

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 930 319**

51 Int. Cl.:

**F16L 11/12** (2006.01)

**F16L 11/24** (2006.01)

12

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.08.2017 PCT/EP2017/070115**

87 Fecha y número de publicación internacional: **22.02.2018 WO18033440**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.08.2017 E 17749476 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2022 EP 3500784**

54 Título: **Uso de un conducto flexible de tubo flexible con material de sensor integrado**

30 Prioridad:

**16.08.2016 EP 16184348**

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

**09.12.2022**

73 Titular/es:

**MASTERFLEX SE (100.0%)**

**Willy-Brandt-Allee 300**

**45891 Gelsenkirchen, DE**

72 Inventor/es:

**NÜSSEN, STEFAN;**

**SEOANE, ENRIQUE;**

**JACOBI, JOACHIM;**

**KAPTEINA, TANJA y**

**KROSSA, RITA**

74 Agente/Representante:

**VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro**

ES 2 930 319 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

Uso de un conducto flexible de tubo flexible con material de sensor integrado

5 La presente invención se refiere al uso de un conducto flexible de tubo flexible con material de sensor integrado.

Los conductos de tubo flexible se aplican en particular cuando se necesitan conexiones flexibles para transferir sólidos o medios líquidos o gaseosos. La selección de un conducto de tubo flexible se orienta por regla general por los requisitos específicos de la aplicación prevista, de tal modo que debe tenerse en cuenta una pluralidad de propiedades del conducto de tubo flexible como, por ejemplo, el diámetro, el radio mínimo de curvatura, la carga de presión y la resistencia térmica.

10 En muchos casos, los conductos de tubo flexible se utilizan en instalaciones y los operadores de dichas instalaciones tienen que colocar sondas de medición mediante laboriosas medidas para vigilar los parámetros de funcionamiento relevantes para la seguridad, de modo que se pueda analizar o vigilar, por ejemplo, el flujo volumétrico de un medio. Para ello, frecuentemente es necesario rediseñar minuciosamente partes de la periferia de la instalación para colocar la sonda en la posición requerida. Sin embargo, no es posible de esta manera, o solo es posible de forma limitada, conocer con exactitud el estado del propio conducto de tubo flexible.

15 En principio, sería deseable vigilar parámetros de funcionamiento y funcionalidad de toda una instalación operativa, es decir, no solo en puntos seleccionados de la periferia de la instalación, sino también los parámetros de funcionamiento de los conductos de tubo flexible contenidos en ella, preferentemente en tiempo real. Así se puede garantizar, por ejemplo, una calidad constante del producto y evitar fallos en el curso del funcionamiento, ya que las posibles causas de los fallos, por ejemplo, un exceso de tensión en el material del tubo flexible, pueden identificarse rápidamente y rectificarse. De este modo, se puede elevar la vida útil y la fiabilidad de los conductos de tubo flexible, minimizar los fallos de los conductos de tubo flexible, proteger a los trabajadores y garantizar una alta calidad, seguridad de la producción y una alta eficiencia en cuanto a los costes.

20 La presente invención se basa, por tanto, en el objetivo de proporcionar un conducto flexible de tubo flexible que permita la vigilancia de parámetros de funcionamiento y operatividad del conducto de tubo flexible de una manera sencilla. Los parámetros que deben vigilarse pueden ser, entre otros, la temperatura de la pared del tubo flexible y/o del medio en la zona de contacto, la presión positiva o negativa que actúa sobre la pared del tubo flexible, el radio de curvatura del conducto de tubo flexible, la presencia de estrechamientos del diámetro interno del conducto de tubo flexible, la vibración del conducto de tubo flexible, el alargamiento o la compresión del conducto de tubo flexible, la integridad de la pared del tubo flexible y el grado de envejecimiento del material de la pared del tubo flexible.

30 Este objetivo se consigue utilizando un conducto flexible de tubo flexible de acuerdo con la reivindicación 1. Formas de realización ventajosas de la invención se desvelan en las reivindicaciones dependientes.

40 La invención se refiere, pues, al uso de un conducto flexible de tubo flexible con una pared, presentando la pared un material sensor integrado que tiene una propiedad de material que varía con un parámetro de funcionamiento que debe determinarse del conducto de tubo flexible.

45 En el marco de la presente solicitud, por el término "conducto de tubo flexible" se entienden conductos flexibles de tubo flexible propiamente dichos, así como los acoplamientos de tubos flexibles y sus piezas. El conducto de tubo flexible habitualmente adopta el diseño de un cuerpo hueco alargado y cilíndrico. Dado el caso, el conducto de tubo flexible presenta un acoplamiento de tubo flexible o una parte de un acoplamiento de tubo flexible, un llamado conector, en uno de sus extremos o en ambos, con cuya ayuda el conducto de tubo flexible puede conectarse, por ejemplo, a otro conducto de tubo flexible o a otras unidades, como una tubería fija u otras partes de una unidad de instalación.

50 En una forma de realización preferente de la presente invención, la pared del conducto de tubo flexible comprende plástico termoplástico. A título de ejemplo y no restrictivo, se mencionarán únicamente en este contexto siliconas o elastómeros termoplásticos a base de uretano (TPU), es decir, poliuretano (PU), por ejemplo, poliéter-poliuretano y poliéster-poliuretano, cloruro de vinilo (PVC) o polietileno (PE), pero también vulcanizados termoplásticos (TPV), por ejemplo, santopenos. Otros materiales adecuados son, en particular, los elastómeros termoplásticos, como:

- TPA (copoliámidas termoplásticas)
- TPC (elastómeros de poliéster termoplásticos / copoliésteres termoplásticos)
- TPO (elastómeros termoplásticos a base de olefinas), por ejemplo, PP/EPDM
- 60 - TPS (copolímeros de bloque de estireno, por ejemplo, SBS, SEBS, SEPS, SEEPS y MBS).

Estos conductos de tubo flexible termoplásticos pueden fabricarse, por ejemplo, extruyendo el plástico termoplástico directamente en la forma del conducto de tubo flexible deseado. Alternativamente, el plástico termoplástico puede convertirse, por ejemplo, por medio de extrusión, a la forma de una banda de material, por ejemplo, una tira de perfil extruido o una banda de película, que a continuación se enrolla helicoidalmente y en la que las secciones de los bordes longitudinales de los enrollamientos helicoidales adyacentes o las áreas de los bordes opuestos de la banda

de material se unan entre sí solapándose. Además, también es posible que la pared del tubo flexible comprenda varias capas o estratos del plástico termoplástico que estén dispuestas, por ejemplo, en forma de varias capas de película superpuestas ("construcción en sándwich").

5 En otra forma de realización preferente de la presente invención, la pared del conducto de tubo flexible comprende un tejido. El material del tejido se selecciona preferentemente del grupo formado por fibras de vidrio, fibras textiles, fibras minerales, fibras de aramida, tejido metálico como, por ejemplo, acero inoxidable, por ejemplo, acero inoxidable 1.4301, fibras plásticas como, por ejemplo, fibras de poliamida y/o poliéster, y combinaciones de estos materiales. El tejido puede estar sin recubrir o recubierto de plásticos y, en particular, de los plásticos termoplásticos o elastómeros mencionados anteriormente como, por ejemplo, neopreno, hypalon y viton. Como alternativa, se pueden utilizar laminaciones de tejidos con correspondientes películas. Estos conductos de tubo flexible de tejido pueden fabricarse, por ejemplo, de manera que una o más bandas de tejido revestidas o sin revestir se conecten mediante un procedimiento de sujeción por apriete, cosido, soldadura o vulcanización para formar el conducto de tubo flexible deseado.

15 De acuerdo con otra forma de realización, la pared del conducto de tubo flexible de acuerdo con la invención, por ejemplo, un conducto de tubo flexible termoplástico o un conducto de tubo flexible de tejido, presenta un elemento de refuerzo, por ejemplo, una hélice de refuerzo que discurre helicoidalmente. En esta forma de realización, el conducto de tubo flexible de acuerdo con la invención representa, por tanto, un denominada tubo flexible en espiral. En estos conductos de tubo flexible, el elemento de refuerzo puede estar completamente incrustado en la pared del tubo flexible, de tal modo que esté separado del interior y del exterior del conducto de tubo flexible por la pared del tubo flexible. También es posible que el elemento de refuerzo esté solo parcialmente incrustado en la pared del tubo flexible y que una sección del elemento de refuerzo quede expuesta hacia el interior o el exterior del conducto de tubo flexible. Por ejemplo, es posible que el elemento de refuerzo esté dispuesto en la superficie exterior de la pared del tubo flexible.

25 Dichos conductos de tubo flexible con espiral de refuerzo que discurren helicoidalmente pueden fabricarse, por ejemplo, de forma que una banda de material a la que se fija la espiral de refuerzo se enrolle helicoidalmente. La banda de material comprende preferentemente uno o más de los plásticos termoplásticos mencionados anteriormente. Un procedimiento conocido prevé, por ejemplo, que una banda de material extruido como una tira de perfil se enrolle alrededor de un mandril de fabricación o similar y que la parte de la banda ya enrollada en el mandril de fabricación se extraiga axialmente de este último para que la banda se enrolle helicoidalmente. La zona de borde de la nueva sección de banda que choca con el mandril de fabricación está unida con la zona de borde de la sección de banda que ya ha rodeado el mandril una vez. De este modo, se puede formar un conducto de tubo flexible que está provisto de un elemento de refuerzo que discurre helicoidalmente. Las secciones de borde longitudinal de los enrollamientos en espiral adyacentes o las zonas de borde opuestos de la banda de material pueden unirse entre sí de forma solapada. Además de una tira de perfil extruido, también se puede proporcionar una franja de película como una banda de material, enrollándose la franja de película de tal modo que las zonas de borde adyacentes se solapan. Preferentemente, las zonas de borde solapadas se unen entre sí mediante soldadura.

40 De acuerdo con la invención, la pared del conducto de tubo flexible de acuerdo con la invención presenta un material de sensor integrado. En particular, el material de sensor puede estar incrustado total o parcialmente en la pared del tubo flexible. Alternativamente, puede estar dispuesto en forma de revestimiento en el interior y/o exterior del conducto de tubo flexible o en forma de revestimiento de un componente de la pared del tubo flexible como, por ejemplo, un elemento de refuerzo.

45 El material de sensor presenta al menos una propiedad de material que es variable en función de al menos un parámetro de funcionamiento que se ha de determinar del conducto de tubo flexible. A efectos de la presente solicitud, se entiende por "parámetro de funcionamiento" una variable de estado del conducto de tubo flexible seleccionada del grupo formado por la temperatura de la pared del tubo flexible, por ejemplo, la temperatura en el interior de la pared del tubo flexible o la temperatura en la superficie interior de la pared del tubo flexible, de tal modo que pueda deducirse la temperatura del medio que se encuentra en el conducto de tubo flexible; la presión negativa o positiva que actúa sobre la pared del tubo flexible; el radio de curvatura del conducto de tubo flexible; el alargamiento o la compresión del conducto de tubo flexible; la vibración a la que está sometido el conducto de tubo flexible; y el grado de envejecimiento del material de la pared del tubo flexible. El material de sensor está diseñado de tal manera que es adecuado para determinar al menos un parámetro de funcionamiento.

50 El conducto de tubo flexible de acuerdo con la invención presenta así la gran ventaja de que, debido al material de sensor que contiene la pared del tubo flexible, uno o más parámetros de funcionamiento deseados del conducto de tubo flexible pueden determinarse directamente y de manera sencilla sin utilizar sondas de medición externas.

60 De acuerdo con la invención, el material de sensor está configurado en forma de al menos un transductor de medición.

De acuerdo con un aspecto no de acuerdo con la invención, el material de sensor está configurado en forma de al menos un aditivo.

65 En un ejemplo preferente de este aspecto, el aditivo se selecciona del grupo compuesto por aditivos termocromáticos,

aditivos piezocromáticos, aditivos piezoeléctricos, aditivos fotocromáticos y mezclas de estos.

En un ejemplo no de acuerdo con la invención, la pared del conducto de tubo flexible comprende aditivo termocromático. El término "aditivo termocromático" se refiere a aditivos, en particular pigmentos, que cambian la impresión de color que producen cuando varía la temperatura. El cambio de color puede implicar un cambio en el color visualmente perceptible, por ejemplo, cambiando el intervalo de longitud de onda en la que la luz es absorbida o reflejada por el aditivo, o una disminución o un aumento significativo de la coloración, es decir, de la intensidad del color.

En el caso de los aditivos termocromáticos, el cambio de color puede tener lugar de forma continua a lo largo de un intervalo de temperatura determinado o como un cambio de color manifiesto a una temperatura de transición específica o a un intervalo de temperatura muy pequeño. En otro ejemplo, se seleccionan los aditivos termocromáticos que presentan una temperatura de transición en el intervalo de temperatura que debe detectarse en la respectiva aplicación prevista. Por ejemplo, la temperatura de transición puede estar comprendida entre -30 °C y +150 °C, dependiendo de la aplicación del conducto de tubo flexible, y puede ser, por ejemplo, de unos -20 °C, -10 °C, 0 °C, 10 °C, 20 °C, 30 °C, 40 °C, 50 °C, 60 °C, 70 °C u 80 °C.

El aditivo termocromático puede caracterizarse por un termocromismo irreversible, es decir, el cambio de color provocado por el calentamiento se mantiene incluso después de enfriarse a una temperatura inferior al punto de transición, o por un termocromismo reversible, es decir, el aditivo vuelve a su color original después de un cambio de color provocado por el calentamiento al enfriarse a una temperatura inferior a su punto de transición.

En otro ejemplo, el aditivo termocromático puede presentar el llamado "efecto memoria", es decir, que la temperatura de cambio de color es diferente cuando se aumenta la temperatura que cuando se enfría. En el caso de una aplicación de la intensidad de color en función de la temperatura, puede observarse una histéresis. De este modo, se puede detectar un exceso o defecto de temperatura incluso después de un nuevo cambio de temperatura.

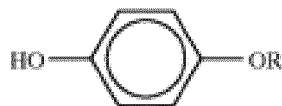
Por ejemplo, se prevé que el aditivo termocromático cambie de color de forma permanente o reversible cuando se exponga a una determinada temperatura, lo que permite reconocer visualmente que se ha superado una temperatura de funcionamiento prevista.

El aditivo termocromático es preferentemente un aditivo orgánico o inorgánico.

En otro ejemplo, un aditivo orgánico termocromático comprende (a) un compuesto orgánico cromático donador de electrones, (b) un aceptor de electrones, (c) un medio de reacción que determina la temperatura a la que se produce la reacción de cambio de color del componente (a) con el componente (b), y, dado el caso (d), un regulador de temperatura de cambio de color. Ejemplos de pigmentos reversibles termocromáticos con este tipo de composición se describen, por ejemplo, en los documentos US 5.919.404, US 6.494.950 y EP 1323540. Se pueden encontrar ejemplos de pigmentos termocromáticos con "efecto memoria" con este tipo de composición en los documentos US 2016/0130455 A1, US 6.494.950 y US 2013/0210622 A1.

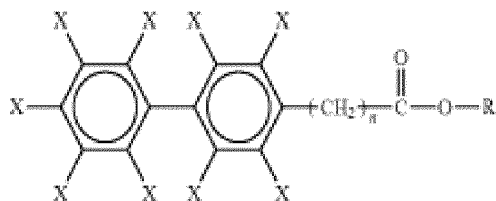
El compuesto orgánico cromático donador de electrones (a) puede seleccionarse de entre una serie de compuestos convencionales conocidos por el estado de la técnica como, por ejemplo, compuestos derivados de ftalida de difenilmetano, ftalida de fenilindolilo, ftalida de indolilo, difenilmetano azafталida, fenilindolilazafталidas, fluorano, estilquinolina, lactona de diazarhodamina, así como compuestos de piridina, quinazolina y bisquinazolina.

El aceptor de electrones (b) puede seleccionarse del grupo formado por compuestos que tengan al menos un protón activo, compuestos pseudoácidos (compuestos que no son un ácido pero que actúan como un ácido en la composición para provocar el desarrollo de un color del componente (a)) y compuestos que tengan un agujero de electrones, y ésteres del ácido gálico o alcoxifenoles de fórmula I.



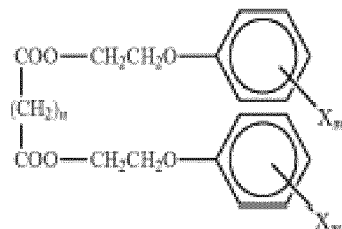
I

El medio de reacción (c) debe elegirse para aditivos termocromáticos reversibles para permitir una reacción reversible de donante/aceptor de electrones. Se pueden utilizar medios de reacción especiales para reacciones con "efecto memoria", que deben presentar un gran efecto de histéresis. Así, en el contexto de la invención divulgada en el presente documento, pueden utilizarse, entre otros, los ésteres de fórmula (II) descritos en el documento US 2016/0130455 A1



II

o los ésteres de fórmula III descritos en el documento US 2013/0210622 A1.



III

El componente (d) puede seleccionarse entre uno o más ésteres refractarios, alcoholes, cetonas, amidas ácidas e hidrocarburos. Preferentemente, el regulador de la temperatura de cambio de color (d) es un éster alifático, una cetona alifática, un alcohol alifático, una amida ácida alifática o un ácido graso saturado.

Mezclando los componentes (a), (b), (c) y, dado el caso, (d), se obtiene una composición termocromática que es adecuada como aditivo termocromático para su uso en el conducto de tubo flexible de acuerdo con la invención. Las proporciones de los ingredientes pueden variar en función de las densidades de color deseadas, las temperaturas de cambio de color y el comportamiento de variación cromática.

Además, también pueden utilizarse aditivos termocromáticos que contengan colorantes leuco. Entre los posibles colorantes leuco se encuentran, en este sentido, los derivados de la espirolactona, fluorano, espiropirano y fulguro. Los donantes de protones pueden incluir, entre otras cosas, ácidos como el bisfenol A, parabenos, derivados del 1,2,3-triazol y la 4-hidroxycumarina.

Además, también pueden utilizarse pigmentos termocromáticos basados en cristales líquidos como, por ejemplo, bifenilos o derivados del colesterol.

En otro ejemplo, el aditivo termocromático comprende un pigmento inorgánico termocromático.

Algunos ejemplos de pigmentos inorgánicos termocromáticos con un cambio de color continuo que pueden utilizarse en el marco de esta invención son, entre otros, ZnO o el TiO<sub>2</sub>. Ejemplos de pigmentos inorgánicos termocromáticos con una temperatura de transición específica son, entre otros, compuestos de cobre (II) que contienen el anión complejo [CuCl<sub>4</sub>]<sup>2-</sup>. Un ejemplo de esta clase de compuestos es el tetraclorocuprato de bis (dietilamonio) (II), [(C<sub>2</sub>H<sub>5</sub>)<sub>2</sub>NH<sub>2</sub>]<sub>2</sub>[CuCl<sub>4</sub>], que presenta un cambio de color de verde a amarillo a 43 °C.

Otros ejemplos de pigmentos inorgánicos termocromáticos son HgI<sub>2</sub>, AgI, Ag<sub>2</sub>HgI<sub>4</sub>, CdS, CdSe y Cu<sub>2</sub>HgI<sub>4</sub>.

En otro ejemplo, la pared del conducto de tubo flexible comprende un aditivo fotocromático. El término "aditivo fotocromático", tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a los aditivos, en particular a los pigmentos, que cambian su impresión de color generada cuando son irradiados con luz UV, por ejemplo, cambiando de forma reversible o irreversible el intervalo de longitud de onda en la que la luz es absorbida o reflejada por el aditivo. Por ejemplo, está previsto que el aditivo fotocromático cambie de color de forma permanente después de que incida sobre él una determinada cantidad de luz, de modo que es posible reconocer visualmente cuando el conducto de tubo flexible ha superado su período de funcionamiento o uso previsto. Así se puede determinar el grado de envejecimiento de la pared del tubo flexible. Además, los aditivos fotocromáticos también pueden utilizarse para proteger el conducto de tubo flexible del envejecimiento por rayos UV o para retrasar este envejecimiento mediante su cambio de color.

El aditivo fotocromático puede comprender pigmentos fotocromáticos orgánicos y/o inorgánicos dependiendo del área de aplicación deseada del conducto de tubo flexible. Algunos ejemplos de aditivos fotocromáticos adecuados son los compuestos derivados del grupo de los azobencenos, las anilinas salicilidénicas y los fulgueros. Otros ejemplos de aditivos fotocromáticos adecuados son los compuestos derivados de espirocompuestos como, por ejemplo, los compuestos del grupo de los espiropiranos, por ejemplo, la espiroindolinabenzopirana, o las espirooxazinas como, por ejemplo, la espiroindolinabenzoxazina y la espiroindolinapiridobenzoxazina. En otro ejemplo, el aditivo fotocromático comprende productos de esterificación de ácido acrílico o ácido metacrílico y un poliol, por ejemplo, un diol, triol o

tetracarbinol, como se describe en el documento WO 89/05464. Alternativamente, se pueden utilizar pigmentos fotocromáticos como se describe en el documento US 2005/0066453 A1.

En otro ejemplo, la pared del conducto de tubo flexible comprende un aditivo piezocromático. El término "aditivo piezocromático", tal y como se utiliza en el presente documento, se refiere a aditivos, en particular a pigmentos, que, debido a un cambio en su expansión espacial, por ejemplo, como resultado de la acción de una presión mecánica, cambian la impresión de color que producen, por ejemplo, modificando el intervalo de longitud de onda en la que la luz es absorbida o reflejada por el aditivo. El cambio de color puede ser continuo a lo largo de un gran intervalo de presión o a una presión envolvente específica o en un intervalo de presión muy pequeño, en función del fin previsto del conducto de tubo flexible. En otro ejemplo, el aditivo piezocromático se selecciona de forma que su presión envolvente se encuentre en el intervalo de presión que se ha de detectar o en el intervalo de la tensión mecánica que se ha de detectar. Por ejemplo, el aditivo piezocromático presenta una presión envolvente de < 0,03 MPa (0,3 bar), < 0,04 MPa (0,4 bar), < 0,05 MPa (0,5 bar), < 0,1 MPa (1 bar), < 0,2 MPa (2 bar), < 0,5 MPa (5 bar) o < 1 MPa (10 bar). Por ejemplo, está previsto que el aditivo piezocromático cambie de color de forma permanente a una determinada presión y que, de este modo, se reconozca visualmente una superación de un radio de curvatura previsto del conducto de tubo flexible, una elongación o compresión prevista del conducto de tubo flexible o una presión de funcionamiento prevista del conducto de tubo flexible.

El aditivo piezocromático puede ser un pigmento piezocromático inorgánico u orgánico. Ejemplos de aditivos piezocromáticos adecuados son monocristales inorgánicos como, por ejemplo, las sales cristalinas como LiF o NaCl. Otro ejemplo es la sal inorgánica  $\text{CuMoO}_4$ , que presenta una transición de color de verde a rojo a una presión de 250 MPa (2,5 kbar).

En los ejemplos en los que se desea una transición de color a presiones más bajas, por regla general se prefieren materiales poliméricos orgánicos como pigmentos piezocromáticos. Un ejemplo de aditivo orgánico piezocromático es el poli(3-dodeciltiofeno), que presenta un cambio de absorción batocromático cuando se cambia la presión de normal a 800 MPa (8 kbar). El poli[3-(1-dodecilo)tiofeno-2,5-diilo] también presenta un desplazamiento batocromático en la absorción cuando aumenta la presión de normal a 10,71 GPa.

Entre los ejemplos de aditivos piezocromáticos adecuados se encuentran también el poli(3-dodeciltiofeno), el poli[3-(1-dodecil)tiofeno-2,5-diilo] y los aditivos piezocromáticos como los descritos en el documento WO 2005/092995, en los que se utiliza un sistema piezocromático de una sustancia ionocromática y un revelador, configurándose un sistema donador de electrones. Como sustancias ionocromáticas pueden utilizarse colorantes sensibles al pH o colorantes leuco como, por ejemplo, los derivados de ftalida, derivados de imidazol, pirrol, biantrona, xanthyliidenanthron, dixantileno o heliantrona.

En el documento DE 10 2009 035 363 A1 se describen otros ejemplos de aditivos piezocromáticos adecuados. Alternativamente, se puede utilizar una mezcla de carbonato de colesterol oleilo, cloruro de colesterol y nonanato de colesterol como aditivo piezocromático, utilizándose, en otro ejemplo, estos tres compuestos en una proporción en peso de 13,9: 32,9: 53,2.

En otro ejemplo, la pared del conducto de tubo flexible comprende un aditivo piezoeléctrico. El término "aditivo piezoeléctrico", tal como se utiliza en el presente documento, se refiere a aditivos, en particular a pigmentos, en los que la deformación elástica, por ejemplo, debida a una presión o a una carga mecánica, provoca un cambio en la polarización eléctrica y, por tanto, la aparición de una tensión eléctrica en los sólidos del aditivo. Por ejemplo, se prevé que el aditivo piezoeléctrico cambie su comportamiento eléctrico de forma permanente o reversible bajo la influencia de una determinada presión o temperatura, de modo que pueda detectarse la superación de una temperatura de funcionamiento prevista, un radio de curvatura previsto del conducto de tubo flexible, una elongación o compresión prevista del conducto de tubo flexible o una presión de funcionamiento prevista del conducto de tubo flexible sobre la base del cambio de comportamiento eléctrico. De esta manera, también se puede reconocerse una vibración del conducto de tubo flexible.

El aditivo piezoeléctrico puede ser un aditivo inorgánico u orgánico.

En otro ejemplo, el aditivo piezoeléctrico es un cristal piezoeléctrico como, por ejemplo, cuarzo, niobato de litio, berlinita, minerales del grupo de la turmalina o la sal de seignette.

Otros ejemplos de aditivos piezoeléctricos adecuados son materiales cerámicos sintéticos piezoeléctricos, como titanatos de zirconato de plomo (PZT) (modificados), titanatos de bario (BTO) o niobatos de plomo y magnesio (PMN), u otros materiales piezoeléctricos, como el fluoruro de polivinilideno (PVdF).

En otro ejemplo, el aditivo piezoeléctrico puede ser un material compuesto piezoeléctrico en el que partículas de un material fuertemente piezoeléctrico se mantienen juntas en una matriz de un material estructurado. Como alternativa, se pueden utilizar capas finas piezoeléctricas, por ejemplo, de óxido de zinc ( $\text{ZnO}$ ) o nitruro de aluminio ( $\text{AlN}$ ).

Los aditivos termocromáticos, fotocromáticos, piezocromáticos o piezoeléctricos descritos anteriormente se añaden

preferentemente a una composición plástica en forma de masterbatch antes o durante un proceso de extrusión. De este modo, el aditivo puede introducirse fácilmente de manera uniforme en un plástico que posteriormente forme la pared del conducto de tubo flexible o una parte deseada de la pared del tubo flexible como, por ejemplo, un revestimiento en el interior o el exterior del conducto de tubo flexible, un revestimiento de un elemento de refuerzo o un revestimiento de un tejido, o una parte deseada de un acoplamiento de tubo flexible como, por ejemplo, un conector.

En otro ejemplo, los aditivos termocromáticos, fotocromáticos, piezocromáticos o piezoeléctricos se presentan en forma microencapsulada. Para la microencapsulación pueden utilizarse técnicas convencionales conocidas por el estado de la técnica. Algunos ejemplos son la polimerización interfacial, la polimerización *in situ*, el recubrimiento por curado en líquido, la separación de fases de una solución acuosa, la separación de fases de un disolvente orgánico, el enfriamiento por dispersión de la masa fundida, el recubrimiento por suspensión de aire y el secado por pulverización. Antes de que las microcápsulas se pongan en uso en el sentido de la presente invención, su superficie puede recubrirse con una película de resina adicional para aumentar así la durabilidad o modificar las propiedades de la superficie y así mejorar la compatibilidad con el plástico de la pared del tubo flexible y la incorporación del aditivo.

En un ejemplo, el aditivo puede comprender adicionalmente un estabilizador de la luz para evitar la fotodegradación de la composición del aditivo y aumentar así la longevidad del conducto de tubo flexible de acuerdo con la invención. Entre los ejemplos del estabilizador de luz se encuentran los compuestos que inhiben las reacciones de oxidación como, por ejemplo, los absorbentes ultravioleta y los antioxidantes. El estabilizador de luz también puede ser microencapsulado junto con el aditivo.

En otro ejemplo, el aditivo puede estar revestido adicionalmente, es decir, rodeado de una o más envolturas inorgánicas u orgánicas. La envoltura puede contener, por ejemplo, óxido de silicio, óxido de aluminio, óxido de estaño, óxido de titanio, fosfato de aluminio, fosfato de aluminio-zinc, un organopolisiloxano, nitruro de silicio, carburo de silicio y/o nitruro de aluminio.

De acuerdo con otro ejemplo, la pared presenta al menos una capa que comprende un plástico termoplástico, estando contenidos uno o más de los aditivos descritos anteriormente en el plástico termoplástico.

La capa puede ser, por ejemplo, un revestimiento de la superficie interior de la pared del tubo flexible como, por ejemplo, un revestimiento de un tubo flexible en espiral construida a partir de tiras perfiladas extrudidas, como se describe, por ejemplo, en el documento DE 10 2006 019 562. La disposición del aditivo en un revestimiento de la superficie del conducto de tubo flexible orientada hacia el interior del tubo flexible presenta la ventaja de que los parámetros de funcionamiento de la pared del tubo flexible, por ejemplo, la temperatura, pueden determinarse directamente en la zona de contacto entre la pared del tubo flexible y el medio contenido en el conducto de tubo flexible.

En el caso de que el aditivo comprenda un aditivo que cambia de color, es decir, un aditivo termocromático, fotocromático o piezocromático, la propia pared del tubo flexible está diseñada preferentemente de manera transparente para que el cambio de color sea también perceptible desde el exterior.

En otro ejemplo, el aditivo se incluye en un revestimiento en la superficie exterior de la pared del tubo flexible. Entre los ejemplos de este tipo de revestimiento se incluye un revestimiento protector o la llamada protección antiabrasiva, es decir, un revestimiento o perfil de plástico aplicado desde el exterior para proteger el conducto de tubo flexible de la abrasión o el rayado de la superficie exterior. Este ejemplo presenta la ventaja de que los cambios de color de los aditivos termocromáticos, fotocromáticos y piezocromáticos se perciben particularmente bien.

Una capa de la pared del tubo flexible en el sentido de la presente solicitud también incluye la propia pared. Así, en otro ejemplo, el aditivo puede incluirse en la pared de un tubo flexible termoplástico en espiral o lisa descrita anteriormente. Por ejemplo, el aditivo está contenido preferentemente de manera uniforme en la tira del perfil extrudido de un tubo flexible termoplástico descrito anteriormente. En el caso de que la pared del tubo flexible presente varias capas como, por ejemplo, un tubo flexible construido según la "construcción en sándwich" descrita anteriormente, una o más de las capas pueden contener el aditivo.

De acuerdo con otra forma de realización preferente de la invención, la pared del conducto de tubo flexible presenta un elemento de refuerzo, en particular una espiral de refuerzo que discurre helicoidalmente, presentando el elemento de refuerzo un revestimiento, en particular, un revestimiento de plástico termoplástico, y estando contenido el aditivo en el revestimiento del elemento de refuerzo. En esta forma de realización, el elemento de refuerzo, como una espiral de refuerzo, habitualmente hecha de alambre metálico o de plástico, se recubre con un aditivo en una etapa independiente o en una etapa integrada en la producción del conducto de tubo flexible definitivo, por ejemplo, mediante un procedimiento en línea o de coextrusión. La ventaja de esta forma de realización reside, en particular, en que se evitan posibles influencias negativas del aditivo en la extrudibilidad o soldabilidad del material plástico termoplástico de la verdadera pared del tubo flexible. Esto se cumple tanto para los elementos de refuerzo incrustados, es decir, situados internamente, como a los situados externamente, por ejemplo, elementos de refuerzo soldados.

De acuerdo con un ejemplo, la pared del tubo flexible comprende un tejido recubierto, estando contenido el aditivo en

el revestimiento del tejido. Por ejemplo, es útil diseñar un tubo flexible de tejido que está previsto para aplicaciones de alta temperatura con un revestimiento que comprenda un aditivo termocromático para detectar cuando el medio de alta temperatura supera el intervalo de temperatura predefinido.

- 5 No es necesario que toda la pared de tubo flexible presente un material de sensor como, por ejemplo, aditivo. Por el contrario, también es posible fijar a la pared de tubo flexible una tira de tejido o película equipada con el aditivo. Esta tira fijada también podría garantizar la vigilancia de los parámetros de funcionamiento descritos al principio.

De acuerdo con la invención, el transductor de medición es un conductor eléctrico.

- 10 A los efectos de la presente solicitud, se entiende por el término "conductor eléctrico" un elemento, en particular un conductor metálico, con buena conductividad eléctrica, que no contribuye esencialmente a la resistencia mecánica, en particular a la rigidez a la flexión y a la resistencia a la tracción, del conducto de tubo flexible. A diferencia de la espiral de refuerzo que se utiliza habitualmente en los tubos flexibles en espiral, el conductor eléctrico no contribuye en particular de forma significativa a la resistencia a la presión en el vértice del conducto de tubo flexible, es decir, a la resistencia a la compresión del conducto de tubo flexible debido a una carga externa aplicada al vértice del conducto de tubo flexible. Por lo tanto, la resistencia a la presión en el vértice del conducto de tubo flexible preferentemente no aumenta, o solo lo hace muy ligeramente, por la presencia del conductor eléctrico en o sobre la pared de tubo flexible.

- 20 En una forma de realización preferente, el conductor eléctrico está diseñado de tal manera que presenta un factor de ganancia de menos de 10, de manera particularmente preferente de menos de 5 o 2 y, en particular, de menos de 1,5 o 1,2. El factor de ganancia es a este respecto el cociente entre la fuerza de flexión del conducto de tubo flexible con conductor eléctrico y la fuerza de flexión del correspondiente conducto de tubo flexible sin conductor eléctrico. Para la determinación, se inserta un conductor eléctrico que se ha de ensayar de forma helicoidal, es decir, en espiral, en un tubo flexible consistente en poliuretano termoplástico, en particular poliuretano poliéster con una dureza de 80 Shore A, con un grosor de pared de acuerdo con la norma DIN 26057 de 1,4 mm, no comprendiendo el conducto de tubo flexible ningún elemento de refuerzo, como una espiral de refuerzo, además del conductor eléctrico. A continuación, se determina la fuerza de flexión de este primer conducto de tubo flexible de acuerdo con la norma DIN 26057 y se compara con la fuerza de flexión de acuerdo con la norma DIN 26057 de un segundo conducto de tubo flexible que únicamente se diferencia del primer conducto de tubo flexible en que no comprende el conductor eléctrico.

Preferentemente, el diámetro del conductor eléctrico, por ejemplo, el diámetro de un hilo metálico, es inferior a 1 mm, de manera especialmente preferente inferior a 0,8, 0,7, 0,6, 0,5, 0,3 o 0,1 mm.

- 35 Las propiedades eléctricas como, por ejemplo, la conductividad de un conductor eléctrico dependen, entre otras cosas, de su longitud y su diámetro, de modo que un cambio en estas variables, por ejemplo, debido a un cambio térmico en la longitud causado por el calentamiento del conducto de tubo flexible o debido a un cambio mecánico en la longitud causado por el alargamiento del conducto de tubo flexible, provoca un cambio medible en la conductividad eléctrica. Por ejemplo, de acuerdo con la invención, está previsto que el conductor eléctrico cambie su conductividad eléctrica por efecto de la presión o de la temperatura, y así se puede detectar un cambio en la temperatura de funcionamiento o en la presión de funcionamiento del conducto de tubo flexible sobre la base del cambio de comportamiento eléctrico. Con la ayuda de un conductor eléctrico utilizado de acuerdo con la invención, también se puede determinar la integridad del conducto de tubo flexible, ya que, por ejemplo, se puede detectar un daño en el conducto de tubo flexible y, por lo tanto, una rotura en el conductor eléctrico sobre la base de un cambio acusado en la conductividad.

- 45 En una forma de realización particularmente preferente, el conductor eléctrico es un llamado termopar, es decir, un par de conductores metálicos de diferentes materiales conectados en un extremo. Sobre la base del llamado efecto termoeléctrico, es decir, mediante la determinación de la tensión eléctrica que se produce en los extremos libres, se puede determinar la temperatura en los extremos conectados.

- 50 A los efectos de esta solicitud, se entiende por el término "fibra óptica" un conducto para la transmisión de luz como, por ejemplo, un conducto de fibra óptica. El conducto de fibra óptica puede presentar un diámetro desde unos pocos micrómetros a unos pocos milímetros, en función del área de aplicación del conducto de tubo flexible. Las propiedades ópticas de un conductor de fibra óptica dependen, entre otras cosas, de su longitud y su diámetro, de modo que un cambio en estas variables, por ejemplo, debido a un cambio térmico en la longitud causado por el calentamiento del conducto de tubo flexible o debido a un cambio mecánico en la longitud causado por el alargamiento del conducto de tubo flexible, provoca un cambio medible en la conductividad óptica. Por ejemplo, está previsto que el conductor de fibra óptica cambie su conductividad óptica por efecto de la presión o de la temperatura, y así se puede detectar un cambio en la temperatura de funcionamiento o en la presión de funcionamiento del conducto de tubo flexible sobre la base del cambio de comportamiento óptico. Con la ayuda de un conductor de fibra óptica utilizado, también se puede determinar la integridad del conducto de tubo flexible, ya que, por ejemplo, se puede detectar un daño en el conducto de tubo flexible y, por lo tanto, una rotura en el conductor de fibra óptica sobre la base de un cambio acusado en la conductividad.

- 65 En otro ejemplo, el conductor de fibra óptica es un sensor de fibra óptica y, en particular, un sensor de fibra óptica inherente como, por ejemplo, un sensor de presión de fibra óptica en el que las pérdidas de flexión inducidas por la

presión provocan cambios de transmisión en la fibra óptica, o un sensor de temperatura de fibra óptica para la medición de la temperatura local mediante la dispersión Raman dependiente de la temperatura en la fibra óptica.

De acuerdo con la invención, un conductor eléctrico se extiende en dirección axial del conducto de tubo flexible. De acuerdo con la invención, el conductor eléctrico se extiende helicoidalmente alrededor del eje de tubo flexible. En particular, es preferente a este respecto que la pared comprenda un plástico termoplástico y que el conductor eléctrico esté incrustado en el plástico termoplástico. Una ventaja de esta última forma de realización mencionada es que dicho conducto de tubo flexible puede proporcionarse de manera particularmente sencilla alimentando una masa fundida de plástico a un cabezal de extrusión para formar una banda de material extrudido y conectando el conductor eléctrico a la banda de material durante la extrusión de la banda de material. Si el conducto de tubo flexible presenta una espiral de refuerzo, el conductor eléctrico se inserta preferentemente en la banda de material a una distancia definida del elemento de refuerzo.

De acuerdo con una forma de realización alternativa, la pared de tubo flexible presenta un tejido y el conductor eléctrico está tejido en el tejido. Esta forma de realización también es fácil y eficaz de llevar a cabo utilizando los procedimientos de tejido habituales. En el uso de acuerdo con la invención de un conductor eléctrico como transductor de medición, es preferente, además, si la pared de tubo flexible presenta un tejido y el conductor eléctrico está diseñado en forma de hilo, por ejemplo, como un hilo conductor, y está cosido en la pared o en un material portador fijado a la pared. En esta forma de realización, el conductor eléctrico presenta preferentemente un diámetro de filamento de unos pocos micrómetros a unas pocas décimas de milímetro, como, por ejemplo, de 10  $\mu\text{m}$  a 0,5 mm o preferentemente de 50  $\mu\text{m}$  a 0,3 mm. Por ejemplo, una disposición en forma de bucle del conductor eléctrico es adecuada como patrón de costura. De acuerdo con una forma de realización, el material de sensor cosido está dispuesto en el interior del tubo flexible.

En el caso de un material de sensor cosido, las propiedades eléctricas como, por ejemplo, la conductividad, del conductor eléctrico dependen no solo de su longitud y diámetro, sino también de su disposición relativa en el patrón de costura, de modo que un cambio en el patrón de costura, por ejemplo, debido a un cambio térmico en la longitud causado por el calentamiento del conducto de tubo flexible o debido a un cambio mecánico en la longitud causado por estiramiento, presiones o vibraciones, va acompañado de un cambio medible en la conductividad eléctrica. Por lo tanto, es posible que el material de sensor cosido cambie su conductividad eléctrica cuando se expone a la presión o a la temperatura, de modo que un cambio en la temperatura de funcionamiento o en la presión de funcionamiento del conducto de tubo flexible puede ser detectado por el cambio en el comportamiento eléctrico.

De acuerdo con otro ejemplo, se coloca una galga extensiométrica en la pared del tubo flexible. La galga extensiométrica puede unirse preferentemente a la pared del tubo flexible o a un acoplamiento de tubo flexible o a una pieza de conexión de la misma mediante cosido, pegado u otras técnicas de unión.

Las galgas extensiométricas son conocidas por el estado de la técnica y representan equipos para la detección de deformaciones por estiramiento y compresión. Cambian su resistencia eléctrica incluso con ligeras deformaciones, de modo que la magnitud de la resistencia eléctrica puede utilizarse para inferir deformaciones del conducto de tubo flexible debido a una presión aplicada dentro del conducto de tubo flexible o debido a una elongación o compresión del conducto de tubo flexible.

Mientras que en los conductos flexibles de tubo flexible que contienen un aditivo que cambia de color, por ejemplo, un aditivo termocromático, fotocromático o piezocromático, como material de sensor, el parámetro de funcionamiento ya puede determinarse de forma puramente visual, los conductos de tubo flexible con transductores de medición o aditivo funcional eléctricamente reactivo como material de sensor presentan preferentemente una conexión y una periferia para evaluar las señales, por ejemplo, eléctricas u ópticas.

En una forma de realización particularmente preferente, el conducto de tubo flexible de acuerdo con la invención comprende además un equipo para registrar los datos de medición representativos de las propiedades del material de sensor y, dado el caso, un equipo para transmitir los datos de medición a un equipo de procesamiento de datos.

Por lo tanto, el equipo para registrar los datos de medición representativos de las propiedades del material de sensor es preferentemente adecuado para registrar el comportamiento eléctrico del material de sensor. Por ejemplo, el equipo para registrar datos de medición representativos de las propiedades del material de sensor es un medidor de resistencia eléctrica o un medidor de continuidad que está conectado eléctricamente al material de sensor, que es un conductor eléctrico de acuerdo con la invención.

Los datos de medición registrados por el equipo pueden mostrarse directamente en el equipo y, por tanto, directamente en el conducto de tubo flexible, por ejemplo, mediante una pantalla. También es posible transmitir los datos de medición a un equipo de almacenamiento o a un equipo de procesamiento de datos por medio de un cable o de forma inalámbrica.

En una forma de realización preferente, el conducto de tubo flexible de acuerdo con la invención presenta, además, un equipo de almacenamiento y/o un equipo para transmitir los datos de medición a un equipo de procesamiento de datos.

En una forma de realización, se almacena en el equipo de almacenamiento un identificador de identidad que identifica de forma unívoca el conducto de tubo flexible, estando conectados el equipo para registrar los datos de medición representativos de las propiedades del material de sensor y el equipo de almacenamiento con el equipo de transmisión de datos para la transmisión de datos a distancia, de modo que el identificador de identidad pueda ser comprobado a través del equipo de transmisión de datos. En particular, es preferente que el dispositivo de registro de datos de medición representativos de las propiedades del material de sensor esté configurado para almacenar datos representativos del historial de funcionamiento del conducto de tubo flexible, incluidos tiempos de funcionamiento y datos de medición de parámetros de funcionamiento o variables de funcionamiento derivadas de los mismos, en el equipo de almacenamiento.

Además, el equipo para el registro de datos de medición representativos de las propiedades del material de sensor está concebido preferentemente para enviar automáticamente datos de medición junto con el identificador de identidad recuperado del dispositivo de almacenamiento periódicamente a través del equipo de transmisión de datos o para enviarlos a través del equipo de transmisión de datos en respuesta a una señal de solicitud externa dirigida al equipo de transmisión de datos.

En una forma de realización preferente, el equipo de almacenamiento es un denominado chip RFID integrado en la pared del tubo flexible o en una pieza conectora.

Una gran ventaja del conducto de tubo flexible descrito anteriormente de acuerdo con la invención estriba en que el usuario puede combinar fácilmente el sistema divulgado para vigilar los parámetros de funcionamiento del conducto de tubo flexible con un sistema previamente presente para controlar las propiedades de transporte del conducto de tubo flexible, de modo que el esfuerzo necesario para implementar el sistema y adquirir componentes electrónicos adicionales es mínimo.

En una forma de realización, el conducto de tubo flexible de acuerdo con la invención presenta una combinación de dos o más de los materiales de sensor anteriormente mencionados, como una combinación de dos o más transductores de medición, por ejemplo, una combinación de conductos de fibra óptica y conductores eléctricos, o una combinación de uno o más aditivos con uno o más transductores de medición.

Como se ha mostrado anteriormente, el material de sensor descrito anteriormente es ideal para determinar parámetros de funcionamiento de conductos de tubo flexible. De acuerdo con la anterior, la presente invención también se refiere al uso de material de sensor integrado en la pared de un conducto de tubo flexible, que tiene una propiedad de material que varía con un parámetro de funcionamiento que debe determinarse del conducto de tubo flexible para vigilar los parámetros de funcionamiento de conductos flexibles de tubo flexible. En consecuencia, la invención también se refiere al uso del conducto flexible de tubo flexible de acuerdo con la invención para determinar y vigilar parámetros de funcionamiento del conducto de tubo flexible.

A continuación, la presente invención se explicará con más detalle haciendo referencia a ejemplos de realización únicamente preferentes y a los dibujos. Muestran:

la Figura 1: una vista en sección de un conducto de tubo flexible;

la Figura 2: una vista superior de un conducto de tubo flexible;

la Figura 3: una vista superior de un conducto de tubo flexible; y

Figura 4: una vista superior de un conducto de tubo flexible

la Figura 5: una vista superior de un conducto de tubo flexible.

Los conductos de tubo flexible de las figuras no se corresponden con la invención.

La figura 1 muestra una sección de un conducto de tubo flexible 1 o de un tubo flexible con una pared del tubo flexible 3 que rodea el interior del conducto de tubo flexible 5. La pared del tubo flexible 3 presenta una banda de material 7 que discurre helicoidalmente, que es una tira de perfil extrudido enrollada helicoidalmente y compuesta de plástico termoplástico transparente, estando unidas las secciones adyacentes de la banda de material entre sí de manera solapada en la zona de borde 9. En la banda de material 7 está incrustado un elemento de refuerzo 11 en forma de espiral de alambre, que también se extiende helicoidalmente en la dirección del conducto de tubo flexible o en la dirección longitudinal del conducto de tubo flexible 1.

El elemento de refuerzo 11 presenta un revestimiento 13 que contiene un aditivo termocromático que es transparente hasta una temperatura de 80 °C y cambia de color espontáneamente a una temperatura superior a 80 °C. De este modo, un operario puede detectar de forma rápida, económica y fiable cuándo la temperatura de la pared 3 del conducto de tubo flexible 1 ha superado un valor crítico de 80 °C. El revestimiento 13 se obtiene cubriendo primero la

espiral de alambre del elemento de refuerzo 11 con el aditivo termocromático y, a continuación, recubriéndolo con una fina capa de un plástico transparente. A continuación, la espiral de alambre recubierta se alimenta a un procedimiento de fabricación estándar para la fabricación de tubos flexibles en espiral. El hecho de que el aditivo únicamente esté contenido en el revestimiento del elemento de refuerzo 11 y la banda de material 7 esté libre de aditivo termocromático conlleva la ventaja adicional de que la calidad y la seguridad de la conexión de bandas de material 7 adyacentes en las zonas de borde 9 por medio de la soldadura y/o el pegado no se ven afectadas negativamente.

La pared del tubo flexible 3 presenta, además, un revestimiento 15 en la superficie que orientada hacia el interior del conducto de tubo flexible 5, en el que está incrustada una pluralidad de partículas de aditivo 17. En esta forma de realización, las partículas de aditivo 17 representan también un aditivo termocromático, de modo que con su ayuda se puede vigilar la temperatura de la pared del tubo flexible 3 en el área de la zona de contacto con el medio situada en el interior del conducto de tubo flexible 5. El tipo de cambio de color de las partículas de aditivo 17 es preferentemente diferente del cambio de color del aditivo contenido en el revestimiento 13. En cualquier caso, una superación de la temperatura en la superficie interior de la pared del tubo flexible 3 puede distinguirse ya de una superación de la temperatura en la zona del elemento de refuerzo 11 porque el cambio de color causado por las partículas de aditivo 17 puede observarse esencialmente en una amplia zona del revestimiento 15 y no solo en la zona del elemento de refuerzo 11.

La figura 2 muestra una vista superior de un conducto de tubo flexible 1. En esta forma de realización, la pared del tubo flexible 3 presenta un tejido 19 formado por hilos de plástico 21. Los hilos de plástico 21 presentan un revestimiento de plástico termoplástico que contiene un aditivo termocromático. Seleccionando un aditivo termocromático adecuado, se puede garantizar de forma sencilla que se supere una temperatura máxima de funcionamiento predeterminada del conducto de tubo flexible 1.

La figura 3 también muestra un conducto de tubo flexible 1 en el que la pared 3 está formada por un tejido 19. En este ejemplo, un conductor eléctrico 23 y un conducto de fibra óptica 25 se entretrejen en el tejido 19 entrelazando el conductor eléctrico 23 y el conductor de fibra óptica 25 con los hilos 21. Tanto el conductor eléctrico 23 como el conductor de fibra óptica 25 se extienden en dirección axial 27 del conducto de tubo flexible. La figura 4 también muestra un conducto de tubo flexible 1 en el que la pared 3 está formada por un tejido 19. En este ejemplo, una galga extensométrica 29 está unida al tejido 19. Las conexiones 31 de la galga extensiométrica 29 están conectadas a un equipo 33 para detectar la conductividad eléctrica de la galga extensiométrica 29. Además, el conducto de tubo flexible 1 presenta un equipo 35 para transmitir los datos de medición a un equipo de procesamiento de datos (no mostrado en la figura 5). Tanto el equipo 33 como el equipo 35 están unidos al conducto de tubo flexible 1 de tal modo que el usuario no necesita ningún accesorio externo, sino que el conducto de tubo flexible 1 permite una supervisión eficaz y sencilla de parámetros de funcionamiento del conducto de tubo flexible.

La figura 5 muestra un conducto de tubo flexible 1 en el que la pared 3 está formada por un tejido 19 a cuyo lado exterior se aplica un material portador 37 sobre el que se cose un conductor eléctrico 39. El material de sensor cosido 39 cambia su conductividad eléctrica cuando se somete por efecto de presión o temperatura, de tal modo que se puede detectar un cambio en la temperatura de funcionamiento o en la presión de funcionamiento del conducto de tubo flexible con la ayuda del equipo 33 para detectar la conductividad eléctrica y el equipo 35 para transmitir los datos medidos a un equipo de procesamiento de datos.

# REIVINDICACIONES

1. Uso de un conducto de tubo flexible (1) con una pared (3) para determinar y vigilar los parámetros de funcionamiento del conducto de tubo flexible, presentando la pared (3) material sensor integrado que tiene una propiedad de material que varía con un parámetro de funcionamiento que debe determinarse del conducto de tubo flexible (1), estando configurado el material de sensor en forma de al menos un transductor de medición que es un conductor eléctrico (23, 39) que se extiende helicoidalmente alrededor del eje del tubo flexible en dirección axial del conducto de tubo flexible, **caracterizado por que** el parámetro de funcionamiento del conducto de tubo flexible (1) se selecciona del grupo formado por la temperatura de la pared del tubo flexible, la presión positiva o negativa que actúa sobre la pared del tubo flexible, el radio de curvatura del conducto de tubo flexible, el alargamiento o la compresión del conducto de tubo flexible, la vibración y el grado de envejecimiento del material de la pared del tubo flexible.
2. Uso de un conducto flexible de tubo flexible (1) según la reivindicación 1, siendo el conductor eléctrico (23, 39) un cable metálico.
3. Uso de un conducto flexible de tubo flexible (1) según la reivindicación 1, siendo el conductor eléctrico (23, 39) un termopar.
4. Uso de un conducto flexible de tubo flexible (1) según la reivindicación 1, presentando la pared (3) al menos una capa que comprende un plástico termoplástico, y estando incrustado el conductor eléctrico (23) en la capa.
5. Uso de un conducto flexible de tubo flexible (1) según la reivindicación 4, pudiendo obtenerse el conducto de tubo flexible (1) mediante la introducción de una masa fundida de plástico en un cabezal de extrusión para formar una banda de material extrudido y conectándose el conductor eléctrico (23) con la banda de material durante la extrusión de la banda de material.
6. Uso de un conducto flexible de tubo flexible (1) según la reivindicación 5, presentando el conducto de tubo flexible (1) un elemento de refuerzo (11) e introduciéndose el conductor eléctrico (23) a una distancia definida del elemento de refuerzo (11).
7. Uso de un conducto flexible de tubo flexible (1) según la reivindicación 1, presentando la pared un tejido (19) y estando tejido el conductor eléctrico (23, 39) en el tejido.
8. Uso de un conducto flexible de tubo flexible (1) según una de las reivindicaciones anteriores, comprendiendo el conducto de tubo flexible además un equipo (33) para registrar datos de medición representativos de las propiedades materiales del material del sensor y, dado el caso, un equipo (35) para transmitir los datos de medición a un equipo de tratamiento de datos.

Fig. 1

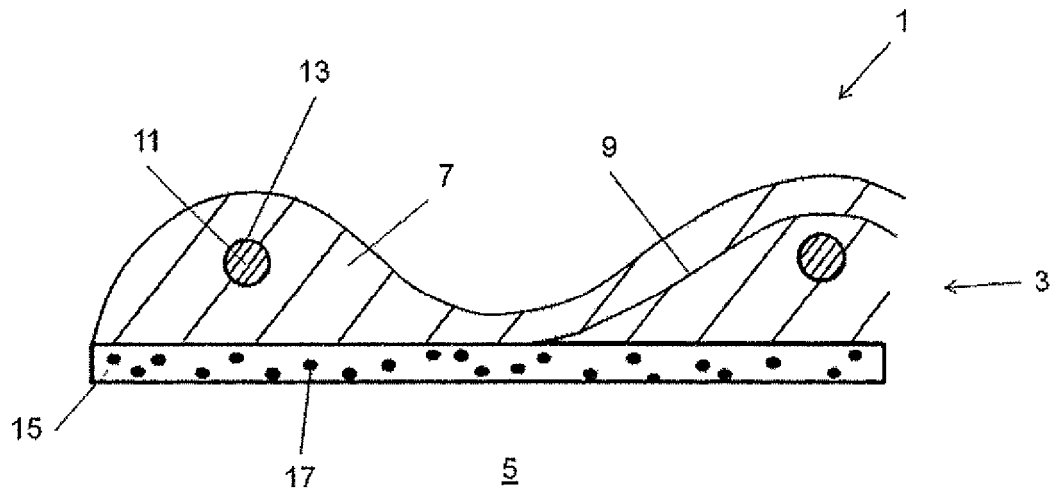


Fig. 2

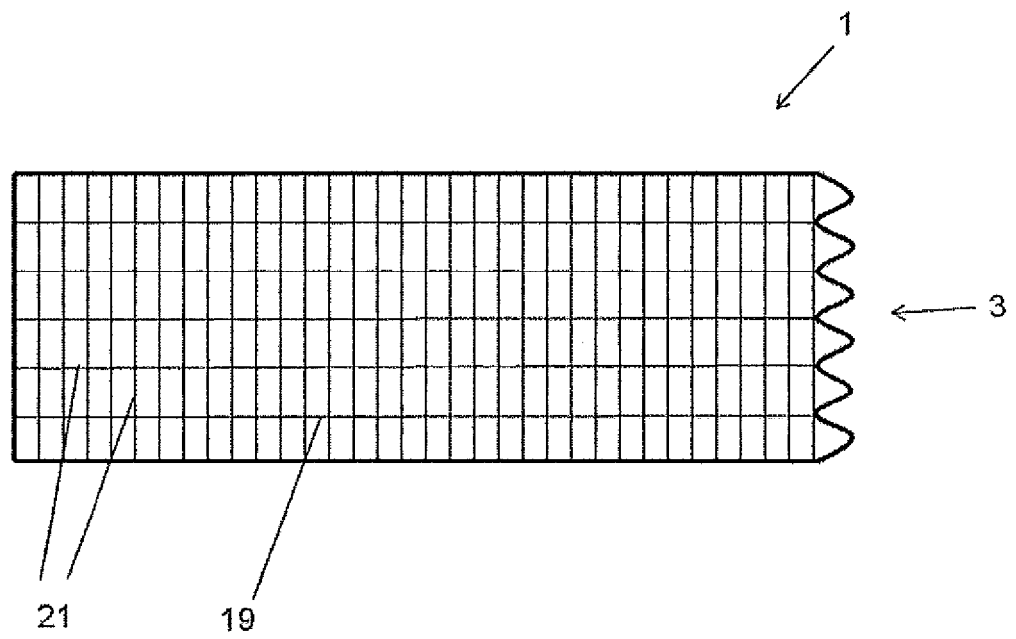


Fig. 3

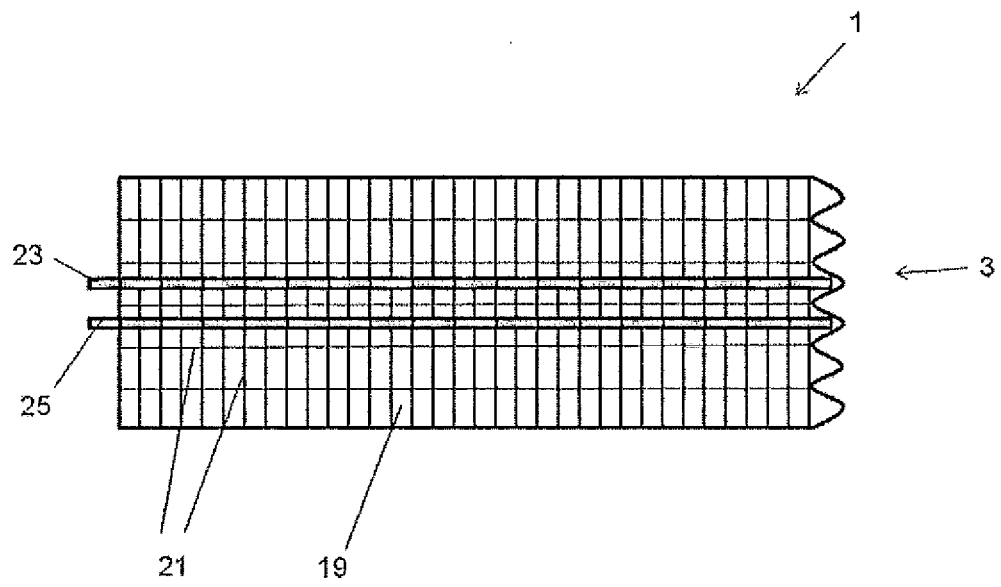


Fig. 4

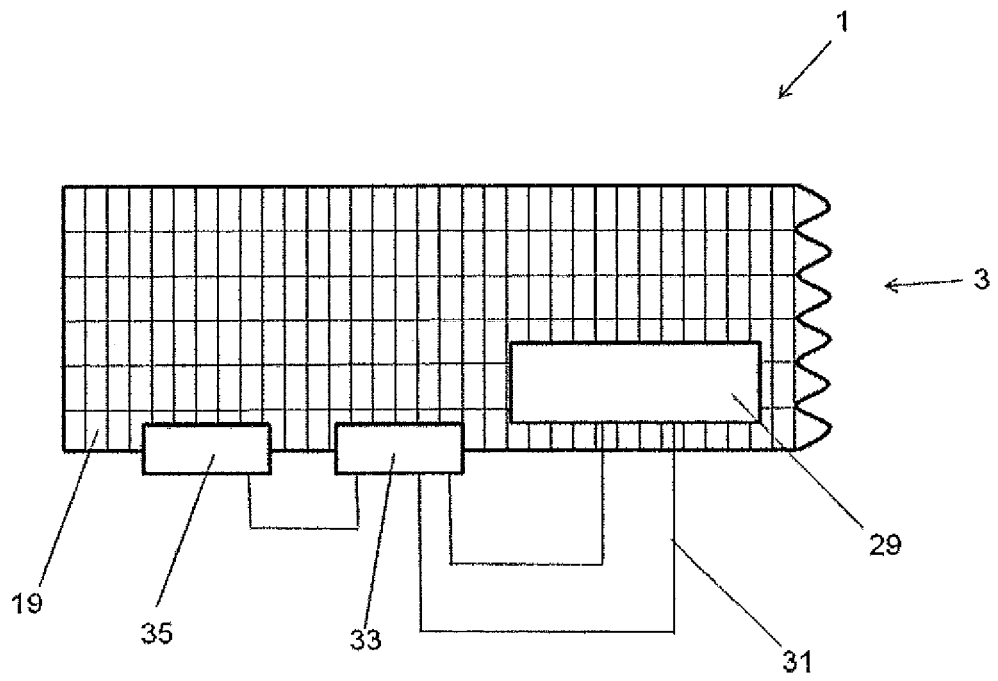


Fig. 5

