

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 770 326**

51 Int. Cl.:

**F16J 15/34** (2006.01)

**G01N 29/04** (2006.01)

**G01N 29/28** (2006.01)

**G01N 29/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **19.12.2016 PCT/EP2016/081726**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.06.2017 WO17108680**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.12.2016 E 16813235 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.11.2019 EP 3394484**

54 Título: **Monitorización de cierre de anillo deslizante**

30 Prioridad:

**21.12.2015 DE 102015226311**

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

**01.07.2020**

73 Titular/es:

**KSB SE & CO. KGAA (50.0%)**

**Johann-Klein-Straße 9**

**67227 Frankenthal, DE y**

**BESTSENS AG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**HAUSKE, MAXIMILIAN;**

**WEINBERGER, TINA;**

**BRÜCKNER, CHRISTOPH;**

**ROOT, JURIJ;**

**SCHNEIDER, STEFAN y**

**ROSSTEUTSCHER, IMANNUEL**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

ES 2 770 326 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**

Monitorización de cierre de anillo deslizante

- 5 La invención se refiere a una disposición para la obturación para árbol con un anillo deslizante giratorio y un anillo deslizante estacionario, entre los que está dispuesta una hendidura de obturación para una película lubricante y al menos un transductor de sonido para excitar ondas sonoras en y/o sobre al menos un anillo deslizante, presentando la disposición una unidad para la evaluación de señales del transductor de sonido.
- 10 Una obturación para árbol es una obturación que obtura una bomba centrífuga en el paso del árbol de bomba giratorio desde la carcasa de bomba fija de modo que se reduce a una cantidad mínima la pérdida por fuga a través del aire que penetra desde el exterior y se hace tan pequeño como sea posible un eventual desgaste de las superficies de obturación.
- 15 Los cierres de anillo deslizante presentan una hendidura de obturación que se encuentra en ángulo recto con respecto al eje del árbol. Las obturaciones para árbol de este tipo constructivo se denominan también cierres de anillo deslizante axiales o hidrodinámicos (GLRD). Los cierres de anillo deslizante de este tipo necesitan, con respecto a otros sistemas de obturación, un espacio más pequeño y menor mantenimiento.
- 20 Los cierres de anillo deslizante dan buen resultado tanto a bajas presiones como a altas presiones que han de obturarse y velocidades circunferenciales.
- En funcionamiento, dos superficies de obturación deslizan una sobre otra, que se presionan una contra otra mediante fuerzas hidráulicas y mecánicas. Entre estas dos superficies de deslizamiento mecanizadas de manera fina se encuentra la hendidura de obturación con una película lubricante generalmente líquida.
- 25 La fuga muy pequeña en los cierres de anillo deslizante llega como fuga en vapor y en seco al salir a la atmósfera.
- La marcha en seco es una de las causas de fallo esenciales para cierres de anillo deslizante, en particular en cierres de anillo deslizante para bombas centrífugas. Mediante el aumento de temperatura en las superficies de deslizamiento se sobrepasa la temperatura de evaporación de la película lubricante, lo que lleva a una evaporación de la película lubricante y marcha en seco localizada. Como consecuencia del desgaste elevado y del calor de fricción generado la obturación falla térmicamente. Esto puede llevar a una rotura de los anillos deslizantes. Además de la pérdida del efecto obturador, es también perjudicial un posible barrido de astillas hasta el fluido contra el que se obtura.
- 30 El documento EP 2 362 122 A2 se describe un cierre de anillo deslizante, en el que está integrado un equipo de transporte para el transporte del fluido lubricante. Sensores en o cerca de la hendidura de obturación detectan parámetros de funcionamiento del cierre de anillo deslizante.
- 40 En el documento WO 2010/142367 A1 se describe un cierre de anillo deslizante con un equipo de monitorización de fricción. Este sirve para la monitorización del estado de funcionamiento del cierre de anillo deslizante. El equipo de monitorización comprende una barra con un elemento de sensor para la detección de una deformación de la barra. La barra está dispuesta en una entalladura en el anillo deslizante estacionario.
- 45 El documento WO 2008/089800 A1 describe un cierre de anillo deslizante que comprende un equipo de monitorización con un equipo de medición de fuerza. El equipo de medición de fuerza detecta las fuerzas de seguro contra el giro momentáneas y genera una señal de salida característica de ello. El equipo de medición de fuerza puede estar unido directamente con el anillo deslizante con seguro contra el giro mediante un elemento de transmisión de fuerza.
- 50 El documento US 6 360 610 B1 describe un cierre de anillo deslizante con una detección de contacto punto a punto entre un emisor y un receptor. A este respecto se genera por el emisor una onda de corte (onda transversal). Un transductor genera una onda de corte de ultrasonidos en la superficie de contacto entre una superficie fija y la superficie de giro. Durante el funcionamiento normal, la onda de corte de ultrasonidos se refleja en primer lugar desde la superficie límite. Un primer transductor genera una onda de corte de ultrasonidos, que detecta un segundo transductor, después de que discurra por una superficie de contacto de la superficie fija y la superficie de giro. El segundo transductor reconoce una onda de corte de ultrasonidos más intensa de forma medible, cuando la película de líquido colapsa en la interfaz.
- 55 Es objetivo de la invención indicar una disposición para la obturación para árbol que trabaja de manera fiable y está protegida contra la marcha en seco. A este respecto, se empleará un procedimiento para la monitorización de un cierre de anillo deslizante, que reconoce posibles desgaste y daños que aparecen en el funcionamiento en marcha, sin que a este respecto se perturbe o se vea afectado de manera decisiva el funcionamiento. Además, la disposición se caracterizará por una construcción lo más económica posible y una alta vida útil.
- 60
- 65

Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante una disposición con las características de la reivindicación 1 y un procedimiento con las características de la reivindicación 13. Variantes preferidas se desprenden de las reivindicaciones dependientes, la descripción y los dibujos.

5 De acuerdo con la invención, el transductor de sonido está configurado para la generación y para la recepción de ondas de Lamb-Rayleigh. En contraposición a la aplicación convencional de ondas transversales u ondas de corte, que se emplean en disposiciones de acuerdo con el estado de la técnica, las ondas de Lamb-Rayleigh permiten una monitorización completa de la zona de hendidura de la película lubricante a lo largo de toda la superficie. De acuerdo con la invención, las ondas de Lamb-Rayleigh se mueven guiadas a lo largo de una distancia recorrida circular, que se realiza por el anillo deslizante.

10 Las ondas de Lamb-Rayleigh se propagan en el anillo deslizante. A este respecto, la propagación tiene lugar preferentemente en capas superficiales del anillo deslizante. Por lo tanto, se trata de ondas de superficie. Ha resultado ser especialmente favorable cuando los transductores de sonido están configurados para que, tanto sobre la superficie del anillo deslizante, en la que se alimentan las ondas sonoras como sobre una superficie opuesta, que se encuentra en contacto con la película lubricante, se propaguen ondas sonoras en las capas de superficiales del material de anillo deslizante.

15 En las disposiciones convencionales tiene lugar únicamente una detección de punto a punto, dado que se generan ondas transversales que se propagan solo en línea recta.

20 Sorprendentemente se estableció ahora que una generación y detección de ondas de Lamb-Rayleigh provoca una propagación de las ondas sonoras a lo largo de toda la circunferencia del anillo deslizante y de esta manera pueden monitorizarse toda la hendidura de obturación y por lo tanto la película lubricante completa.

25 De esta manera se garantiza una identificación fiable de una marcha en seco del cierre de anillo deslizante. Se trata por lo tanto de una monitorización de fugas muy eficiente. También puede detectarse un desgaste o un daño del cierre de anillo deslizante de manera prematura y fiable. Esta es la base para un mantenimiento previsto (Predictive Maintenance).

30 Mediante la monitorización completa de acuerdo con la invención de la hendidura de obturación son posibles además declaraciones sobre el descentrado del árbol, por ejemplo por desalineaciones. También puede realizarse una determinación de la velocidad de giro.

35 La disposición de acuerdo con la invención permite un reconocimiento prematuro de deterioros graduales y una predicción sobre un posible riesgo de fallo.

40 En una realización especialmente favorable de la invención, el transductor de sonido está configurado para la generación o para la recepción de ondas sonoras, cuyas longitudes de onda se corresponden aproximadamente con la anchura de un anillo deslizante. De esta manera se genera una onda de Lamb-Rayleigh tanto en el lado frontal anterior del anillo deslizante, en el que se acoplan las ondas acústicas, como en el lado frontal posterior del anillo deslizante hacia la película lubricante.

45 Resulta favorable cuando la relación de la longitud de onda con respecto a la anchura del anillo deslizante es  $\frac{\lambda}{b} < 100$ , preferentemente  $\frac{\lambda}{b} < 10$ , en particular  $\frac{\lambda}{b} < 5$ . Sorprendentemente se estableció que en los anillos deslizantes se forman también ondas de Lamb-Rayleigh, cuando la relación de la longitud de onda con respecto a la anchura del anillo deslizante es  $\frac{\lambda}{b} > 0,01$ , preferentemente  $\frac{\lambda}{b} > 0,1$ , en particular  $\frac{\lambda}{b} > 0,2$ .

50 De acuerdo con la invención, al menos un transductor de sonido genera ondas de superficie acústicas, que están formadas como ondas de Lamb-Rayleigh. Las ondas de Lamb-Rayleigh se propagan en al menos un anillo deslizante, que tiene una anchura limitada. Se generan mediante superposición de una onda longitudinal y una onda transversal.

55 En el anillo deslizante se generan de este modo distintos modos capaces de propagación, cuyas velocidades dependen del producto de frecuencia-anchura de anillo deslizante.

Dado que un lado frontal del anillo deslizante se encuentra en contacto con la película lubricante, parte de la energía de onda pasa a la película lubricante.

60 Preferentemente por un transductor de sonido se acoplan ondas en un anillo deslizante, que se propagan a lo largo de la circunferencia del anillo deslizante. De esta manera tiene lugar, en contraposición a disposiciones convencionales según el estado de la técnica, no tiene lugar ninguna detección de contacto de punto a punto entre emisor y receptor, sino una monitorización completa de la zona de hendidura de la película lubricante a lo largo de toda la superficie.

En una variante especialmente favorable de la invención, se emplean al menos dos transductores de sonido. Estos están dispuestos preferentemente desplazados un ángulo en el anillo deslizante. A este respecto resulta ventajoso cuando los transductores de sonido están dispuestos en un lado frontal de un anillo deslizante, ascendiendo el desplazamiento angular entre ambos transductores preferentemente a más de 30°, en particular más de 60°. A este respecto, un transductor de sonido sirve como emisor y el otro como receptor. Como alternativa pueden emplearse también varios emisores y/o receptores. También, un transductor puede hacerse funcionar tanto como emisor como también como receptor.

Mediante la configuración de acuerdo con la invención de las ondas de superficie acústicas pueden propagarse ondas de Lamb-Rayleigh a ambos lados del anillo deslizante. Por lo tanto, los transductores de sonido pueden instalarse en las superficies exteriores del anillo deslizante giratorio y/o estacionario. De esta manera resultan condiciones de montaje favorables para los transductores de sonido en las superficies exteriores.

Resulta especialmente favorable cuando está instalado al menos un transductor de sonido en un borde exterior del anillo deslizante giratorio y/o anillo deslizante estacionario. Sorprendentemente se estableció que esto lleva a mediciones especialmente precisas.

En una realización especialmente favorable de la invención, el transductor de sonido y el sitio de acoplamiento del anillo deslizante no están en contacto plano. Para ello, el transductor de sonido puede estar diseñado de manera redondeada y/o un lado frontal del anillo deslizante puede estar dotado de una redondez para el acoplamiento y/o desacoplamiento de ondas sonoras. Sorprendentemente, redondeces de este tipo han resultado claramente más favorables que dos superficies planas, dado que de esta manera se produce un acoplamiento acústico definido.

Tanto el emisor como el receptor pueden estar diseñados con una redondez. Como alternativa, también solo uno de los dos puede estar diseñado con una redondez.

De manera complementaria o alternativa, el transductor de sonido y/o un lado frontal de un anillo deslizante puede presentar un resalto para el acoplamiento o desacoplamiento de ondas sonoras. También un transductor de sonido y/o un lado frontal de un anillo deslizante puede presentar una inclinación para el acoplamiento o desacoplamiento de ondas sonoras.

Otras características y ventajas de la invención resultan de la descripción de ejemplos de realización por medio de dibujos y a partir de los dibujos en sí.

A este respecto muestra:

La Figura 1 una bomba centrífuga con una disposición para la obturación para árbol,

La Figura 2 una representación en corte en perspectiva de una disposición de obturación de anillo deslizante,

La Figura 3 una representación esquemática de emisor y receptor instalados en un cierre de anillo deslizante,

La Figura 4 una representación esquemática de una conversión de modo de una onda de Lamb,

La Figura 5a una representación esquemática (en parte como corte) de una disposición de obturación de anillo deslizante,

La Figura 5b una vista de un lado frontal de un anillo deslizante de acuerdo con la representación de la Figura 5a,

La Figura 6 un anillo deslizante con un lado frontal, que presenta un resalto,

La Figura 7 un anillo deslizante que presenta una inclinación.

La Figura 1 muestra una bomba centrífuga 1 con un árbol giratorio 2, un rodete 3 y una carcasa estacionaria 4. Un cierre de anillo deslizante 5 tiene un primer anillo deslizante axialmente estacionario 6 y un segundo anillo deslizante axialmente móvil 7. El anillo deslizante axialmente móvil 7 está presionado por medio de un elemento de pretensión 8, en este caso un resorte de compresión, y a través de un anillo de presión 9 en la dirección al primer anillo deslizante 6, de modo que superficies mutuamente opuestas del primer y segundo anillo deslizante 6, 7 cooperan de manera estanca y forman entre ellas una hendidura de obturación 10. El primer anillo deslizante 6 está dispuesto de manera estacionaria en la carcasa 4. El anillo deslizante con resorte 7 está conectado con seguro contra el giro con el árbol 2 de la bomba centrífuga 1.

La Figura 2 muestra como representación en corte en perspectiva una variante de montaje de una disposición de obturación de anillo deslizante con un transductor de sonido 11, que está dispuesto en la zona seca. El transductor de sonido 11 acopla ondas de superficie acústicas en un lado frontal de un anillo deslizante estacionario 6. En el

lado frontal opuesto del anillo deslizante estacionario 6, la hendidura de obturación se encuentra entre el anillo deslizante estacionario 6 y el anillo deslizante móvil 7. La hendidura de obturación 10 está llena de una película lubricante.

5 La Figura 3 muestra una representación esquemática con un primer transductor de sonido 11, que está diseñado como emisor y un segundo transductor de sonido 12, que está diseñado como receptor. Tanto el emisor 11 como el receptor 12 están dispuestos en el lado frontal de un anillo deslizante estacionario 6. De acuerdo con la invención, el emisor 11 genera una onda de superficie acústica, que está formada como onda de Lamb-Rayleigh.

10 El anillo deslizante estacionario 6 tiene una anchura limitada b. De acuerdo con la invención, la longitud de onda de la onda de superficie acústica, que se acopla en el anillo deslizante estacionario 6, se corresponde con la anchura b del anillo deslizante, preferentemente con una desviación de +/- 30 %, en particular con una desviación de +/- 10 %. De esta manera, la onda de Lamb para la superposición de dos ondas de Rayleigh, una en el lado frontal anterior del anillo deslizante 6 y una en el lado frontal posterior del anillo deslizante 6.

15 En el anillo deslizante 6 se generan de este modo distintos modos capaces de propagación, cuyas velocidades dependen del producto de frecuencia-anchura de anillo deslizante. El lado frontal opuesto del anillo deslizante 6 (mirando al dibujo a la izquierda) se encuentra en contacto con la hendidura de obturación 10, que se llena de una película lubricante. A la película lubricante pasan partes de la energía de onda. En la disposición para la obturación para árbol, un anillo deslizante 6 sirve como sustrato de propagación. Con esto se generan por medio del emisor 11 las ondas de Lamb-Rayleigh. Estas se propagan en las superficies y se registran de nuevo por el receptor 12.

20 Durante la transmisión de la señal acústica, se influye en el sustrato por las propiedades acústicas. Si varía la capa de líquido viscosa de la superficie por la película lubricante arrastrada, estos efectos se reflejan en una velocidad de propagación modulada y amortiguación de la onda de superficie, lo que tiene a su vez influencia sobre las magnitudes de las amplitudes de recepción y tiempo de recorrido de onda. A partir de las señales enviadas y recibidas pueden sacarse conclusiones por medio de análisis de señales sobre el grosor de la hendidura de lubricante o la consistencia de la película lubricante. De esta manera pueden reconocerse problemas tales como una marcha en seco posible o una lubricación parcial de manera prematura. Esto es la base de un mantenimiento predictivo. Preferentemente, al menos un anillo deslizante 6, 7 se compone de un material de carburo de silicio (SiC-SiC). En principio son también posibles otros materiales, tales como por ejemplo carbón. Cuando "más blando" es el material, más fuerte es la amortiguación de la onda de Lamb-Rayleigh en el tramo de transmisión. Es posible material piezoeléctrico como también no piezoeléctrico como medio de propagación para ondas de Lamb-Rayleigh.

30 La evaluación de las señales tiene lugar a través de una unidad que está diseñada preferentemente como unidad de control y/o evaluación. A este respecto, ha resultado ventajosa una evaluación primaria en el intervalo de tiempo, analizándose en particular amplitud, tiempo de propagación, energía, forma de la señal, curva de altura.

40 La velocidad de propagación de las ondas de Lamb-Rayleigh generadas de acuerdo con la invención depende de la anchura de la hendidura de obturación 10. Esto permite por lo tanto en principio una declaración continua con respecto a la calidad del estado de la hendidura de obturación 10. Con ondas transversales convencionales, tal como se emplean en el estado de la técnica, sería posible solamente una declaración binaria de sí/no. Por lo tanto, con ello solo puede hacerse una declaración sobre si la hendidura de obturación 10 está llena o no de una película lubricante. Esto se debe a que una onda transversal no puede penetrar en la película lubricante.

45 La Figura 4 muestra una vez más gráficamente la propagación de una onda de Lamb-Rayleigh. La onda de Lamb-Rayleigh interactúa con la película lubricante de la hendidura de obturación 10, que mirando la representación de acuerdo con la Figura 4, está dispuesta por encima del anillo deslizante 6, formando el anillo deslizante 6 el sustrato para la propagación de la onda de Lamb-Rayleigh.

50 La Figura 5a muestra una representación, en parte como representación en corte, con un anillo deslizante estacionario 6 y un anillo deslizante axialmente deslizante 7. En un lado frontal en la zona seca del anillo deslizante estacionario 6 están dispuestos un emisor 11 y un receptor 12. En la Figura 5b se aprecia que emisor 11 y receptor 12 están dispuestos desplazados un ángulo  $\alpha$  entre sí a lo largo de la circunferencia en el lado frontal del anillo deslizante 6. El ángulo  $\alpha$  puede ascender a entre 1 y 180°. En el ejemplo de realización de acuerdo con la representación en la Figura 5b, el ángulo  $\alpha$  asciende a 90°.

55 El emisor 11 genera una onda de Lamb-Rayleigh, que se propaga en ambos lados del anillo estacionario 6 del cierre de anillo deslizante en ambas direcciones (girando a la izquierda y a la derecha). La onda de Lamb-Rayleigh interactúa con la película lubricante en la hendidura de obturación 10. En función del desplazamiento angular  $\alpha$  entre emisor 11 y receptor 12, las ondas que giran a la derecha y a la izquierda inciden en diferentes instantes en el receptor 12 y pueden así evaluarse por separado. A partir de las propiedades de señal de la señal de recepción pueden sacarse conclusiones sobre el estado de la hendidura de obturación 10 con la película lubricante. Pueden evaluarse también varias vueltas de las ondas. Esto lleva a una ampliación del efecto de medición y de la zona evaluada. Como alternativa, también un transductor de sonido 11, 12 puede servir al mismo tiempo como emisor y receptor (multiplexar).

5 La representación de acuerdo con la Figura 5a muestra que tanto el anillo deslizando estacionario 6 como anillo deslizando axialmente deslizando 7 no están diseñados como un cuerpo meramente cilindro hueco. Así, por ejemplo el anillo deslizando estacionario 6 presenta una primera sección, mirando a la figura en la sección derecha, que tiene un diámetro exterior menor que la sección izquierda mirando a la figura. Este resalto sirve para la fijación de un elemento de obturación 14 entre el anillo deslizando 6 y la carcasa estacionaria 4. Este elemento de obturación 14 está diseñado como junta tórica en el ejemplo de realización.

10 Un desplazamiento de este tipo, tal como se forma en la Figura 5a en el anillo deslizando axialmente estacionario 6 o anillo deslizando axialmente móvil 7, puede proporcionar dificultades en la propagación de las ondas de superficie acústicas.

15 La Figura 6 muestra una variante en la que un lado frontal del anillo deslizando 6, mirando al dibujo en el lado frontal derecho, presenta un resalto, de modo que el emisor 11 y/o el receptor 12 no se acoplan de manera plana en el anillo deslizando, sino solo a lo largo de una línea del resalto.

20 La Figura 7 muestra una variante de cómo puede resolverse el problema de un desplazamiento existente en el anillo deslizando 6. Incluso cuando el anillo deslizando 6 presenta un desplazamiento, con esta construcción es posible una propagación favorable de la onda de superficie acústica. En esta variante, un lado frontal del anillo deslizando 6 está inclinado, de modo que no se acopla en dirección puramente axial en el anillo deslizando 6 sino con un ángulo  $\beta$ .

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Disposición para la obturación para árbol con al menos un anillo deslizante giratorio (6) y un anillo deslizante estacionario (7), entre los que está dispuesta una hendidura de obturación (10) para una película lubricante y al menos un transductor de sonido (11, 12) para excitar ondas sonoras en y/o sobre al menos un anillo deslizante (6, 7), comprendiendo la disposición una unidad para la evaluación de señales del transductor de sonido (11, 12), caracterizada por que el transductor de sonido (11, 12) está configurado para la generación y/o para la recepción de ondas de Lamb-Rayleigh.
- 10 2. Disposición según la reivindicación 1, caracterizada por que el transductor de sonido (11, 12) es para la generación y/o para la recepción de ondas de superficie acústicas con una relación de las longitudes de onda ( $\lambda$ ) con respecto a la anchura (b) del anillo deslizante (6, 7) inferior a 100, preferentemente inferior a 10, en particular inferior a 5.
- 15 3. Disposición según la reivindicación 1 o 2, caracterizada por que el transductor de sonido (11, 12) está configurado para la generación y/o para la recepción de ondas de superficie acústicas con una relación de las longitudes de onda ( $\lambda$ ) con respecto a la anchura (b) del anillo deslizante (6, 7) superior a 0,01, preferentemente superior a 0,1, en particular superior a 0,2.
- 20 4. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada por que el transductor de sonido (11, 12) está configurado para la generación y/o para la recepción de ondas que se propagan a lo largo de la circunferencia del anillo deslizante (6, 7).
- 25 5. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizada por que el transductor de sonido (11, 12) está configurado para la generación y/o para la recepción de ondas, que se propagan en un lado frontal anterior del anillo deslizante (6, 7) y/o en un lado frontal posterior del anillo deslizante (6, 7).
- 30 6. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por que al menos dos transductores de sonido (11, 12) están dispuestos desplazados un ángulo ( $\alpha$ ) en el anillo deslizante (6, 7), ascendiendo el ángulo ( $\alpha$ ) preferentemente a más de 30°, en particular más de 60°.
- 35 7. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 6, caracterizada por que al menos un transductor de sonido (11, 12) está dispuesto en un lado frontal de un anillo deslizante (6, 7).
8. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 7, caracterizada por que el transductor de sonido (11, 12) y el sitio de acoplamiento del anillo deslizante (6, 7) no están en contacto plano.
- 40 9. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 8, caracterizada por que el transductor de sonido (11, 12) presenta una redondez para el acoplamiento y/o desacoplamiento de ondas sonoras.
10. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 9, caracterizada por que el transductor de sonido (11, 12) presenta un resalto para el acoplamiento y/o desacoplamiento de ondas sonoras.
- 45 11. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 10, caracterizada por que un lado frontal de un anillo deslizante (6, 7) presenta un resalto para el acoplamiento y/o desacoplamiento de ondas sonoras por el transductor de sonido (11, 12).
- 50 12. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 11, caracterizada por que un lado frontal de un anillo deslizante (6, 7) presenta una redondez para el acoplamiento y/o desacoplamiento de ondas sonoras por el transductor de sonido (11, 12).
- 55 13. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 12, caracterizada por que un transductor de sonido (11, 12) y/o un lado frontal de un anillo deslizante (6, 7) presenta una inclinación para el acoplamiento y/o desacoplamiento de ondas sonoras.
14. Disposición según una de las reivindicaciones 1 a 13, caracterizada por que el transductor de sonido (11, 12) está dispuesto en un borde exterior del anillo deslizante (6, 7).
- 60 15. Procedimiento para la monitorización de un cierre de anillo deslizante (5), que presenta al menos un anillo deslizante giratorio (7) y al menos un anillo deslizante estacionario (6), caracterizado por que en y/o sobre al menos un anillo deslizante (6, 7) se generan y/o se detectan ondas de Lamb-Rayleigh.
- 65 16. Procedimiento según la reivindicación 15, caracterizado por que en al menos un anillo deslizante (6, 7) se generan y detectan ondas sonoras, que se propagan a lo largo de la circunferencia del anillo deslizante (6, 7).

17. Procedimiento según la reivindicación 15 o 16, caracterizado por que en al menos un anillo deslizante (6, 7) se generan ondas sonoras, cuyas longitudes de onda ( $\lambda$ ) en la relación con respecto a la anchura (b) del anillo deslizante (6, 7) son inferiores a 100, preferentemente inferiores a 10, en particular inferiores a 5.
- 5 18. Procedimiento según una de las reivindicaciones 15 a 17, caracterizado por que en al menos un anillo deslizante (6, 7) se generan ondas sonoras, cuyas longitudes de onda ( $\lambda$ ) en la relación con respecto a la anchura (b) del anillo deslizante (6, 7) son superiores a 0,01, preferentemente superiores a 0,1, en particular superiores a 0,2.
- 10 19. Procedimiento según una de las reivindicaciones 15 a 18, caracterizado por que las ondas se propagan a lo largo de la circunferencia del anillo deslizante (6, 7).
20. Procedimiento según una de las reivindicaciones 15 a 19, caracterizado por que las ondas se propagan en un lado frontal anterior del anillo deslizante (6, 7) y/o en un lado frontal posterior del anillo deslizante (6, 7).

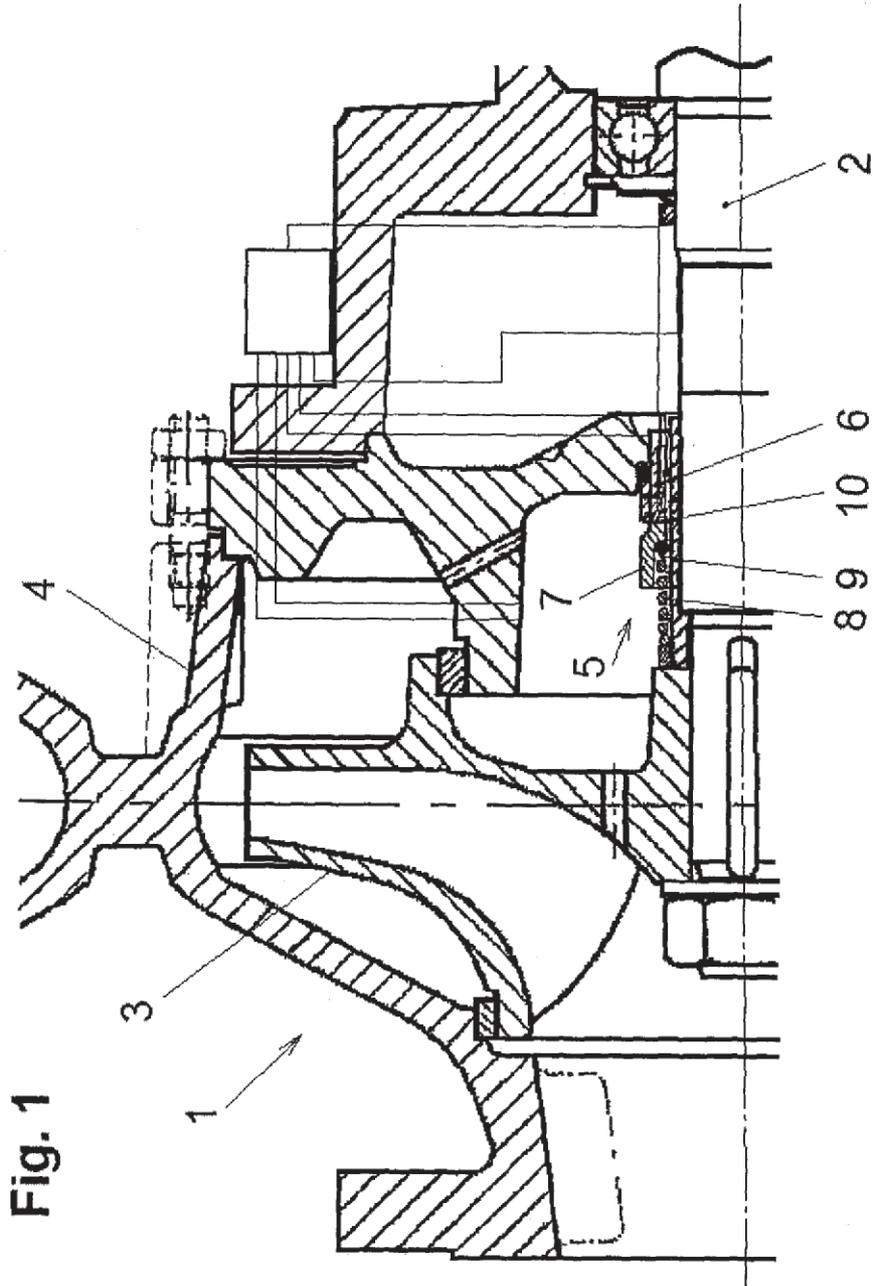


Fig. 2

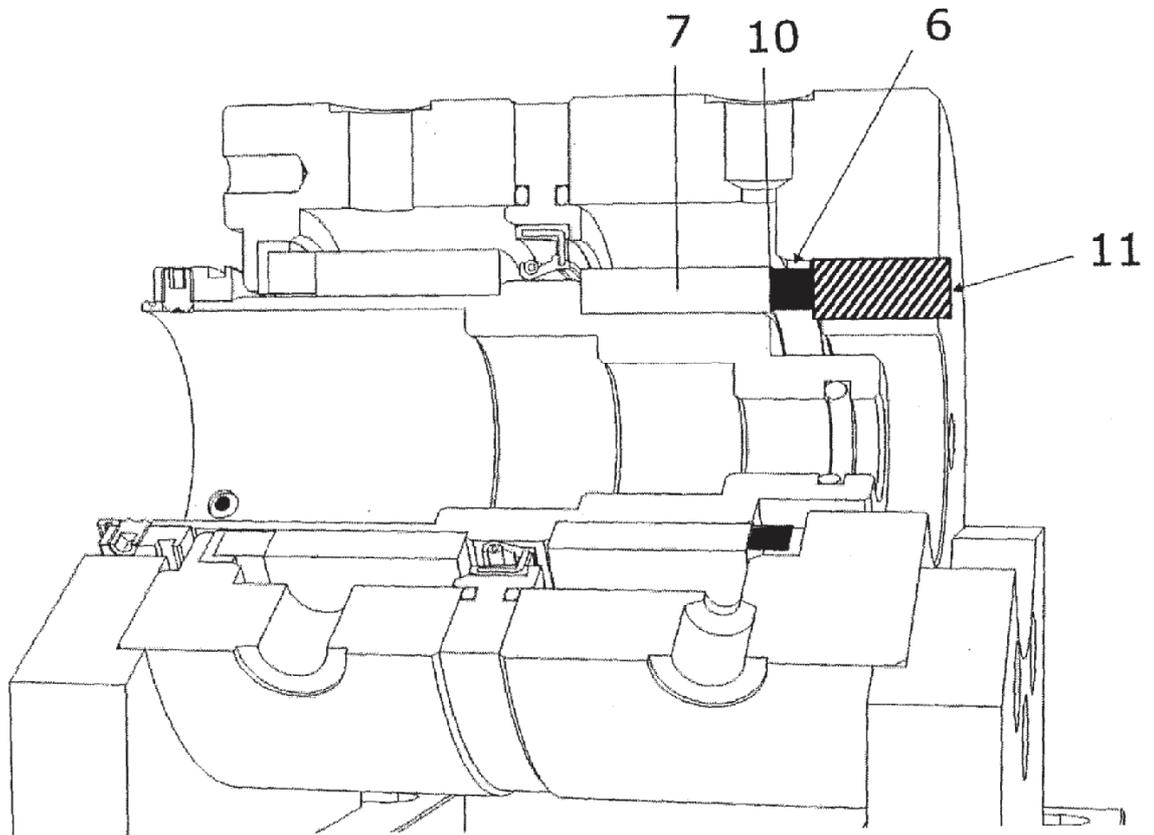


Fig. 3

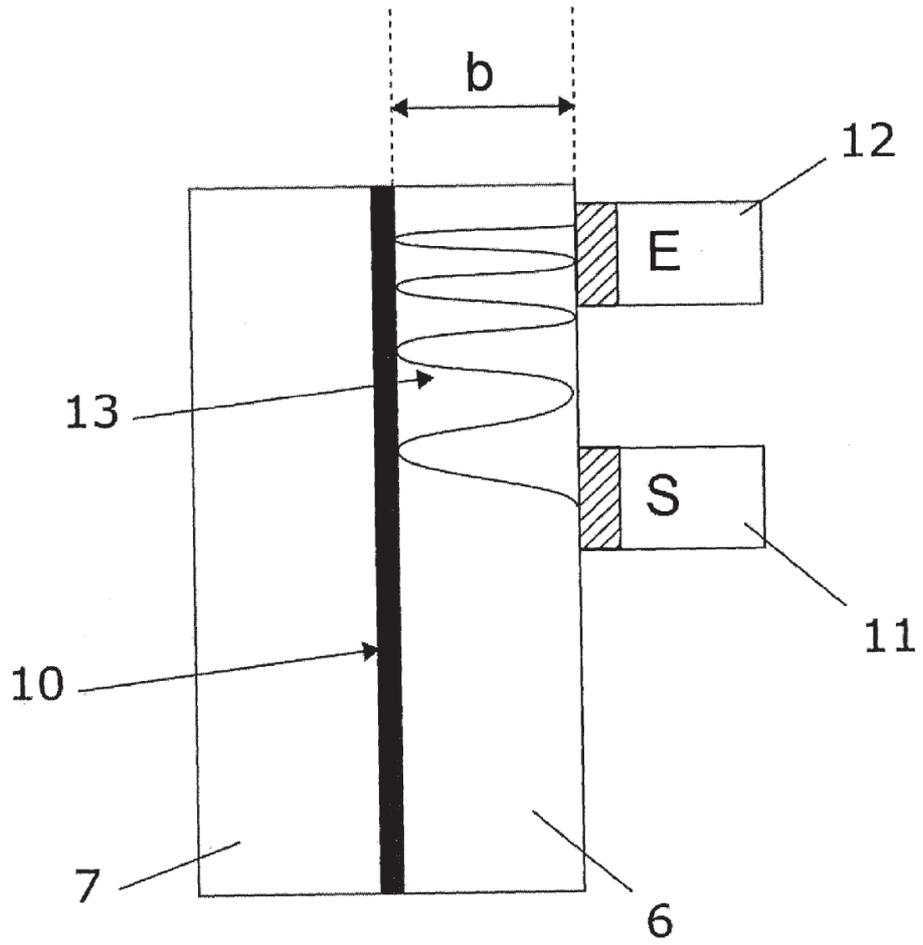


Fig. 4

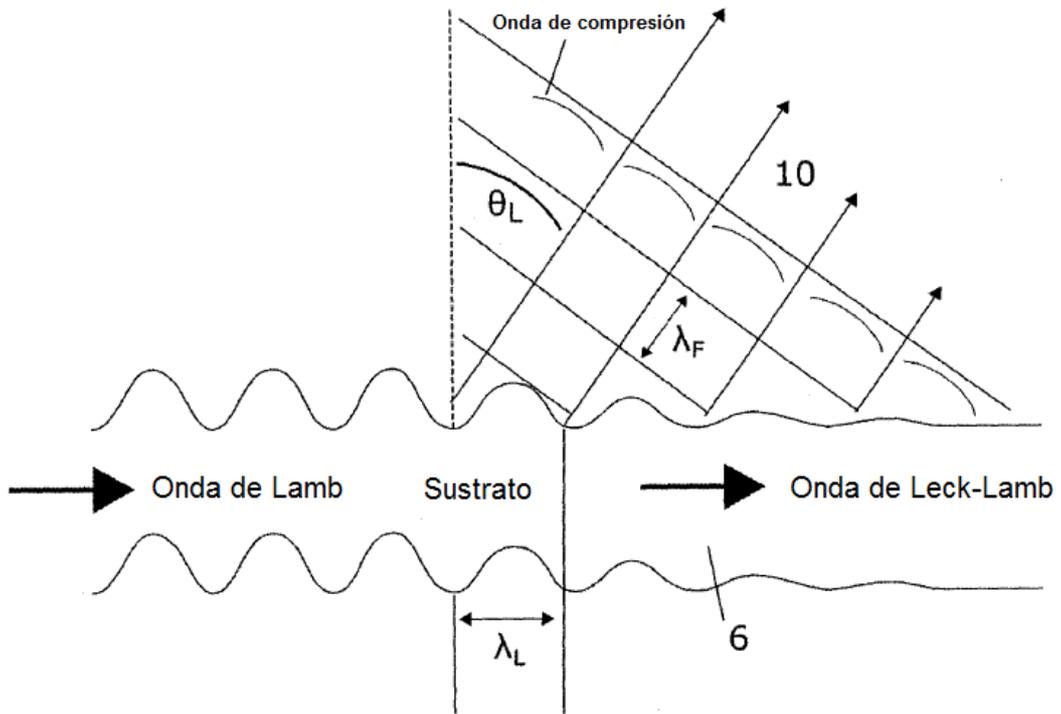


Fig. 5b

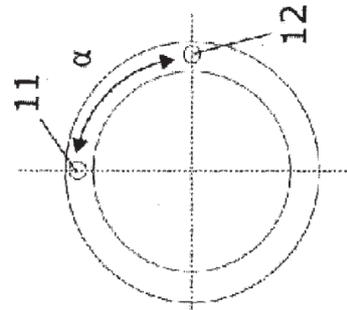


Fig. 5a

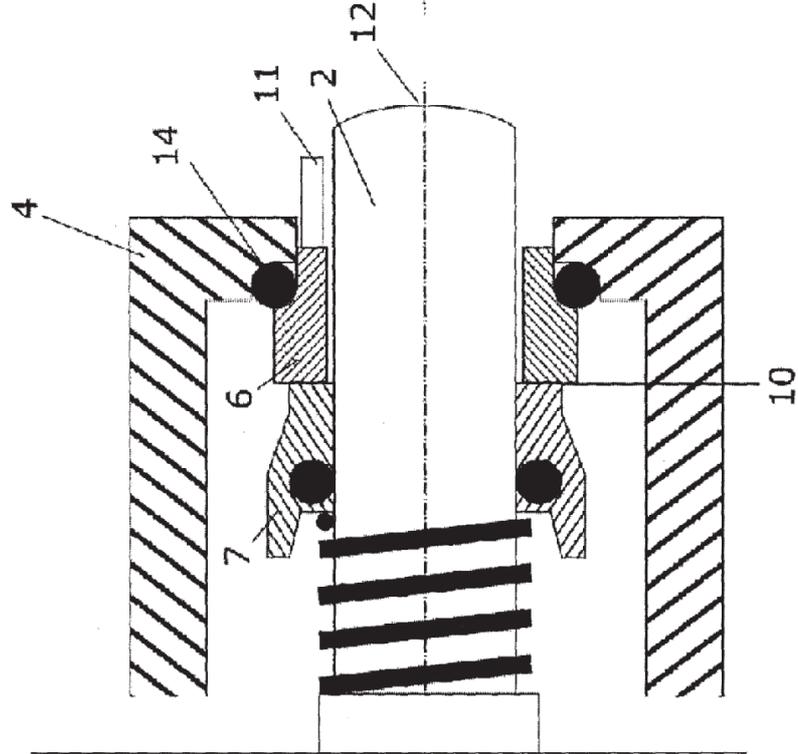


Fig. 6

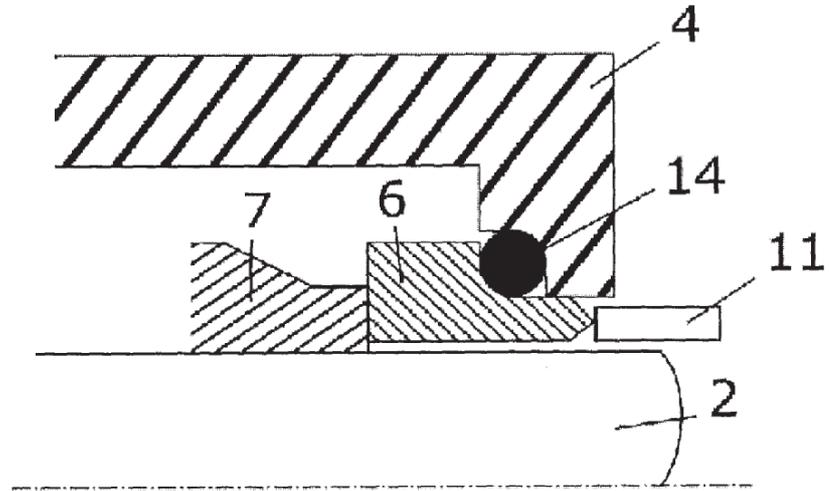


Fig. 7

