

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 017 261**

51 Int. Cl.:

G01L 19/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.10.2022** **E 22203343 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.01.2025** **EP 4202392**

54 Título: **Transductor con membrana para su uso con medios fluidos que contienen hidrógeno**

30 Prioridad:

23.12.2021 EP 21217511

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

12.05.2025

73 Titular/es:

**KISTLER HOLDING AG (100.00%)
Eulachstrasse 22
8408 Winterthur, CH**

72 Inventor/es:

**MASTROGIACOMO, GIOVANNI;
MÄRKI, HANS BEAT y
CADONAU, THOMAS**

74 Agente/Representante:

SÁEZ MAESO, Ana

ES 3 017 261 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

Transductor con membrana para su uso con medios fluidos que contienen hidrógeno

5 Campo técnico

La invención se refiere a un transductor con una membrana para su uso con medios fluidos que contienen hidrógeno.

Estado de la técnica

10

Una membrana separa un medio fluido en un primer espacio de un segundo espacio. En el ámbito de la tecnología de medición de presión, los transductores a menudo tienen una membrana que separa un dispositivo de medición, por ejemplo, un elemento transductor, del medio fluido, como un medio de medición gaseoso y/o líquido cuya presión se desea medir. Una membrana normalmente tiene una superficie con una primera extensión y una segunda extensión, siendo la primera extensión y la segunda extensión principalmente perpendiculares a un eje longitudinal. En una

15

tercera extensión, paralela al eje longitudinal, la membrana tiene un grosor, también denominado espesor de la pared.

20

En lo sucesivo, se entiende por medio fluido un medio fluido que contiene hidrógeno, el cual tiene al menos un 1 % en volumen (volumen porcentual) de hidrógeno.

25

La superficie de la membrana normalmente presenta una zona que está en contacto con el medio fluido en un primer espacio. En el caso de un transductor de presión, la presión ejercida sobre la zona de la membrana por el medio fluido debe transmitirse, con la menor pérdida posible, a un elemento transductor de presión, o simplemente elemento transductor. Para que la sensibilidad de un sistema de medición con el elemento transductor no se vea demasiado afectada por la membrana, la zona de la membrana directamente expuesta al medio fluido debe tener la mayor flexibilidad posible, es decir, una rigidez lo más baja posible. Sin embargo, el material en esta zona de baja rigidez no debe deformarse de manera irreversible debido a la presión de medición. Si se utilizan materiales con un límite de elasticidad de aproximadamente 400 MPa (megapascuales), la membrana debe ser fabricada con el grosor adecuado para evitar deformaciones irreversibles. La membrana también puede tener zonas más gruesas, con las cuales, por

30

ejemplo, la membrana se conecta con una carcasa del transductor. Estas zonas más gruesas también pueden servir para la estabilidad de la membrana. Estas zonas más gruesas no sirven para la transmisión de presión del medio fluido al elemento transductor de presión.

35

El límite de elasticidad de un material metálico se determina según la norma DIN EN ISO 6892-1. Corresponde al valor $R_{P\ 0,2}$.

40

La superficie de una membrana puede extenderse ampliamente a lo largo de la primera extensión y de la segunda extensión, pero puede estar parcialmente curvada en dirección al eje longitudinal.

45

Las membranas también pueden separar un medio fluido de otros tipos de elementos transductores, como transductores de temperatura, en los que un elemento transductor de temperatura está separado del medio fluido por una membrana. En este caso, la temperatura del medio fluido se transfiere al elemento transductor de temperatura a través de la membrana. También en este caso, la membrana debe ser lo más delgada posible para que el coeficiente de transferencia de calor sea lo más alto posible.

50

Si el medio fluido contiene hidrógeno, la membrana debe ser tanto hermética como resistente al hidrógeno. Por esta razón, para membranas que también sean resistentes al calor por encima de los 200 °C, a menudo se utilizan metales comerciales, resistentes al hidrógeno y policristalinos, como el acero austenítico 1.4404 (también conocido como 316L) con un límite de elasticidad de aproximadamente 400 MPa a temperatura ambiente, o la aleación a base de níquel 2.4819 (también conocida como C-276) con un límite de elasticidad igualmente cercano a los 400 MPa a temperatura ambiente. Estos materiales se caracterizan por un tamaño de grano medio superior a 20 μm . Sin embargo, estos metales policristalinos de grano grueso no son adecuados como materiales para membranas delgadas con un espesor inferior a 500 μm , ya que su bajo límite de elasticidad no permite diseñar membranas de pared delgada. Una membrana delgada se deformaría irreversiblemente con rapidez. Además, debido a la escasez de granos cristalinos en las áreas delgadas de la pared de las membranas, el material no se comporta de manera isotrópica. Además, la ruta de difusión para el hidrógeno molecular y/o atómico a lo largo de los límites de grano entre los cristales es relativamente corta en áreas de grano grueso. Esto es desfavorable, ya que el hidrógeno puede difundirse fácilmente a través de la membrana en un trayecto corto.

55

60

En metales y aleaciones, el término 'estructura' se refiere a la microestructura del material. Un ejemplo de estructura es la martensita.

65

La designación 1.4404, así como otros números de materiales mencionados a continuación, corresponden a la norma DIN EN 10027-2.

Cuando el hidrógeno molecular y/o atómico penetra en un material metálico, se produce la denominada fragilización por hidrógeno. Como consecuencia, existe el riesgo de rotura frágil bajo carga del material.

5 La fragilización por hidrógeno se entiende como un cambio en la ductilidad y resistencia de un metal o una aleación metálica debido a la penetración y posterior inserción de hidrógeno en la estructura de red del metal o la aleación. Como resultado, puede producirse la formación de fisuras inducidas por hidrógeno, lo que limita el uso de materiales susceptibles en aplicaciones con contacto con hidrógeno.

10 Es bien sabido que un metal o una aleación metálica con alta resistencia tiende más a la fragilización por hidrógeno que un metal con menor resistencia.

15 Los materiales acero 1.4404 (también conocido como 316L) y la aleación 2.4819 (también conocida como C-276) son generalmente considerados resistentes a la corrosión. Sin embargo, presentan un bajo límite de elasticidad y, por lo tanto, se deforman plásticamente con menor esfuerzo en comparación con materiales de mayor límite de elasticidad. Para compensar esta desventaja, las membranas a menudo se fabrican con un grosor alto, superior a 500 µm. Sin embargo, esto resulta desfavorable debido a la elevada masa inercial de una membrana gruesa. Además, una membrana más gruesa presenta una mayor rigidez.

20 En una forma de realización conocida, los transductores de presión tienen detrás de la membrana un espacio lleno con un medio fluido de transmisión de presión. En esta configuración, el riesgo de deformación plástica irreversible de la membrana es menor, ya que el medio fluido de transmisión de presión contrarresta la deformación de la membrana. El medio fluido de transmisión de presión, por ejemplo, un aceite poco compresible, transmite la presión que actúa sobre la membrana a un elemento transductor situado a cierta distancia de la membrana. No obstante, la membrana debe seguir transmitiendo la presión con la menor pérdida posible, lo que significa que idealmente la membrana debería ser delgada. Si el medio fluido a medir contiene hidrógeno, con el tiempo este hidrógeno se acumula en el medio fluido de transmisión de presión, lo que aumenta su volumen y provoca que la membrana se abombe hacia afuera. El hidrógeno que difunde a través de la membrana infla la membrana. Esto, por un lado, puede dañar la membrana y, además, altera las condiciones de presión alrededor del elemento transductor. La estabilidad a largo plazo del transductor se ve negativamente afectada por la difusión de hidrógeno molecular y/o atómico a través de la membrana.

35 El documento US20050109114A1 describe un transductor con una membrana de aleación 2.4819 (también conocida como C-276). Aunque el material en sí se considera resistente a la corrosión, debido al bajo grosor de la membrana no es hermético frente al hidrógeno. La insuficiente resistencia al hidrógeno se pretende resolver en US20050109114A1 mediante un recubrimiento de la membrana.

40 En DE102014104113A1 se conoce un transductor de presión para la medición de presión de hidrógeno o de un fluido que contiene hidrógeno, donde tanto la conexión de presión como el convertidor de presión están hechos de acero austenítico de cromo-níquel-molibdeno.

45 Un transductor de deformación para medios corrosivos se conoce en EP1619487A1, donde un cuerpo que genera una deformación en respuesta a una tensión externa está formado por acero austenítico, de endurecimiento por precipitación Fe-Ni resistente al calor.

50 En EP3327417A1 se describe una membrana metálica con una placa que está expuesta a la presión de un medio, donde la estructura metálica de la placa ha crecido paralela a la superficie plana de la placa.

55 El objetivo de la invención es mejorar una membrana de tal manera que se reduzcan los inconvenientes mencionados. Otro objetivo de la invención es lograr una mejor resistencia a la corrosión de la membrana frente al hidrógeno atómico y/o molecular.

Exposición de la invención

55 El objetivo se logra mediante las características de la reivindicación independiente.

60 La invención se refiere a un transductor para la medición de la presión de un medio fluido que contiene hidrógeno. El medio fluido que contiene hidrógeno está dispuesto en un primer espacio. El transductor tiene un extremo del lado de presión orientado hacia el medio fluido. El transductor presenta una carcasa que contiene un segundo espacio. El transductor incluye un sistema de medición. Este sistema de medición está dispuesto en el segundo espacio. El transductor cuenta con una membrana en el extremo del lado de presión, que asegura una separación hermética del primer espacio, con el medio fluido que contiene hidrógeno, del segundo espacio. La membrana está fabricada con un material metálico. El material metálico presenta una estructura de martensita. El material metálico de la membrana está fabricado, de acuerdo con la invención, con una martensita de alta aleación.

La membrana está destinada a separar un espacio con un medio fluido que contiene hidrógeno de otro espacio. Un medio fluido que contiene hidrógeno tiene al menos un 1 % en volumen de hidrógeno y, en lo sucesivo, también se denominará medio fluido corrosivo o corrosivo.

5 En términos generales, la corrosión se entiende como una alteración medible de un material. La corrosión puede producirse por la acción de una gran variedad de sustancias. Por ejemplo, la corrosión de materiales metálicos es conocida en relación con diferentes álcalis o ácidos, gases como el hidrógeno o el oxígeno, agua salada y muchas otras sustancias. No obstante, en el contexto de esta descripción, salvo indicación en contrario, el término "corrosión" se refiere a la corrosión causada por hidrógeno atómico o molecular. La membrana según la invención debe presentar una baja propensión a la corrosión inducida por hidrógeno.

10 Sorprendentemente, el acero de grano fino con una estructura martensítica, o simplemente martensita, muestra una reducida tendencia a la fragilización por hidrógeno y, por lo tanto, cierta resistencia al hidrógeno. El material metálico de la membrana es, por consiguiente, resistente a la corrosión por hidrógeno.

15 La estructura martensítica se caracteriza por un diámetro de grano medio inferior a 20 μm , lo que la hace adecuada para la fabricación de membranas de pared delgada con espesores inferiores a 500 μm . Debido a este diámetro de grano medio menor de 20 μm , el componente presenta propiedades físicas isotrópicas, lo cual es ventajoso para el uso de la membrana. De lo contrario, podrían surgir efectos adversos dependientes de la dirección bajo carga de la membrana. De lo contrario, podrían producirse efectos adversos dependientes de la dirección bajo carga de la membrana. Además, la difusión de hidrógeno a través de la membrana se reduce debido a los numerosos límites de grano del material de grano fino, en contraste con los materiales de grano grueso. El uso de martensita en relación con medios fluidos que contienen hidrógeno es sorprendente, ya que, debido a su relativamente alta resistencia, la martensita generalmente se considera inadecuada para el contacto con medios fluidos que contienen hidrógeno. En VYTVYTS'KYI V I: "Strength of Alloys Based on Iron, Nickel, and Titanium in High-Pressure Hydrogen", MATERIALS SCIENCE, KLUWER ACADEMIC PUBLISHERS-CONSULTANTS BUREAU, NE, Vol. 40, N.º 6, 1 de noviembre de 2004 (2004-11-01), pp. 717-730, ISSN: 1573-885X, DOI: 1 0.1 007/S1 1003-005-0108-8, se describe una "catastrophic degradation in hydrogen" (degradación catastrófica en hidrógeno).

20 Se sobreentiende que la membrana no necesariamente debe tener un espesor completamente inferior a 500 μm . Así, la membrana también puede presentar zonas más gruesas, mediante las cuales, por ejemplo, la membrana puede estar conectada a una carcasa de un transductor. Estas zonas más gruesas también pueden contribuir a la estabilidad de la membrana. Sin embargo, es esencial que la membrana cuente con áreas de pared delgada con menor rigidez.

25 Es ventajoso que el material metálico de la membrana sea una martensita altamente aleada con precipitados parcial o totalmente incoherentes.

30 En consonancia con Dubbel - Taschenbuch für den Maschinenbau, 14ª edición, Springer-Verlag 1981, capítulo 3.1.4, el término "altamente aleada" se refiere a una martensita con un contenido de aleación > 5 % en peso (porcentaje en peso). El contenido de aleación es la cantidad en masa de un elemento de aleación. Como resultado, el transductor presenta una mayor resistencia general a la corrosión. En este contexto, los únicos elementos de aleación considerados son Cr (cromo), Mo (molibdeno) y Ni (níquel). Estos elementos de aleación aumentan la resistencia general a la corrosión, lo que también conlleva una mayor resistencia a la corrosión inducida por hidrógeno.

35 Por martensita con precipitados parcialmente coherentes o martensita con precipitados incoherentes se entiende una martensita en la que, mediante un tratamiento térmico de endurecimiento por precipitación, también conocido como endurecimiento térmico o envejecimiento térmico, o en inglés "precipitation hardening" (endurecimiento por precipitación), "age hardening" (endurecimiento por envejecimiento) o "particle hardening" (endurecimiento de partículas), se forman los llamados precipitados. En el sentido de esta descripción, los precipitados parcialmente coherentes o incoherentes están descritos en Werkstoffkunde - Stahl - Volumen 1, Verein Deutscher Eisenhüttenleute (editor), Springer Verlag 1984, así como en Pirlog, Madalina, y P. K. Pranzas: "CHARACTERIZATION OF COPPER PRECIPITATES IN FE-CU ALLOYS WITH SMALL-ANGLE NEUTRON SCATTERING".

40 En los precipitados, los átomos de un elemento de aleación forman acumulaciones, denominadas agregados. Esto conlleva un cambio en la dureza del material. Es conocida la relación entre la dureza de un material y el llamado tiempo de envejecimiento térmico. Esto se suele representar en forma de un diagrama en el que se muestra la dureza del material en función del tiempo de envejecimiento térmico. La dureza aumenta con el tiempo de envejecimiento hasta alcanzar un máximo global con una dureza máxima, tras lo cual vuelve a disminuir. El tiempo de envejecimiento térmico es un parámetro que indica la duración del tratamiento térmico a una determinada temperatura. La dureza máxima H_{max} de un material se alcanza en un tiempo de envejecimiento $t(\text{máxima dureza})$. En este punto de dureza máxima H_{max} , están presentes los llamados precipitados parcialmente coherentes. Para tiempos de envejecimiento más prolongados, se forman precipitados incoherentes. Los precipitados se generan preferentemente en los límites de grano dentro del material, como se describe en Metallkunde, E. Hornbogen y H. Warlimont, 4ª edición, Springer Verlag 2001.

65

Los precipitados incoherentes y parcialmente coherentes actúan como una depresión de hidrógeno. En estas depresiones, el hidrógeno se acumula, lo que impide que el hidrógeno retenido continúe penetrando en el material. La movilidad del hidrógeno se reduce en comparación con un material con precipitados coherentes, ya que los precipitados coherentes se encuentran dentro de un grano, mientras que el hidrógeno se desplaza preferentemente a lo largo de los límites de grano del material.

Se prefiere especialmente que el material de la membrana esté compuesto por una martensita de láminas de alta aleación con precipitaciones parcialmente coherentes y/o incoherentes. Se entiende por martensita de láminas el material descrito en Werkstoffkunde - Stahl - Band 1, Verein Deutscher Eisenhüttenleute (editor), Springer Verlag 1984, capítulo B6.4.4 o en Metallkunde, E. Hornbogen y H. Warlimont, 4ª edición, Springer Verlag 2001, capítulo 15.2. Una martensita de láminas presenta en su estructura láminas aplanadas dispuestas en capas. La martensita de láminas también es conocido como martensita en bloque, martensita masiva o, en inglés, como "lath-martensite" o "blocky-martensite" o "massivemartensite". Se ha demostrado que la movilidad del hidrógeno en una martensita de láminas se reduce aún más en comparación con una martensita sin láminas.

De manera ventajosa, el material metálico de la membrana tiene un contenido de cromo de al menos un 10 % en peso y un contenido de níquel de al menos un 4 % en peso. Los materiales metálicos con menores cantidades de los elementos mencionados son menos resistentes a la corrosión general. El porcentaje en peso de no metales es ventajosamente inferior al 0,20 % en peso. Esto es ventajoso, ya que un mayor porcentaje en peso de no metales conduce a defectos en el material y a una mayor fragilidad del material. Esto es desfavorable para la fabricación de membranas. Los materiales frágiles tienen una resistencia reducida al avance inestable de grietas.

Ventajosamente, el material metálico de la membrana tiene un límite de elasticidad de al menos 600 MPa y como máximo 1500 MPa. El alto límite de elasticidad superior a 600 MPa evita una deformación plástica irreversible del material metálico. Para mantener la rigidez de la membrana baja, el límite de elasticidad del material metálico, dada la geometría de la membrana con un grosor inferior a 500 µm, no debe exceder los 1500 MPa. Un diámetro típico de una membrana de un transductor para la medición de presión suele ser entre 2,0 mm y 20 mm.

Ventajosamente, el material metálico de la membrana tiene una dureza según la escala Rockwell C entre 38 y 50 HRC. Con una dureza inferior, el material presenta precipitados coherentes. Con una dureza excesiva, la tendencia a la fragilización por hidrógeno aumenta nuevamente.

Todos los valores como límite de elasticidad, rigidez, resistencia a la tracción, dureza, etc., se indican a temperatura ambiente, a menos que se indique explícitamente lo contrario. Por temperatura ambiente se entiende una temperatura de 20°C.

Ventajosamente, el material metálico de la membrana tiene un tamaño medio de grano menor de 20 µm. Esto hace que el material también presente propiedades físicas isotrópicas incluso en estructuras delicadas. Además, la ruta de difusión a lo largo de los límites de grano es significativamente más larga que en un material con una microestructura de grano grueso, con un tamaño medio de grano superior a 20 µm. Esto dificulta que el hidrógeno entre en el material a través de los límites de grano o difunda a través del material debido a la larga ruta de difusión. Debido al pequeño tamaño de grano, el material es adecuado para la fabricación de membranas de pared delgada. Dado que incluso las estructuras delgadas con un grosor inferior a 500 µm tienen múltiples capas de grano, el material metálico también es herméticamente impermeable al hidrógeno. Por la misma razón, las estructuras delgadas presentan propiedades físicas isotrópicas.

Se entiende por "herméticamente impermeable" una tasa de fuga frente al helio de menos de 10^{-6} mbar l/s (milibar litro por segundo).

[0040] Se ha demostrado que el material metálico de la membrana puede tener un contenido de austenita residual menor al 30 % en volumen (porcentaje en volumen) y, aun así, seguir manteniendo las ventajas anteriormente descritas de una membrana hecha del material metálico. Se prefiere un contenido residual de austenita entre 0 % y 10 % en volumen del material metálico. El contenido residual de austenita se determina mediante la norma ASTM E 975.

Especialmente ventajoso es que la membrana esté fabricada con un material metálico que tenga un contenido de austenita residual superior al 1 % en volumen. Se ha demostrado que el hidrógeno que difunde a través del material metálico se acumula preferentemente en los límites de grano en la austenita residual. Por lo tanto, la austenita residual actúa como una depresión de hidrógeno, reteniendo el hidrógeno y evitando que vuelva a escapar. El hidrógeno retenido en la austenita residual no puede difundir más profundamente en el material metálico. Un contenido de austenita residual superior al 1 % en volumen reduce la movilidad del hidrógeno. Como resultado, la membrana es más resistente a la corrosión. Además, al reducirse la movilidad del hidrógeno en el material metálico de la membrana, también disminuye la tasa de fuga frente al hidrógeno atómico o molecular.

La membrana está fabricada con un material que no es permeable al hidrógeno atómico o molecular. Un material no permeable, en el sentido de esta descripción, es aquel que, cuando se fabrica una membrana de este material con un grosor de 500 µm, tiene una tasa de fuga de hidrógeno atómico o molecular inferior a 10^{-6} mbar l/s, siendo el grosor máximo de la membrana de 500 µm. La membrana debe tener al menos un área de 1 mm². Esto es ventajoso, ya que evita que el hidrógeno se acumule en el segundo espacio. La acumulación de hidrógeno en el segundo espacio podría causar una deformación de la membrana, lo que podría dañar la membrana. Además, la acumulación de hidrógeno podría provocar un aumento de presión en el segundo espacio, alterando las condiciones de presión alrededor del elemento de medición. Esto falsificaría la medición de presión.

Como material metálico, es especialmente ventajoso utilizar la calidad de acero endurecido 1.4418, con un límite de elasticidad menor o igual a 900 MPa a temperatura ambiente. Como material metálico, también es especialmente ventajosa la calidad de acero 1.4534 endurecido por precipitación, con un límite de elasticidad menor o igual a 1500 MPa. Además, como material metálico, es particularmente ventajosa la calidad de acero 1.4614 endurecido por precipitación, con un límite de elasticidad menor o igual a 1500 MPa. También es ventajosa la calidad de acero 1.4548, con un límite de elasticidad menor o igual a 1500 MPa.

Usualmente, el material metálico tiene un coeficiente de expansión térmica entre $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ en el rango de temperatura de entre 20°C y 100°C.

Ventajosamente, el material metálico presenta una superficie que está orientada hacia el medio fluido, y esta superficie está libre de depresiones, hendiduras, perforaciones o depresiones, para mantener baja la tendencia a la adsorción del medio fluido. Esto provoca una menor adsorción del medio fluido en la membrana, ya que las imperfecciones en la superficie, llamados defectos de superficie, favorecen la adsorción. La ventaja radica en una mayor resistencia a la corrosión de la superficie por parte del medio fluido.

De manera particularmente ventajosa, la superficie del material metálico, que está orientada hacia el medio fluido, presenta una ondulación, donde la tensión de entalla causada por esta ondulación es inferior a 1500 MPa.

Se entiende por ondulación una desviación en una parte de la superficie con respecto al plano de una parte adyacente de la superficie. En membranas con una superficie redonda en la zona que, durante el uso, está en contacto directo con el medio fluido, se conocen ondas concéntricas circulares en la superficie de la membrana para aumentar la flexibilidad de la membrana. Sin embargo, estas ondas generan tensiones de entalla en el material en función del radio seleccionado. Las entallas en el sentido de la tensión de entalla no necesariamente deben tener una forma puntiaguda, sino que también pueden presentarse en superficies redondeadas, cambios de sección transversal, perforaciones y similares. La tensión de entalla depende, por lo tanto, de las dimensiones geométricas de la membrana o de la entalla, así como del material metálico de la membrana. La tensión de entalla se determina mediante el Finite Element Analysis a partir de las dimensiones geométricas y los parámetros del material, tales como resistencia a la tracción, elasticidad, módulo de elasticidad longitudinal, límite de elasticidad ($R_{p0,2}$), entre otros. Su determinación se describe, por ejemplo, en "Rechnerischer Festigkeitsnachweis für Maschinenbauteile - FKM-Richtlinie", publicado por VDMA-Verlag, 7ª edición 2020, o en "Betriebsfestigkeit mit FEM: schnell verstehen & anwenden", de Stefan Einbock y Florian Mailänder, 2018. Una elevada tensión de entalla en el material metálico favorece la formación de grietas. Una entalla o grieta afecta negativamente la resistencia a la corrosión de la superficie. A través de la grieta, los elementos desventajosamente corrosivos del medio fluido pueden penetrar en la estructura del material y dañar el material a lo largo de la grieta. Este fenómeno se conoce como corrosión bajo tensión.

Alternativamente, en una membrana redonda con un espesor inferior a 500 µm, la superficie de la membrana, al menos en la zona que durante el uso está en contacto con el medio fluido, puede estar ventajosamente configurada con una ondulación de tal manera que las transiciones entre dos planos no paralelos presenten radios de al menos 100 µm y/o facetas de al menos 30 µm. De este modo, la corrosión bajo tensión se reduce en comparación con membranas que presentan transiciones entre dos planos no paralelos con dimensiones menores.

Ventajosamente, la membrana presenta, al menos en la zona que, en uso, está en contacto con el medio fluido, una calidad superficial con un valor de rugosidad media R_a inferior a 0,8 µm. El valor de rugosidad media R_a se determina según la norma DIN EN ISO 1302. Una superficie con un valor de rugosidad media mayor ofrece al medio fluido una mayor área en la que los átomos o moléculas del medio fluido pueden adsorberse en comparación con una superficie con un menor valor de rugosidad media. Además, una superficie con un valor de rugosidad media inferior a 0,8 µm presenta menos defectos superficiales en la estructura cristalina del material metálico en comparación con una superficie con un mayor valor de rugosidad media. Los defectos favorecen la adsorción y las reacciones químicas en la superficie, lo que provoca una corrosión más rápida de la superficie. Por lo tanto, una baja rugosidad media inferior a 0,8 µm aumenta la resistencia a la corrosión de la superficie.

Preferiblemente, el material metálico de la membrana se fabrica mediante una transformación sin difusión a partir de una austenita.

La membrana puede presentar un recubrimiento en el lado expuesto al medio fluido. La descripción anterior de las propiedades y características de la membrana en sus formas de realización, en particular del material metálico y de la superficie, es explícitamente compatible con el recubrimiento. Un recubrimiento puede mejorar aún más la resistencia a la corrosión de la membrana.

5 La membrana es apta para incorporar un recubrimiento interno. Dado que el recubrimiento interno no está en contacto con el medio fluido, puede diferir en parámetros físicos y químicos del recubrimiento, en caso de existir, en el lado de la membrana expuesto al medio fluido. Por ejemplo, el recubrimiento interno o recubrimiento puede ser eléctricamente aislante. Asimismo, el recubrimiento en el lado expuesto al medio fluido puede poseer una resistencia a ciertas sustancias que el recubrimiento interno no necesita tener.

15 Un sistema de medición para determinar la presión de un medio fluido puede consistir, por ejemplo, en al menos un cristal piezoeléctrico que genera cargas piezoeléctricas en función de la presión aplicada a la membrana. En una forma de realización, el cristal piezoeléctrico está dispuesto en un casquillo de pretensado que ejerce una tensión previa sobre el cristal piezoeléctrico. Esto permite detectar tanto cambios de presión negativos como positivos. Alternativamente, un sistema de medición puede incluir elementos transductores capacitivos que detectan la deformación mecánica como un cambio en la capacidad.

20 Un sistema de medición puede incluir también elementos transductores piezoresistivos o galgas extensométricas, también denominadas extensómetros o DMS, que detectan la deformación mecánica como un cambio en la resistencia eléctrica. El experto en la materia conoce otros sistemas de medición utilizados en transductores para determinar la presión de un medio fluido.

25 La membrana está dispuesta en el extremo de la carcasa expuesto a la presión y separa herméticamente el sistema de medición del medio fluido. La carcasa y la membrana están unidos por una unión de materiales. Una unión de materiales puede ser, por ejemplo, una unión por soldadura por fusión o por soldadura con alambre. También es posible una unión de materiales mediante adhesivo.

30 La membrana presenta una primera zona que, en uso, está en contacto con el medio fluido. Asimismo, la membrana presenta una segunda zona que, en uso, no está en contacto con el medio fluido. La unión de materiales está dispuesta en la segunda zona. Las uniones por adherencia de materiales realizadas mediante soldadura con alambre o soldadura por fusión suelen presentar un mayor número de fisuras o poros. Incluso en el caso de una unión de materiales mediante adhesivo, el adhesivo puede deteriorarse debido a la exposición al medio fluido. Por lo tanto, ventajosamente, la unión de materiales está dispuesta en la segunda zona, que no está expuesta al medio fluido.

35 Si la membrana presenta un recubrimiento, este está dispuesto al menos en toda la primera zona, aunque también puede extenderse, al menos parcialmente, sobre la segunda zona.

40 En el contexto de esta descripción, una segunda zona no está en contacto con el medio fluido si la concentración de componentes corrosivos del medio fluido en la segunda zona es, como máximo, el 1 % de la concentración de componentes corrosivos en la primera zona.

45 La primera y la segunda zona pueden estar separadas entre sí, por ejemplo, mediante un elemento de sellado. Dependiendo de la aplicación del transductor en relación con el rango de temperatura y el rango de presión, se pueden emplear sellos metálicos, como una junta de cobre, una junta de acero inoxidable 1.4404 o 1.4301, un elemento de sellado de una aleación metálica o juntas recubiertas de metal fabricadas con una aleación metálica. Para ciertos rangos de temperatura y presión, también se conocen juntas de polímeros, como las de politetrafluoroetileno, fluoroelastómeros o compuestos de nitrilo. También pueden emplearse otros materiales como elementos de sellado.

50 El transductor se emplea preferentemente para determinar la presión de un medio fluido cuando el medio fluido es corrosivo y los transductores convencionales no pueden utilizarse.

55 De manera particularmente preferente, el transductor se emplea para determinar la presión de un medio fluido que contiene al menos una fracción de hidrógeno molecular o atómico. Es sabido que el hidrógeno provoca la denominada fragilización por hidrógeno en una amplia variedad de materiales metálicos, lo que, bajo esfuerzo térmico y/o mecánico, puede producir fragilización por hidrógeno y reducir el límite elástico del material. Un transductor como el descrito anteriormente reduce significativamente estas desventajas.

60 Todas las formas de realización del transductor descritas son viables con un medio de transmisión de presión dispuesto en el segundo espacio. Sin embargo, todas las formas de realización del transductor descritas son viables sin medio de transmisión de presión en el segundo espacio.

La invención también comprende un transductor para determinar la temperatura de un medio fluido. El transductor presenta un extremo del lado de presión orientado hacia el medio fluido. El transductor dispone de una carcasa. El transductor cuenta con un sistema de medición para determinar la temperatura del medio fluido. El sistema de medición está dispuesto dentro de la carcasa. El transductor presenta una membrana en una de las formas de realización descritas anteriormente.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, la invención se explica con más detalle mediante ejemplos ilustrados en las figuras.

Fig. 1 muestra una vista esquemática en sección de una forma de realización de un transductor con una forma de realización de una membrana conforme a la invención,

Fig. 2 muestra una vista parcial esquemática en sección de un transductor con una membrana según la Fig. 1, dispuesta en una pared,

Fig. 3 muestra una representación esquemática de un diagrama de dureza en función del tiempo de envejecimiento térmico de un material a una temperatura determinada.

Modos de realización de la invención

Las Fig. 1 y Fig. 2 muestran, respectivamente, una vista esquemática en sección de una forma de realización de un transductor 1 con una membrana 2. El transductor 1 es adecuado para la determinación de la presión de un medio fluido 13. El transductor 1 presenta un extremo del lado de presión 11 orientado hacia el medio fluido. El transductor 1 dispone de una carcasa 7. Dentro de la carcasa 7 está dispuesta una disposición de medición 16.

La membrana 2 está situada en el extremo del lado de presión 11 del transductor 1 y separa herméticamente la disposición de medición 16 del medio fluido 13.

En la representación fuera de escala de la Fig. 1, un posible recubrimiento del material metálico 3 se indica con una línea de trazos y puntos.

La Fig. 2 muestra otra forma de realización de una membrana. El grosor de la membrana 2 se ha representado sin escala proporcional para mayor claridad.

La membrana 2 de las Fig. 1 y Fig. 2 está compuesta por un material metálico 3 y separa herméticamente un primer espacio 14 de un segundo espacio 15. En el primer espacio 14 está dispuesto un medio fluido 13, del cual es posible determinar al menos una magnitud física. Una magnitud física puede ser, por ejemplo, presión y/o temperatura.

La membrana 2 presenta una primera zona 9, que al estar en uso la membrana 2 está en contacto con el medio fluido 13. Asimismo, la membrana 2 tiene una segunda zona 10, que en uso no está en contacto con el medio fluido 13, como se representa en las Fig. 1 y Fig. 2.

La superficie 6 de la membrana 2, que en uso está en contacto directo con el medio fluido 13, presenta ventajosamente una ondulación, donde la tensión de entalla inducida por dicha ondulación es inferior a 1500 MPa. La superficie de la membrana se muestra en las Fig. 1 y Fig. 2. Las transiciones entre dos planos no paralelos presentan radios 18 de al menos 100 μm y/o facetas 18 de al menos 30 μm .

La carcasa 7 y la membrana 2 del transductor 1 están unidas mediante una unión de materiales 8. La membrana 2 presenta una primera zona 9, que en uso está en contacto con el medio fluido 13. La membrana 2 presenta una segunda zona 10, que en uso no está en contacto con el medio fluido 13. La primera zona 9 y la segunda zona 10 están separadas entre sí mediante un elemento de sellado 12 cuando el transductor 1 está en uso. En cada una de las formas de realización representadas, la unión de materiales 8 está dispuesta en la segunda zona 10.

Sin embargo, también es posible disponer la unión de materiales 8 en una zona que, cuando se usa la membrana 2, está en contacto con el medio fluido 13. En este caso, preferentemente, la unión de materiales 8 está completamente cubierta por el recubrimiento 4 (no representado).

La Fig. 2 muestra el transductor 1 insertado en una pared 17 para la determinación de la presión de un medio fluido 13. La pared 17 puede ser, por ejemplo, la pared 17 de un tanque de almacenamiento de un medio fluido 13, un compresor, una bomba de calor, una máquina de refrigeración, una tubería de un medio fluido 13, una cámara de combustión de un motor de combustión o una turbina de gas.

La Fig. 3 muestra esquemáticamente la dependencia de un material metálico, por ejemplo, una martensita endurecible por precipitación, con respecto al tiempo de envejecimiento térmico t a una determinada temperatura de envejecimiento.

ES 3 017 261 T3

Las formas de realización del transductor 1 o de la membrana 2 divulgadas en este documento son, por supuesto, combinables entre sí. Se incluyen explícitamente en este documento también aquellas formas de realización que presentan una combinación de las características descritas en las diferentes formas de realización.

- 5 Lista de referencias
 - 1 Transductor
 - 2 Membrana
 - 3 Material metálico
 - 6 Superficie
- 10 7 Carcasa
 - 8 Unión de materiales
 - 9 Primera zona
 - 10 Segunda zona
 - 11 Extremo del lado de presión
- 15 12 Elemento de sellado
 - 13 Medio fluido
 - 14 Primer espacio
 - 15 Segundo espacio
 - 16 Dispositivo de medición
- 20 17 Pared
 - 18 Fase / Faceta / Radio
 - 21 Zona de pared delgada

REIVINDICACIONES

- 5 1. Sistema que comprende un transductor (1), un medio fluido (13) que contiene hidrógeno y un primer espacio (14); en el que el transductor (1) mide la presión del medio fluido que contiene hidrógeno (13); donde el medio fluido que contiene hidrógeno (13) está dispuesto en el primer espacio (14); donde el transductor (1) tiene un extremo del lado de presión (11) orientado hacia el medio fluido (13); donde el transductor (1) presenta una carcasa (7) que contiene un segundo espacio (15); donde el transductor (1) incluye un dispositivo de medición (16); donde el dispositivo de medición (16) está dispuesto en el segundo espacio (15); donde el transductor (1) presenta en el extremo del lado de presión (11) una membrana (2) para la separación hermética del primer espacio (14) con el medio fluido que contiene hidrógeno (13) del segundo espacio (15); donde la membrana (2) está compuesta por un material metálico (3); caracterizado porque el material metálico (3) está compuesto por un martensita de alta aleación; donde un martensita de alta aleación es un martensita con un contenido de aleación > al 5 % en peso; donde el contenido de aleación se refiere al porcentaje en masa de un elemento de aleación; y donde por elemento de aleación se entiende exclusivamente cromo, molibdeno o níquel.
- 15 2. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el material metálico (3) de la membrana (2) está compuesto por una martensita de alta aleación con precipitaciones parcial o totalmente incoherentes.
- 20 3. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores; caracterizado porque el material metálico (3) de la membrana (2) está compuesto por un martensita de láminas de alta aleación con precipitaciones parcial o totalmente incoherentes.
- 25 4. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores; caracterizado porque el material metálico (3) es resistente a la corrosión por hidrógeno; y el material metálico (3) no es permeable al hidrógeno atómico, siendo la tasa de fuga de la membrana frente al hidrógeno es inferior a 10^{-6} mbar l/s, y siendo el espesor máximo de la membrana 500 μm .
- 30 5. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores; caracterizado porque el contenido en masa de al menos uno de los elementos cromo o molibdeno o níquel en el material metálico (3) supera el 5 % en peso.
- 35 6. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el material metálico (3) de la membrana (2) tiene un contenido de cromo de al menos 10 % en peso.
- 40 7. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el material metálico (3) de la membrana (2) tiene un tamaño de grano medio inferior a 20 μm , lo que hace que el material metálico (3) sea adecuado para la fabricación de membranas (2) de paredes delgadas con dimensiones geométricas inferiores a 500 μm .
- 45 8. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el material metálico (3) de la membrana tiene un contenido de austenita residual inferior al 30 % en volumen, preferiblemente entre 0 % y 10 % en volumen.
- 50 9. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según la reivindicación anterior, caracterizado porque el material metálico (3) de la membrana tiene un contenido de austenita residual superior al 1 % en volumen.
- 55 10. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el material metálico (3) de la membrana (2) tiene un límite elástico de al menos 600 MPa y como máximo 1500 MPa.
- 60 11. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el material metálico (3) de la membrana (2) tiene un contenido de cromo de al menos 10% en peso y un contenido de níquel de al menos 4 % en peso; y porque la proporción en peso de no metales es inferior al 0,20 % en peso; o porque el material metálico (3) de la membrana (2) es un acero reforzado de calidad 1.4418 con un límite elástico igual o inferior a 900 MPa a temperatura ambiente; o un acero endurecido por precipitación de calidad 1.4534 con un límite elástico igual o inferior a 1500 MPa o un acero endurecido por precipitación de calidad 1.4614 con un límite elástico igual o inferior a 1500 MPa o un acero de calidad 1.4548 con un límite elástico igual o inferior a 1500 MPa; y porque el material tiene un coeficiente de expansión térmica entre $10 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$ y $12 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, preferiblemente $11,3 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$, en el rango de temperatura de 20°C a 100°C.
- 65 12. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque una superficie (6) del material metálico (3), que está

orientada hacia el medio fluido (13), presenta una ondulación; donde la tensión de entalla causada por esta ondulación es inferior a 1500 MPa o porque la superficie (6), al menos en la zona que está en contacto con el medio fluido durante su uso, presenta una ondulación, donde las transiciones entre dos planos no paralelos tienen radios de al menos 100 μm y/o facetas de al menos 30 μm .

- 5
13. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la membrana (2), al menos en la zona que está en contacto con el medio fluido (13) durante su uso, presenta una calidad superficial con un valor de rugosidad promedio Ra menor a 0,8 μm .
- 10
14. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el material metálico de la membrana (2) presenta una dureza según la escala de Rockwell C entre 38 y 50 HRC.
- 15
15. Sistema que comprende un transductor (1) y un medio fluido que contiene hidrógeno (13), según cualquiera de las reivindicaciones anteriores; caracterizado porque la carcasa (7) y la membrana (2) están conectados por una unión de materiales (8); porque la membrana (2) tiene una primera zona (9) que está en contacto con el medio fluido (13) durante su uso; porque la membrana (2) tiene una segunda zona que no está en contacto con el medio fluido (13) durante su uso; y porque la unión de materiales (8) está dispuesta en la segunda zona.

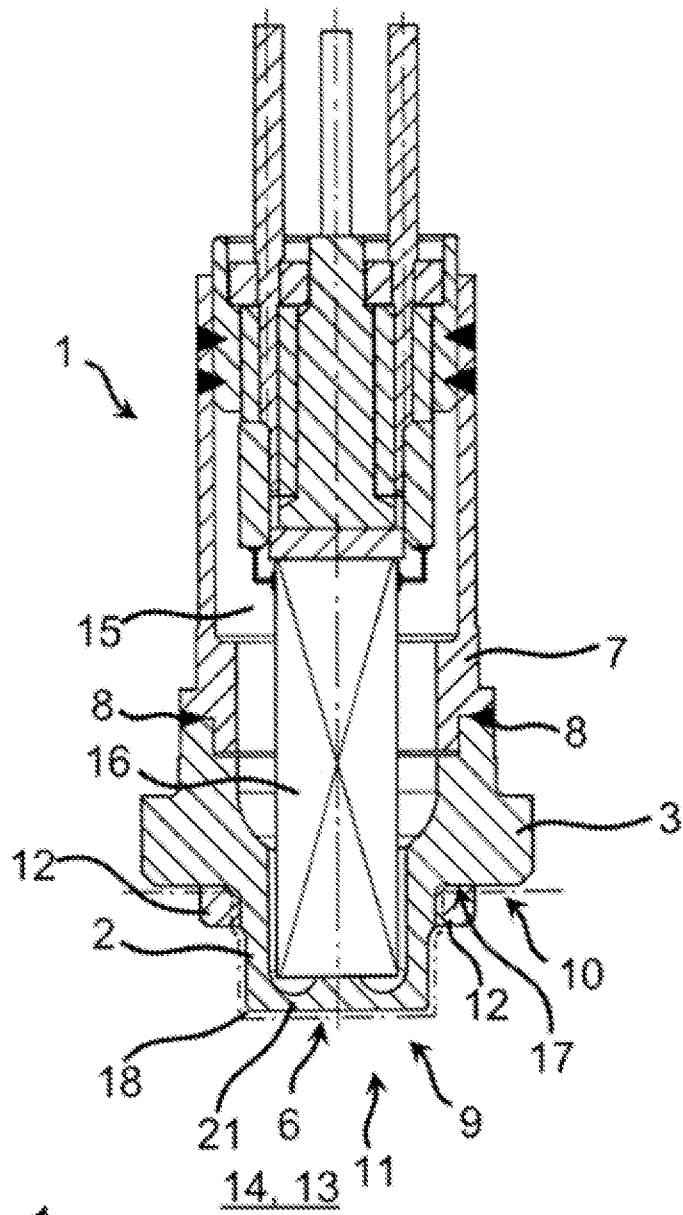
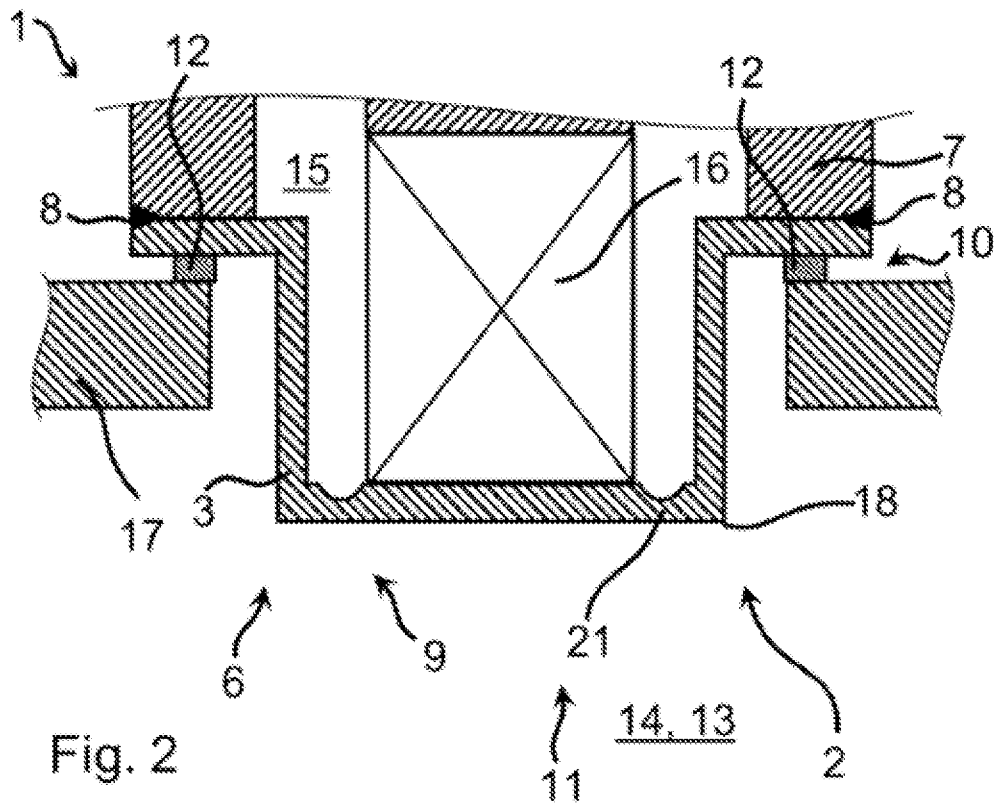


Fig. 1



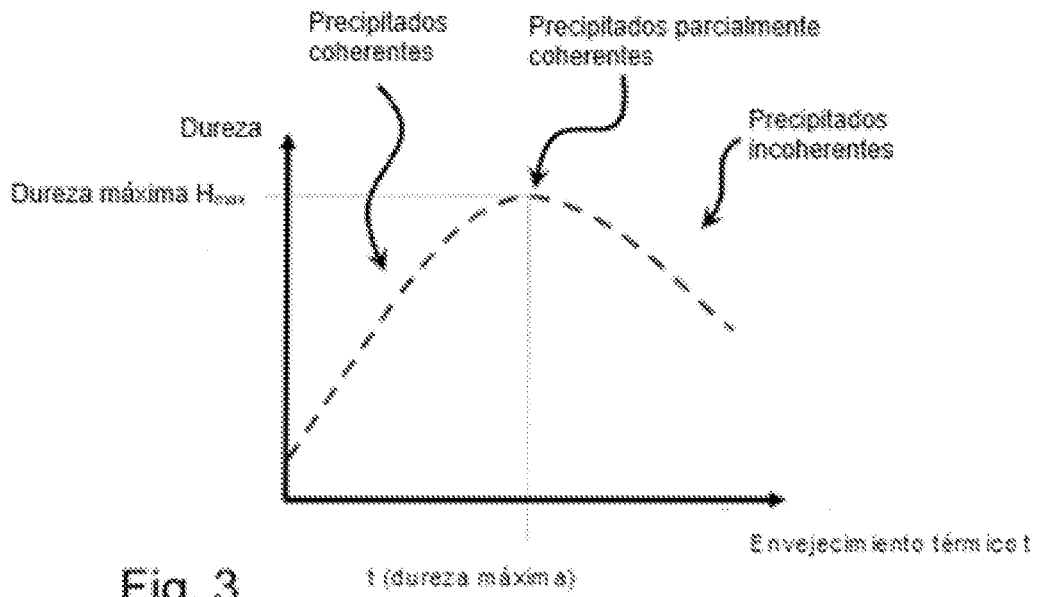


Fig. 3