temperatura sobre las propiedades mecánicas del material compresible o deformable, la detección de la etapa de un líquido o gas a través del material compresible o deformable o la detección de la presencia de un líquido o gas en el material compresible o deformable. Otros usos ventajosos son, por ejemplo, la medición de vibraciones en el material/elemento compresible o deformable, o la medición de fugas (que daría lugar a una reducción de la compresión o deformación de los elementos expandibles, por ejemplo, precomprimido o predeformado). La invención también se puede usar ventajosamente con cintas o laminados.

50 Por supuesto, se pueden instalar múltiples dispositivos de detección óptica de acuerdo con la invención en un elemento compresible o deformable. Además, se pueden proporcionar múltiples miembros compresibles o deformables cada uno con uno o más dispositivos de detección óptica, en donde la información de detección se puede obtener de los múltiples miembros compresibles o deformables. Por supuesto, también es posible combinar las configuraciones descritas anteriormente.

60 En el contexto de la presente solicitud de patente, se debe interpretar que las 'fuerzas de compresión (o deformación)' incluyen generalmente las 'fuerzas de compresión' así como también las 'fuerzas de descompresión' (básicamente, las 'fuerzas de compresión' con un signo negativo o fuerzas 'no deformadoras', es decir, fuerzas 'relajantes'). "Elemento tubular" debe entenderse como un elemento alargado que tiene un interior hueco para alojar la fibra óptica.

65 Una modalidad se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde el elemento tubular se hace de metal. El metal es relativamente fuerte y no compresible o no deformable, así como también duradero, pero relativamente fácil de procesar.

Una modalidad se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica mencionado como el anteriormente, en donde los elementos expandibles se hacen de un material de silicona. Tal material de silicona es relativamente flexible/compresible/deformable, repelente al agua, resistente a temperaturas extremas, muestra propiedades de compresión o deformación relativamente consistentes y tiene baja reactividad química. Alternativamente, también se podría usar un caucho o un material similar al caucho (en donde el uno o más elementos expandibles se vulcanizan, por ejemplo, a la fibra óptica, o en donde el uno o más elementos expandibles se vulcanizan para obtener elementos de transferencia de fuerza adicionales, es decir, elementos que transfieren fuerzas a la fibra óptica debido a la compresión o descompresión de uno o más elementos expandibles). Preferentemente, la elección del material de uno o más elementos expandibles conduce a una relación de Poisson de aproximadamente 0,3 - 0,5, tal como aproximadamente 0,4 - 0,5. El material podría comprender, por ejemplo, poliestireno, que tiene una relación de Poisson de 0,34.

Una modalidad se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica mencionado como el anteriormente, en donde una o más secciones de fibra óptica que sobresalen de uno o ambos extremos del elemento tubular están incrustadas en el uno o más elementos expandibles.

Una modalidad se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde, en un estado no comprimido o no deformado, el uno o más elementos expandibles tienen un diámetro, es decir, en un plano perpendicular a la dirección longitudinal, mayor que el diámetro del elemento tubular. Este diámetro se puede ajustar/configurar, por supuesto, a las presiones o fuerzas que se espera medir.

Una modalidad se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde la estructura de distorsión de la luz se dispone en el interior del elemento tubular. Por tanto, la estructura de distorsión de la luz está efectivamente aislada de las fuerzas de compresión por el elemento tubular y, en términos generales, por las fuerzas de deformación no homogéneas.

Una modalidad se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde los elementos expandibles tienen forma tubular.

Una modalidad se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde uno o más elementos de transferencia de fuerza están fijados a la fibra óptica, dispuestos adyacentes y en contacto con uno o más extremos exteriores (longitudinales) de uno o más elementos expandibles para ayudar con transferir la expansión o contracción de los elementos expandibles en la dirección longitudinal a la fibra óptica cuando los elementos expandibles se someten a la carga transversal (F). El uno o más elementos de transferencia de fuerza podrían adoptar la forma de tapas de extremo, botones de extremo, anillos de extremo o similares. El uno o más elementos de transferencia de fuerza también podrían fijarse realmente a los extremos exteriores de los elementos expandibles. Incluso es posible que los elementos de transferencia de fuerza ejerzan una porción importante de la fuerza de expansión o contracción sobre la fibra óptica en oposición a dicha fuerza de expansión o contracción ejercida directamente sobre la fibra óptica por los elementos expandibles.

Una modalidad se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde uno o más elementos de transferencia de fuerza son sustancialmente no compresibles o no deformables para evitar mediciones inexactas relacionadas con la expansión o contracción de los elementos expandibles (es decir, posible expansión o contracción adicional no deseada ocasionada por los propios elementos de transferencia de fuerza).

Una modalidad se refiere a un dispositivo de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde uno o más elementos de transferencia de fuerza se hacen de metal.

Otro aspecto de la invención se refiere a un sistema de detección de fibra óptica que comprende:

- un dispositivo de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente,
- una fuente de luz conectada a un extremo de la fibra óptica,
- un sensor de luz conectado a un extremo de la fibra óptica, para medir la longitud de onda o la potencia reflejada o transmitida por una o más estructuras de distorsión de la luz.

Otro aspecto de la invención se refiere a un ensamble de detección de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 8. La presión real podría entonces ejercerse sobre el dispositivo de detección de fibra óptica mediante la compresión o deformación del propio elemento compresible o deformable o, cuando esté dispuesto en un miembro estructural, mediante cualquier medio para ejercer presión externo al miembro estructural. El elemento compresible o deformable en un sentido amplio podría ser también, por ejemplo, un neumático, el fuselaje de una aeronave o cualquier otro elemento compresible o deformable en donde deba medirse un grado de compresión o deformación. Como se indicó, el dispositivo de detección de fibra óptica también se podría disponer en cualquier otro miembro estructural, que podría ser sustancialmente no compresible o no deformable, en donde se medirá una presión o fuerza ejercida sobre el miembro estructural, como juntas de puentes.

5 Una modalidad se refiere a un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde el elemento compresible o deformable es una junta o sello, tal como la junta dispuesta en un registro o una brida. El inventor ha descubierto que, en particular, con las juntas, la invención tiene un enorme potencial para determinar la distribución de presión en la junta, lo que hace mucho más fácil predecir la vida útil restante y el posible fallo de la junta.

10 Una modalidad se refiere a un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde la junta es una junta no metálica. En la práctica, el dispositivo de detección de fibra óptica de acuerdo con la invención parece particularmente sensible y preciso cuando se miden variaciones de presión en juntas no metálicas. Por supuesto, el dispositivo de detección de fibra óptica de acuerdo con la invención también se puede usar con juntas metálicas o híbridas.

15 Una modalidad se refiere a un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde uno o más elementos expandibles se disponen en una o más ubicaciones críticas en el elemento compresible o deformable, tales como lugares propensos a fallar al ser sometidos a una carga de compresión.

Como se indicó anteriormente, una modalidad se refiere a un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde el miembro estructural es sustancialmente no compresible o no deformable.

20 Una modalidad se refiere a un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde el dispositivo de detección de fibra óptica se dispone en una ranura superficial del elemento compresible o deformable o en una ranura superficial de un miembro estructural adyacente al elemento compresible o deformable, de manera que se puede medir una presión o fuerza ejercida en la superficie del miembro estructural.

25 Una modalidad se refiere a un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde, en la dirección transversal (Y), el uno o más elementos expandibles se extienden más allá de la superficie en la que se dispone la ranura superficial. El experto entenderá que, en dependencia de la aplicación, el uno o más elementos expandibles también podrían estar al ras de la superficie, o incluso estar rebajados con respecto a la superficie (es decir, por debajo del nivel de la superficie).

30 Una modalidad se refiere a un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde la ranura superficial, vista en una dirección perpendicular a la superficie, tiene la forma de un anillo o una porción de un anillo.

35 Otro aspecto se refiere a un ensamble de conexión de un primer miembro de conexión, un segundo miembro de conexión y un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde el primer y segundo miembros de conexión están conectados entre sí por medio de medios de conexión, tales como pernos, en donde el elemento compresible o deformable del ensamble de fibra óptica se dispone entre el primer y el segundo miembros de conexión para proporcionar entre ellos un sello hermético a los fluidos o al aire.

40 Una modalidad se refiere a un ensamble de conexión como el mencionado anteriormente, en donde uno o más elementos expandibles se disponen en aquellos lugares en el elemento compresible o deformable, donde el elemento compresible o deformable es comprimido o deformado por los medios de conexión.

45 Una modalidad se refiere a un ensamble de conexión antes mencionado, en donde el miembro estructural está constituido por el primer miembro de conexión o el segundo miembro de conexión y el uno o más elementos expandibles se disponen en aquellos lugares en el miembro estructural, donde el elemento compresible o deformable es comprimido o deformado por los medios de conexión.

50 Otro aspecto de la invención se refiere a un método para detectar la distribución de la compresión o deformación de un elemento compresible o deformable, mediante el uso de un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, que comprende las etapas de:

- 55 – medir una o más longitudes de onda de reflexión de una o más estructuras de distorsión de la luz, con el elemento compresible o deformable, la fibra óptica y los elementos expandibles en un estado no comprimido o no deformado,
- medir una o más longitudes de onda de reflexión de una o más estructuras de distorsión de la luz, con el elemento compresible o deformable, la fibra óptica y los elementos expandibles en un estado comprimido o deformado,
- 60 – correlacionar la expansión de la fibra óptica y/o los elementos expandibles en la dirección de la longitud con los cambios en una o más longitudes de onda de reflexión con respecto a una o más longitudes de onda de reflexión de una o más estructuras de distorsión de la luz.

Breve descripción de los dibujos

65 A continuación, se explicará la presente invención tomando como referencia modalidades ilustrativas de un dispositivo de detección de fibra óptica de acuerdo con la invención y los dibujos. En ellos:

En las Figuras 1 y 2 muestran una modalidad ilustrativa de un dispositivo de detección de fibra óptica de acuerdo con la invención, incrustado en un material compresible o deformable (es decir, se muestran una sección longitudinal y una sección transversal, respectivamente);

5 La Figura 3 muestra una vista esquemática en perspectiva de una modalidad ilustrativa del dispositivo de detección de fibra óptica;

Las Figuras 4 y 5 muestran una modalidad ilustrativa de un dispositivo de detección de fibra óptica de acuerdo con la invención, en un estado no comprimido o no deformado y en un estado comprimido o deformado, respectivamente;

10 La Figura 6 muestra un ensamble de conexión de un primer miembro de conexión, un segundo miembro de conexión y un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente;

15 La Figura 7 muestra una vista esquemática de una modalidad ilustrativa del dispositivo de detección de fibra óptica con elementos de transferencia de fuerza en forma de tapas de extremos;

La Figura 8 muestra otra modalidad ilustrativa de un ensamble de conexión de un primer miembro de conexión, un segundo miembro de conexión y un ensamble de detección de fibra óptica como el mencionado anteriormente, en donde el dispositivo de detección de fibra óptica se dispone en un miembro estructural sustancialmente no compresible o no deformable en forma de placa separadora de metal; y

20 La Figura 9 muestra una representación esquemática de la presión o fuerza que se ejerce sobre un dispositivo de detección óptico dispuesto en un miembro estructural sustancialmente no compresible o no deformable debido a la compresión o deformación de un elemento compresible o deformable adyacente, como una junta.

25 Descripción detallada

Las Figuras 1-9 se describirán de conjunto. Se muestra un dispositivo de detección de fibra óptica 1 para detectar la distribución de la compresión o deformación de un elemento compresible o deformable 2, tal como una junta 16, por ejemplo una junta 16 no metálica. La junta 16 puede tener, por ejemplo, una forma relativamente plana, como una forma de anillo. La junta 16, o el elemento compresible o deformable 2 en general, puede estar hecha de un material plano, una lámina, como papel, caucho, silicona, metal, corcho, fieltro, neopreno, caucho de nitrilo, fibra de vidrio, politetrafluoroetileno (también conocido como PTFE o Teflón) o un polímero plástico (como policlorotrifluoroetileno).

35 El dispositivo de detección de fibra óptica 1 comprende un elemento tubular 3 sustancialmente no compresible o no deformable con una cavidad 4 que se extiende en una dirección longitudinal X del elemento tubular 3. La cavidad 4 está completamente encerrado por el elemento tubular 3. Preferentemente, el elemento tubular 3 se hace de metal. También se pueden elegir otros materiales, siempre que el material sea relativamente no compresible o no deformable, en particular en comparación con la compresibilidad/deformabilidad de los elementos expandibles 8. En el caso de una junta 16 (plana) o, en general, un elemento compresible o deformable 2 relativamente plano, el dispositivo de detección de fibra óptica 1 se dispone preferentemente en el plano de la junta 16, es decir, la dirección de la longitud X es paralela al plano de la junta 16. El dispositivo de detección de fibra óptica 1 se puede disponer además en una ranura 22 en una superficie exterior del elemento compresible o deformable 2.

45 Una fibra óptica 5 se dispone en la cavidad 4, en el interior 11 del elemento tubular 3. La fibra óptica 5 comprende una o más estructuras de distorsión de la luz 6, como una rejilla de fibra de Bragg 7. En principio, la estructura de distorsión de luz 6 también podría comprender o estar formada por un "espacio", es decir, una interrupción física o discontinuidad en/de la fibra óptica 5. La fibra óptica 5 se puede expandir o mover en la dirección longitudinal X de la cavidad 4. La fibra óptica 5 está provista preferentemente de un recubrimiento protector o similar para proteger la frágil fibra óptica 5. El inventor observa que, en algunos casos, el recubrimiento protector, la camisa o similar puede ser realmente crítico para mejorar u optimizar el rendimiento del mecanismo de "compresión a deformación" en el que se basa la invención. El inventor prefiere referirse a dicha fibra como una "fibra encamisada con detección optimizada".

55 El dispositivo de detección de fibra óptica 1 comprende uno o más elementos expandibles 8. Los elementos expandibles 8 tienen una compresibilidad (elástica) más alta que el elemento tubular 3 en la dirección transversal Y. Los elementos expandibles 8 se disponen en uno o ambos extremos 9 del elemento tubular 3. La fibra óptica 5 está incrustada en los elementos expandibles 8 de manera que la fibra óptica 5 se tira en la dirección longitudinal X cuando los elementos expandibles 8 se comprimen o deforman en la dirección transversal Y. Los elementos expandibles 8 en general se disponen para expandirse o contraerse en la dirección longitudinal X, junto con la fibra óptica 5, cuando los elementos expandibles 8 se someten a una carga transversal F como se muestra en la figura 5. La Figura 5 muestra las líneas de deformación 21 de los elementos expandibles 8 inducidas por la compresión o deformación del elemento compresible o deformable 2.

65 Los elementos expandibles 8 se hacen preferentemente de un material de silicona. Preferentemente, los elementos expandibles 8 tienen una forma tubular, similar al elemento tubular 3.

Como se muestra en la Figura 1, preferentemente una o más secciones de fibra óptica 10 que sobresalen de uno o ambos extremos 9 del elemento tubular 3 están incrustadas en el uno o más elementos expandibles 8.

Como se muestra en la Figura 4, en un estado no comprimido o no deformado, el uno o más elementos expandibles 8 tienen un diámetro D1, es decir, en un plano perpendicular a la dirección longitudinal X, mayor que el diámetro D2 del elemento tubular 3. D1 podría, por ejemplo, llegar a 1,1 - 1,5 veces D2, en dependencia de la aplicación y las presiones que se van a medir. Para la mayoría de las aplicaciones, D2 se seleccionará para que se encuentre entre 1 mm y 10 mm, por ejemplo, entre 2 mm y 8 mm, aunque se pueden concebir diámetros D2 más pequeños/más grandes. La longitud del dispositivo de detección de fibra óptica 1 hasta los elementos expandibles 8 inclusive, variará de 10 mm a 100 mm, tal como de 15 mm a 75 mm, para la mayoría de los propósitos prácticos. La relación de la longitud de uno de los elementos expandibles 8 con relación a la longitud del elemento tubular 3 podría elegirse, por ejemplo, entre 1:10 y 1:2, tal como 1:3 y 1:6 para propiedades óptimas de expansión/contracción tanto de la fibra óptica 5 como de los elementos expandibles 8.

La Figura 1 muestra un sistema de detección de fibra óptica 12 que comprende:

- un dispositivo de detección de fibra óptica 1 como se describió anteriormente,
- una fuente de luz 13 conectada a un extremo de la fibra óptica 5, y
- un sensor de luz 14 conectado a un extremo de la fibra óptica 5, para medir la longitud de onda reflejada por una o más estructuras de distorsión de la luz 6.

La Figura 1 también representa un ensamble de detección de fibra óptica 15 de un dispositivo de detección de fibra óptica 1 como se describió anteriormente o un sistema de detección de fibra óptica 12 como se describió anteriormente, y un elemento compresible o deformable 2, en donde el dispositivo de detección de fibra óptica 1 se dispone en el elemento compresible o deformable 2 de tal manera que se mide la distribución de presión en una dirección Y transversal a una dirección longitudinal X del dispositivo de detección de fibra óptica 1. El dispositivo de detección de fibra óptica 1 puede disponerse, por ejemplo, en una ranura 22, como se mencionó anteriormente, o en cualquier tipo similar de canal preformado.

El uno o más elementos expandibles 8 se disponen preferentemente en una o más ubicaciones críticas en el elemento compresible o deformable 2, tales como lugares propensos a fallar al ser sometidos a una carga de compresión.

La Figura 6 muestra un ensamble de conexión 17 de un primer miembro de conexión 18, tal como una primera sección de tubería con una primera brida, un segundo miembro de conexión 19, tal como una segunda sección de tubería con una segunda brida, y un ensamble de detección de fibra óptica 15 como se describió anteriormente, en donde el primer y segundo miembros de conexión 18, 19 están conectados entre sí por medios de conexión 20, tales como pernos. El elemento compresible o deformable 2, en este caso la junta 16, del ensamble de fibra óptica 15 se dispone entre el primer y segundo miembros de conexión 18, 19 para proporcionar entre ellos un sello hermético a los fluidos o al aire. El uno o más elementos expandibles 8 se disponen en aquellos lugares en el elemento compresible o deformable 2, donde los miembros compresibles o deformables 2 son comprimidos o deformados por los medios de conexión 20, por ejemplo los pernos.

Como se mencionó anteriormente, la invención también se refiere a un método para detectar la distribución de la compresión o deformación, preferentemente para calibrar y detectar una distribución de presión, de un elemento compresible o deformable 2, mediante el uso de un ensamble de detección de fibra óptica 15 como se describió anteriormente, que comprende las etapas de:

- medir una o más longitudes de onda de reflexión de una o más estructuras de distorsión de luz 6, con el elemento compresible o deformable 2, la fibra óptica 5 y los elementos expandibles 8 en un estado no comprimido o no deformado,
- medir una o más longitudes de onda de reflexión de una o más estructuras de distorsión de la luz 6, con el elemento compresible o deformable 2, la fibra óptica 5 y los elementos expandibles 8 en un estado comprimido o deformado,
- correlacionar la expansión de la fibra óptica 5 y/o los elementos expandibles 8 en la dirección longitudinal X con los cambios en una o más longitudes de onda de reflexión con respecto a una o más longitudes de onda de reflexión de la una o más estructuras de distorsión de luz 6. Alternativamente, un primer estado de compresión o deformación se puede comparar con un segundo estado de compresión o deformación.

La Figura 7 muestra una modalidad ilustrativa del dispositivo de detección de fibra óptica 1 con elementos de transferencia de fuerza 23 en forma de tapas de extremos. Las tapas de extremos 23 están fijadas a la fibra óptica 5 y además se disponen adyacentes y en contacto con uno o más extremos exteriores 24 de uno o más elementos expandibles 8 para ayudar a transferir la expansión o contracción por los elementos expandibles 8 en el dirección longitudinal a la fibra óptica 5 cuando los elementos expandibles 8 están sujetos a la carga transversal (F). Preferentemente, el uno o más elementos de transferencia de fuerza 23 son sustancialmente no compresibles o no deformables. El uno o más elementos de transferencia de fuerza 23 pueden hacerse, por ejemplo, de metal.

5 La Figura 8 muestra otra modalidad ilustrativa de un ensamble de conexión de un primer miembro de conexión 18, un segundo miembro de conexión 19 y un ensamble de detección de fibra óptica antes mencionado, en donde el dispositivo de detección de fibra óptica 1 se dispone en un miembro estructural 26 sustancialmente no compresible o no deformable en el forma de una placa separadora de metal. La placa separadora de metal 26 puede tener una forma sustancialmente redonda o circular. El dispositivo de detección de fibra óptica 1 puede estar dispuesto en una ranura superficial 22 dispuesta en una superficie en la placa separadora de metal 26. El dispositivo de detección de fibra óptica 1 y la ranura 22 corren en una dirección circunferencial a lo largo de la superficie de la placa separadora de metal.

10 La Figura 9 muestra una representación esquemática de la presión o fuerza que se ejerce sobre un dispositivo de detección de fibra óptica 1 dispuesto en un miembro estructural sustancialmente no compresible o no deformable debido a la compresión o deformación de un elemento compresible o deformable 16 adyacente, como una junta 16. El miembro compresible 16, cuando se somete a compresión, se expande en la ranura 22 para comprimir el uno o los elementos expandibles 8 del dispositivo de detección de fibra óptica 1. Por tanto, se puede medir la compresión (u  
15 otras tensiones en el miembro compresible 16).

20 Debe quedar claro que la descripción anterior pretende ilustrar el funcionamiento de las modalidades preferidas de la invención y no reducir el alcance de protección de la invención. A partir de la descripción anterior, el experto en la materia podrá concebir muchas modalidades dentro del concepto inventivo y el alcance de protección de la presente invención.

Sin embargo, la invención solo se define en las reivindicaciones adjuntas.

Lista de números de referencia

- 25
1. Dispositivo de detección de fibra óptica
  2. Elemento compresible o deformable
  3. Elemento tubular
  4. Cavidad

30

  5. Fibra óptica
  6. Estructura de distorsión de la luz
  7. Rejilla de fibra de Bragg (FBG)
  8. Elemento expandible
  9. Extremo del elemento tubular

35

  10. Sección de fibra óptica que sobresale del extremo del elemento tubular
  11. Interior de elemento tubular
  12. Sistema de detección de fibra óptica
  13. Fuente de luz
  14. Sensor de luz

40

  15. Ensamble de detección de fibra óptica
  16. Junta
  17. Ensamble de conexión
  18. Primer miembro de conexión
  19. Segundo miembro de conexión

45

  20. Medios de conexión
  21. Línea de compresión o deformación
  22. Ranura
  23. Tapa de extremo
  24. Extremo exterior longitudinal del elemento expandible

50

  25. Superficie en la que se dispone la ranura (superficial)
  26. Placa separadora de metal
  - X = eje/dirección longitudinal
  - Y = Dirección transversal
  - F = carga transversal

55

  - D1 = diámetro del elemento expandible
  - D2 = diámetro del elemento tubular

**REIVINDICACIONES**

1. Dispositivo de detección de fibra óptica (1), que comprende:
  - 5 - un elemento tubular (3) con una cavidad (4) que se extiende en una dirección longitudinal (X) del elemento tubular, la cavidad está encerrada por el elemento tubular,
  - una fibra óptica (5) dispuesta en la cavidad, la fibra óptica que comprende una o más estructuras de distorsión de la luz (6), tal como una rejilla de fibra de Bragg (7), y que se puede expandir en la dirección longitudinal de la cavidad,
  - 10 - uno o más elementos expandibles (8), de mayor compresibilidad o deformabilidad que el elemento tubular en una dirección transversal (Y), dispuestos en uno o ambos extremos (9) del elemento tubular, la fibra óptica está encerrada en los elementos expandibles, caracterizado por que:
 

el elemento tubular (3) es sustancialmente no compresible o no deformable;

15 los elementos expandibles (8) se disponen para transferir la expansión o contracción de los elementos expandibles (8) en la dirección longitudinal a la fibra óptica (5) cuando se expanden o contraen en la dirección longitudinal (X), junto con la fibra óptica (5), cuando los elementos expandibles (8) se someten a una carga transversal (Y) (F), la dirección (Y) es transversal a una dirección longitudinal (X); y

20 el dispositivo de detección de fibra óptica es adecuado para detectar la distribución de la compresión o deformación de un elemento compresible o deformable (2, 16).
2. Dispositivo de detección de fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en donde el elemento tubular (3) se hace de metal y/o en donde los elementos expandibles (8) se hacen de un material de silicona.
- 25 3. Dispositivo de detección de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde una o más secciones de fibra óptica (10) que sobresalen de uno o ambos extremos del elemento tubular (3) están incrustadas en uno o más elementos expandibles (8).
- 30 4. Dispositivo de detección de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde, en un estado no comprimido o no deformado, el uno o más elementos expandibles (8) tienen un diámetro (D1), es decir, en un plano perpendicular a la dirección longitudinal (X), mayor que el diámetro (D2) del elemento tubular (3).
- 35 5. Dispositivo de detección de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde uno o más elementos de transferencia de fuerza (23) están fijados a la fibra óptica (5), dispuestos adyacentes y en contacto con uno o más extremos exteriores (24) del uno o más elementos expandibles (8) para ayudar a transferir la expansión o contracción de los elementos expandibles (8) en la dirección longitudinal (X) a la fibra óptica (5) cuando los elementos expandibles (8) se someten a la carga (F) transversal (Y).
- 40 6. Dispositivo de detección de fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 5, en donde uno o más elementos de transferencia de fuerza (23) se hacen de metal.
7. Sistema de detección de fibra óptica (12) que comprende:
  - 45 - un dispositivo de detección de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores,
  - una fuente de luz (13) conectada a un extremo de la fibra óptica (5),
  - un sensor de luz (14) conectado a un extremo de la fibra óptica (5), para medir la longitud de onda o potencia reflejada o transmitida por una o más estructuras de distorsión de luz (6).
- 50 8. Ensamble de detección de fibra óptica (15) de un dispositivo de detección de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-6 o un sistema de detección de fibra óptica (12) de acuerdo con la reivindicación 7, y el elemento compresible o deformable (2, 16), en donde el dispositivo de detección de fibra óptica (1) se dispone en el elemento compresible o deformable (2, 16) o adyacente a este de tal manera que se mide la distribución de la presión en el elemento compresible o deformable (2, 16) en una dirección transversal (Y) a una dirección longitudinal (X) del dispositivo de detección de fibra óptica (1).
- 55 9. Ensamble de detección de fibra óptica (15) de acuerdo con la reivindicación 8, en donde el elemento compresible o deformable (2, 16) es una junta (16), por ejemplo, una junta no metálica o un sello (16).
- 60 10. Ensamble de detección de fibra óptica (15) de acuerdo con la reivindicación 8 o 9, en donde uno o más elementos expandibles (8) se disponen en uno o más lugares críticos en el elemento compresible o deformable (2, 16), tales como lugares propensos a fallar al ser sometidos a una carga compresiva.
- 65 11. Ensamble de detección de fibra óptica (15) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 10, en donde el dispositivo de detección de fibra óptica (1) se dispone en una ranura superficial (22) del elemento compresible o deformable (2, 16) o en una ranura (22) de la superficie (25) de un miembro estructural (18, 19, 26) adyacente

al elemento compresible o deformable (2, 16), la ranura superficial tiene, preferentemente, forma de un anillo o una porción de un anillo vista en dirección perpendicular a la superficie (25).

- 5 12. Ensamble de detección de fibra óptica (15) de acuerdo con la reivindicación 11, en donde, en la dirección transversal (Y), el uno o más elementos expandibles (8) se extienden más allá de la superficie (25) en la que se dispone la ranura superficial (22).
- 10 13. Ensamble de conexión (17) de un primer miembro de conexión (18), un segundo miembro de conexión (19) y un ensamble de detección de fibra óptica (15) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8 - 12, en donde el primer y segundo miembros de conexión están conectados entre sí por medios de conexión (20), tales como pernos, en donde el elemento compresible o deformable (2, 16) del ensamble de detección de fibra óptica (15) se dispone entre el primer y segundo miembros de conexión para proporcionar entre ellos un sello hermético al fluidos o hermético al aire.
- 15 14. Ensamble de conexión (17) de acuerdo con la reivindicación 13, en donde el ensamble comprende un miembro estructural (18, 19) que está constituido por el primer miembro de conexión (18) o el segundo miembro de conexión (19) y el uno o más elementos expandibles (8) se disponen en aquellos lugares en el miembro estructural (18, 19), donde el elemento compresible o deformable (2, 16) es comprimido o deformado por los medios de conexión (20).
- 20 15. Método para detectar la distribución de la compresión o deformación de un elemento compresible o deformable (2, 16), mediante el uso de un ensamble de detección de fibra óptica (15) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 8-12, que comprende las etapas de:
- 25 - medir una o más longitudes de onda de reflexión de una o más estructuras de distorsión de la luz (6), con el elemento compresible o deformable, la fibra óptica (5) y los elementos expandibles (8) en un estado no comprimido o no deformado,
- 30 - medir una o más longitudes de onda de reflexión de una o más estructuras de distorsión de la luz (6), con el elemento compresible o deformable, la fibra óptica y los elementos expandibles en un estado comprimido o deformado,
- correlacionar la expansión de la fibra óptica y/o los elementos expandibles en la dirección de la longitud con los cambios en una o más longitudes de onda de reflexión con respecto a una o más longitudes de onda de reflexión de una o más estructuras de distorsión de la luz.

Fig. 1

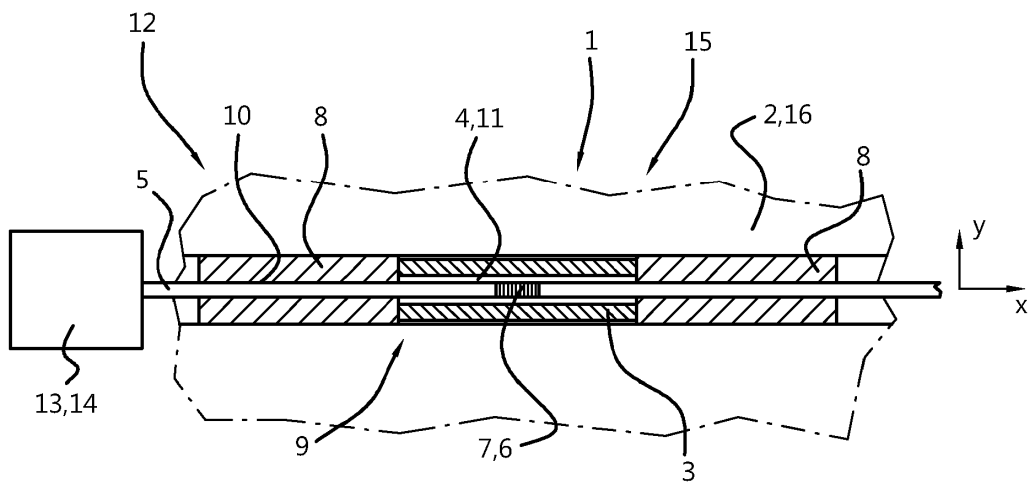


Fig. 2

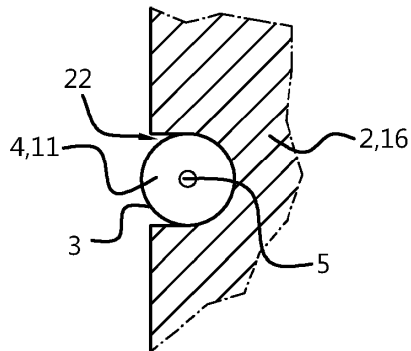


Fig. 3

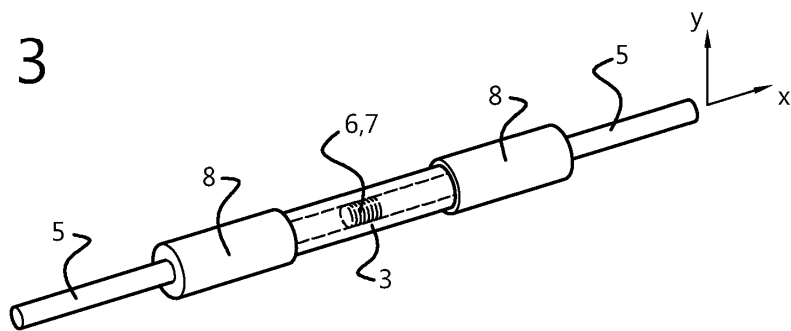


Fig. 4

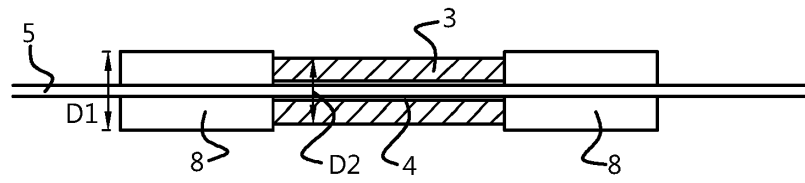


Fig. 5

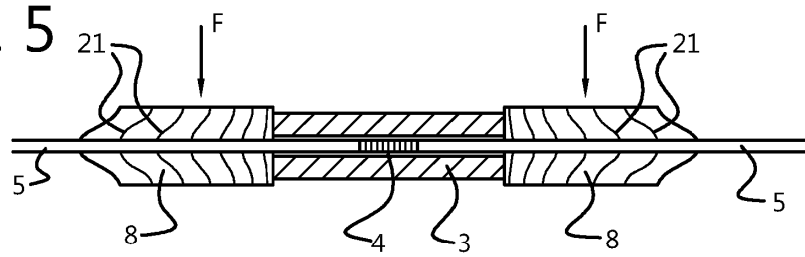


Fig. 6

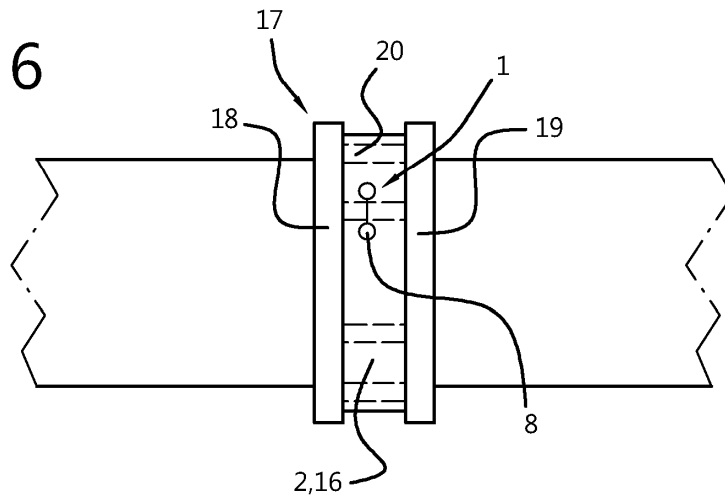


Fig. 7

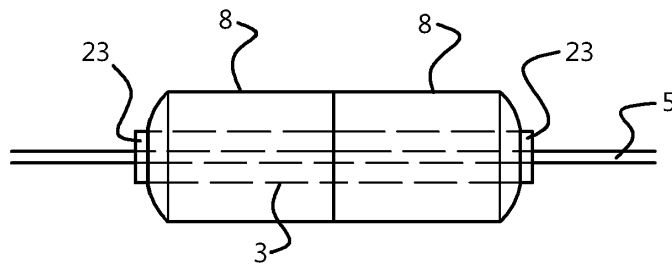


Fig. 8

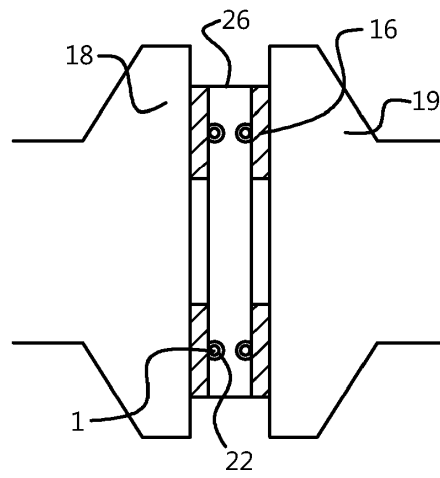


Fig. 9

