

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 747 305**

51 Int. Cl.:

G01B 11/245 (2006.01)

G01B 11/24 (2006.01)

G01B 11/12 (2006.01)

G01B 11/02 (2006.01)

G01B 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.10.2015** **E 15189812 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.07.2019** **EP 3156760**

54 Título: **Dispositivo sensor y procedimiento para la inspección de la superficie de un receptáculo hueco cilíndrico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
10.03.2020

73 Titular/es:

**STURM MASCHINEN- & ANLAGENBAU GMBH
(100.0%)
Industriestrasse 10
94330 Salching, DE**

72 Inventor/es:

**DR. ULLRICH, WOLFGANG;
JANETZKI, WOLFGANG;
KLINGER, PHILIP y
BADER, FLORIAN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 747 305 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Dispositivo sensor y procedimiento para la inspección de la superficie de un receptáculo hueco cilíndrico

La presente divulgación en un primer aspecto se refiere a un dispositivo sensor para la inspección de la superficie de un receptáculo hueco cilíndrico. En otro aspecto, la divulgación se refiere a un procedimiento de inspección de superficie de un receptáculo hueco cilíndrico.

En principio, el receptáculo hueco cilíndrico puede ser cualquier cavidad con una sección transversal redonda, por lo que la sección transversal redonda no necesariamente tiene que tener una forma circular precisa. Sobre una altura del receptáculo hueco cilíndrico, esta no tiene que tener exactamente la misma sección transversal. En particular, el receptáculo hueco cilíndrico puede tener una forma cónica y/o una superficie irregular.

Las cavidades cilíndricas a examinar pueden ser, en particular, cilindros de trabajo, por ejemplo, taladros de cilindro en un bloque de motor de un motor de combustión interna o cilindros de un servomotor.

En particular, en tales cavidades cilíndricas, las propiedades geométricas deben coincidir con mucha precisión con las especificaciones. Para verificar esto, se pueden realizar investigaciones de superficie en un receptáculo hueco cilíndrico, en particular para determinar un diámetro del receptáculo hueco cilíndrico y la irregularidad de la superficie del receptáculo hueco cilíndrico.

El solicitante describe un dispositivo sensor del tipo anterior en la solicitud de patente europea con el número de solicitud 15151723. Además, dicho dispositivo sensor se explicará más adelante con referencia a las figuras 1A y 1B. En efecto, los dispositivos sensores conocidos pueden determinar ciertas propiedades geométricas, como el diámetro de un receptáculo hueco cilíndrico con precisión. Sin embargo, las propiedades de una superficie no lisa sólo se pueden determinar de forma limitada.

Además, el documento US 2010/0220369 A1 desvela un sistema de barrido para la exploración sin contacto de una superficie que emite y recibe luz paralela y perpendicular a un eje longitudinal del sistema.

A partir del documento DE 10 2014 201 531 A1 se conoce un dispositivo para medir la superficie de un cilindro de un motor de combustión interna. En este dispositivo, se proporciona una unidad de exploración para desviar el haz lumínico emitido y reflejado además de una unidad de transmisión y recepción lumínica.

Además, en el documento DE 10 2012 204 498 A1 se desvela un dispositivo con una cámara y una fuente lumínica puntual. Mediante la posición de la imagen de un punto lumínico generado por la fuente lumínica en la superficie interna de un tubo, la cámara gira automáticamente. Los documentos US 2007/153296 A1, US 6.462.815 B1 y DE 10 2008 050259 A1 desvelan otros dispositivos sensores para el examen de la superficie.

Como un **objetivo** de la presente invención puede considerarse proporcionar un procedimiento y un dispositivo sensor para el examen de la superficie de un receptáculo hueco cilíndrico, con el que se pueden medir las superficies irregulares de la cavidad con la mayor precisión posible.

Este objetivo se logra mediante el dispositivo sensor que tiene las características de la reivindicación 1 y por el procedimiento que tiene las características de la reivindicación 10.

Un dispositivo sensor de acuerdo con la invención para el examen de la superficie de un receptáculo hueco cilíndrico de este tipo comprende al menos dos unidades de sensor, que están configuradas para una medición óptica de la distancia confocal. Las al menos dos unidades de sensor tienen una forma alargada y tienen una óptica externa, a través de la cual una dirección de medición, en la que se puede emitir y recibir luz, es transversal a un eje longitudinal de esta unidad de sensor. Además, el dispositivo sensor comprende un dispositivo de movimiento, que está configurado para mover las al menos dos unidades de sensor en una dirección de movimiento dentro de un receptáculo hueco cilíndrico a examinar.

En consecuencia, un procedimiento de acuerdo con la invención para el examen de la superficie de un receptáculo hueco cilíndrico comprende al menos las siguientes etapas: mover hacia dentro al menos dos unidades de sensor a lo largo de una dirección de movimiento hacia un receptáculo hueco cilíndrico a examinar; llevar a cabo mediciones de distancia confocal óptica por al menos dos unidades de sensor, que emiten luz en una dirección de medición y reciben luz desde la dirección de medición para la medición de distancia confocal óptica a través de una óptica externa; en el que las al menos dos unidades de sensor tienen una forma alargada y la dirección de medición está en forma transversal a un eje longitudinal de las unidades de sensor; y mover hacia fuera las al menos dos unidades de sensor a lo largo de la dirección de movimiento del receptáculo hueco cilíndrico a examinar.

En el dispositivo sensor mencionado anteriormente proporcionado de acuerdo con la invención para medir las proyecciones / salientes de una superficie del receptáculo hueco cilíndrico se proporcionan medios de control que se adaptan para controlar las al menos dos unidades de sensor para realizar una primera medición de distancia, en la que la dirección de medición está en un ángulo de 20° a 85° con respecto a la dirección de movimiento, en particular de 30° a 60°, y las al menos dos unidades de sensor para realizar una segunda medición de distancia, en la que la

dirección de medición está en un ángulo de 95° a 160° con respecto a la dirección de movimiento, en particular 120° a 150°. Para este propósito, por un lado se debe proporcionar una dirección de medición de una unidad de sensor en un ángulo entre 95° y 175°, en particular entre 105° y 150°, con respecto al eje longitudinal de esta unidad de sensor (la óptica externa de la unidad de sensor está formada de manera tal que la dirección de medición de esta unidad de sensor forma el ángulo mencionado anteriormente), y esta unidad de sensor se mantiene a través de un cojinete giratorio, de modo que la misma unidad de sensor para la primera medición de distancia y la segunda medición de distancia es móvil en diferentes posiciones de rotación. Por ejemplo, la unidad de sensor puede estar formada de manera tal que su dirección de medición esté en un ángulo de 130° con respecto al eje longitudinal. Si el eje longitudinal está alineado en paralelo a la dirección de movimiento mencionada anteriormente, la dirección de medición también está en un ángulo de 130° con respecto a la dirección de movimiento. Si, por ejemplo, la unidad del sensor se inclina hacia afuera de la superficie adyacente de la cavidad para ser examinada en 80° (es decir, un extremo de la unidad del sensor alejado de la óptica externa se inclina hacia fuera de la superficie adyacente), esto resulta en un ángulo de $130^\circ - 80^\circ = 50^\circ$ entre la dirección de medición y la dirección de movimiento.

De acuerdo con la invención, las al menos dos unidades de sensor comprenden al menos una primera y una segunda unidad de sensor, en la que la primera unidad de sensor (para realizar la primera medición de distancia) está formada y vinculada al dispositivo de movimiento de modo que su dirección de medición está en un ángulo de 20° a 85° con respecto a la dirección de movimiento, en particular 30° a 60°. La segunda unidad de sensor está diseñada (para la ejecución de la segunda medición de distancia) y conectada al dispositivo de movimiento de modo que su dirección de medición está en un ángulo de 95° a 170°, en particular entre 105° y 150°, con respecto a la dirección de movimiento.

En el procedimiento del tipo mencionado anteriormente, se proporciona de acuerdo con la invención que la realización de las mediciones de distancia confocal óptica comprende al menos:

- Realizar una primera medición de distancia por las al menos dos unidades de sensor para medir las salientes de una superficie del receptáculo hueco cilíndrico, en la que la dirección de medición en la primera medición de distancia está en un ángulo de 20° a 85°, en particular 30° a 60°, con respecto a la dirección de movimiento
- Realizar una segunda medición de distancia por las al menos dos unidades de sensor para medir las salientes de una superficie del receptáculo hueco cilíndrico, en la que la dirección de medición en la segunda medición de distancia está en un ángulo de 95° a 160°, en particular 120° a 150° con respecto a la dirección de movimiento

en el que para proporcionar los ángulos mencionados para la primera y segunda medición de distancia:

- las al menos dos unidades de sensor comprenden al menos una primera y una segunda unidad de sensor, en la que la primera unidad de sensor está formada y vinculada al dispositivo de movimiento de modo que su dirección de medición está en un ángulo de 20° a 85°, en particular de 30° a 60°, con respecto a la dirección de movimiento, y
- en la que la segunda unidad de sensor está formada y vinculada a los dispositivos de movimiento, de modo que su dirección de medición está en un ángulo de 95° a 170°, en particular entre 105° y 150° con respecto a la dirección de movimiento.

Mediante la invención, se pueden medir eficazmente superficies no lisas, es decir, protuberancias o salientes / depresiones sobre una superficie de un receptáculo hueco cilíndrico. En particular, las proyecciones no solo pueden sobresalir en el receptáculo hueco cilíndrico en la dirección radial, sino que también pueden inclinarse en la dirección longitudinal del receptáculo hueco cilíndrico y, en particular, tener una configuración en forma de gancho o de cola de milano. Tal forma de superficie se produce, por ejemplo, en cavidades cilíndricas en un bloque de motor. Una ventaja de tal forma radica en que un revestimiento a aplicar recibe una mayor resistencia de unión. En este contexto, la generación de esta superficie no lisa se denomina activación. En la presente descripción, es irrelevante si una superficie no lisa se describe mediante salientes en un sustrato, o si se menciona en lugar de depresiones en un sustrato. Ambas formulaciones pueden estar relacionadas con la misma forma de superficie.

Se puede observar una concepción esencial de la invención en el hecho de que las protuberancias / salientes descritas anteriormente se pueden examinar mejor si la dirección de medición de una unidad de sensor usada no es perpendicular a la superficie del receptáculo hueco cilíndrico a examinar. Las protuberancias inclinadas, por ejemplo, formando un ángulo de 15° perpendicular a la superficie, se pueden medir particularmente bien, incluso si la dirección de medición de la unidad del sensor está alineada en un ángulo entre 10° y 20° con respecto a la vertical de la superficie. Particularmente en el caso de cilindros de trabajo a revestir, se forma una forma de superficie en la que las proyecciones que se proyectan hacia dentro de la cavidad también se extienden en la dirección axial de la cavidad y forman una proyección en sus extremos en la dirección axial. Se ha reconocido que, para una medición precisa de tal geometría, una sola dirección de medición relativa a la superficie no es suficiente. Por el contrario, son útiles las al menos dos direcciones de medición que están, por ejemplo, en un ángulo de + 15° y -15° con respecto a la normalidad de la superficie a examinar.

Este problema se describirá con más detalle con referencia a las Figuras 1A y 1B. La Fig. 1A muestra esquemáticamente una inspección no de acuerdo con la invención de un receptáculo hueco cilíndrico 90. Este comprende una superficie 91 que ha sido procesada mecánicamente (activada) para mejorar el agarre para que se aplique un revestimiento. Como resultado, la superficie 91 comprende salientes o proyecciones 92 con una sección transversal en forma de cola de milano. Estas salientes 92 no se proyectan aproximadamente perpendicularmente desde una superficie de la superficie 91, sino en un ángulo, como se muestra. Es deseable medir las dimensiones de estas proyecciones salientes 92 con la mayor precisión posible. La figura 1A muestra un dispositivo sensor 1 del estado de la técnica que comprende una unidad de sensor 10. Esto funciona de acuerdo con el principio confocal y, por lo tanto, puede medir una distancia en una dirección de medición 11 con precisión. La dirección de medición 11 está determinada por una óptica externa 13 de la unidad de sensor 10, emitiendo luz en la dirección de medición 11 a través de esta óptica 13 y desde la dirección de medición 11 se envía luz en la dirección de un detector lumínico del dispositivo sensor 1. Para este propósito, la luz se puede conducir a través de una fibra óptica 19 a la unidad de sensor 10 y/o lejos de ella. En el dispositivo sensor ilustrado convencional 1, la dirección de medición 11 es perpendicular a un eje longitudinal 15 de la unidad de sensor 10. Además, la dirección de medición 11 es perpendicular a una dirección de movimiento 31, a lo largo de la cual la unidad de sensor 10 se mueve en el receptáculo 90. Como puede verse en la figura 1A, en el caso de una dirección de medición 11 que es perpendicular a la superficie 91 a examinar, casi no se puede obtener información sobre la inclinación y la forma de la región sobresaliente de una elevación 92.

Es concebible inclinar la unidad de sensor 10, de modo que la dirección de medición 11 ya no sea perpendicular a la superficie 91 y, por lo tanto, también pueda mirar detrás de salientes sobresalientes 91. Tal situación se muestra esquemáticamente en la figura 1B. Con tal inclinación de la unidad de sensor 10, sin embargo, la distancia entre la óptica externa 13 y la superficie 91 a examinar aumenta porque de lo contrario un extremo de la unidad de sensor alargado 10 que forma el extremo opuesto a la óptica externa 13 (en la figura 1B, el extremo superior la unidad de sensor 10) se apoyaría contra la superficie 91. Aunque los sensores de distancia confocal tienen una resolución de medición muy alta, sólo tienen un rango de medición relativamente pequeño. Debido a la inclinación mostrada en la Figura 1B, la distancia entre la óptica externa 13 y la superficie 91 está fuera del rango de medición de la unidad de sensor 10. Por lo tanto, la unidad de sensor 10 no puede realizar una medición significativa en la posición mostrada.

Este problema es superado por el dispositivo sensor de acuerdo con la invención. Según la invención, dos unidades de sensor ya pueden ser suficientes. En estos, sin embargo, la dirección de medición no debe ser perpendicular al eje longitudinal de una unidad de sensor. Más bien, la dirección de medición forma un ángulo entre 100° y 250° con respecto al eje longitudinal de la unidad del sensor. En este caso, este ángulo se mide en la óptica externa en relación con el eje longitudinal, que se extiende desde la óptica externa en la dirección de una región central de la unidad del sensor. Por lo tanto, un ángulo de 180° indica que la dirección de medición apunta directamente desde el centro del sensor desde la óptica externa. Por otro lado, un ángulo de 0° significaría que la dirección de medición correría desde la óptica externa hacia la unidad del sensor hasta su área central. La inclinación antes mencionada entre la dirección de medición y el eje longitudinal de la unidad de sensor asegura que pueda examinar las salientes sobre una superficie de un receptáculo hueco cilíndrico en dos posiciones de rotación diferentes sin colisiones con la superficie o dejando un rango de medición de la unidad de sensor confocal.

De acuerdo con la invención, se prevé que estén presentes al menos dos unidades de sensor, que difieren en su dirección de medición. Las dos direcciones de medición pueden seleccionarse en particular para que no se requiera inclinación o rotación de la unidad de sensor para medir efectivamente salientes sobresalientes de la superficie de un receptáculo hueco cilíndrico. En la presente se puede definir una especificación de ángulo para la dirección de medición en relación con la dirección de movimiento, en la que las dos unidades de sensor se pueden mover hacia adentro y hacia afuera de una cavidad para examinarlas. La dirección de movimiento es una referencia importante, ya que en funcionamiento un receptáculo hueco cilíndrico a examinar está convenientemente dispuesta de modo que su eje longitudinal coincida exactamente con la dirección de movimiento. Esto garantiza que la unidad del sensor o las unidades del sensor puedan ofrecer resultados comparables sobre la altura del receptáculo hueco cilíndrico y que siempre se mantenga el rango de medición limitado de la medición de la distancia confocal.

Una medición de distancia confocal generalmente se puede definir en que la unidad del sensor tiene un sistema óptico, por ejemplo, una lente convergente, un grupo de lentes con un total de potencia refractiva positiva o medios reflectantes, como espejos con efecto de captación lumínica, a través de los cuales tanto se transmite la luz a emitir en la dirección de la superficie a examinar así como también la luz que regresa de la superficie a examinar se reenvía en la dirección del detector lumínico. Ventajosamente, esto hace que un foco de iluminación solo coincida con un foco de detección. Entre la óptica antes mencionada, que también se puede denominar óptica confocal, y el detector lumínico también se puede disponer en un plano de imagen intermedio, un agujero de alfiler (Inglés: pinhole). Este agujero de alfiler bloquea la luz desenfocada para que el detector lumínico pueda recibir luz sustancialmente sólo desde el área del foco de iluminación. En lugar de un agujero de alfiler, también se puede disponer una fibra óptica en el plano de imagen intermedio, que actúa de manera similar a un agujero de alfiler con respecto a la transmisión lumínica. Además, se puede disponer un agujero de alfiler en un plano de imagen intermedio entre la fuente lumínica y la óptica confocal. En lugar de o además del agujero de alfiler, a su vez, se puede usar una guía de onda óptica que conduce la luz desde la fuente lumínica. En este caso, ese extremo de esta guía de ondas ópticas, que mira hacia la óptica externa, está dispuesto en un plano de imagen intermedio. Este modo de operación confocal logra una resolución de medición particularmente alta. Esto es mejor que una

resolución de otros medidores de distancia ópticos que funcionan de acuerdo con el principio de triangulación, por ejemplo.

5 Con el fin de que la luz a detectar por la óptica confocal no corra en la dirección de la fuente lumínica sino en la dirección del detector lumínico, un divisor de haz está presente convenientemente. Este dirige la luz a detectar al menos parcialmente desde la óptica confocal al detector lumínico y la luz de iluminación al menos parcialmente desde la fuente lumínica a la óptica confocal. Por ejemplo, un espejo parcialmente transparente, un divisor de haz de polarización o un divisor de color, que transmite o refleja la luz dependiendo de la longitud de onda, puede usarse como divisor de haz.

10 La óptica confocal puede ser básicamente idéntica a la óptica externa, pero preferentemente es diferente de esta. Como resultado, la óptica externa puede adaptarse de una manera más simple a un objetivo deseado o intercambiarse para este. Por lo tanto, la óptica externa determina la dirección de medición, en la que se emite y se recibe la luz. La óptica externa puede ser básicamente cualquier elemento óptico, por ejemplo, un elemento refractivo, difractivo o reflector lumínico, o puede comprender uno o más de los elementos mencionados anteriormente.

15 La dirección de medición puede denotar un eje de una trayectoria de haz a lo largo del cual se emite luz desde la óptica externa. Por lo general, la luz se emite cónica, la forma del cono forma un ángulo de apertura a la dirección de medición y la dirección de medición corre centralmente a través de la forma del cono. Por lo tanto, se puede entender una transmisión lumínica en la dirección de medición, de modo que la luz se transmite en forma de cono alrededor de la dirección de medición. A lo largo de la dirección de medición, se genera un foco con una sección transversal mínima del haz lumínico a una cierta distancia de la óptica externa, cuyo foco puede predeterminarse en particular por la óptica focal.

20 Para cada unidad de sensor, se puede proporcionar una fuente lumínica y al menos un detector lumínico en cada caso. La fuente lumínica y el detector lumínico pueden recibirse dentro del cuerpo alargado de la unidad de sensor. Alternativamente, la fuente lumínica y el detector lumínico están fuera del cuerpo alargado de la unidad del sensor. 25 Por medio de guías de onda ópticas, la luz puede ser conducida desde la fuente lumínica al cuerpo alargado y allí a través de la óptica confocal a la óptica externa. En la dirección opuesta, la luz a detectar se puede conducir a través de la óptica externa a la óptica confocal y luego a través de la guía de onda óptica o conduce al detector lumínico.

30 En una medición confocal, un área en una superficie del receptáculo hueco cilíndrico se ilumina con luz emitida. El detector lumínico mide la luz devuelta desde el área iluminada, en particular la luz dispersada y/o reflejada. Este no necesita tener resolución espacial. El detector lumínico no tiene que ser una cámara, sino que puede consistir en un solo elemento sensible a la luz. Por lo tanto, se genera exactamente 1 valor medido para el área iluminada, en contraste con una iluminación de campo amplio con detector lumínico de resolución espacial, que genera numerosos valores medidos para 1 área iluminada correspondiente al número de sus elementos receptores. En comparación con una iluminación de campo tan amplio, la medición confocal usada en la invención ofrece una precisión de medición significativamente mayor, en particular con respecto a la información de distancia. 35

Se puede comprender que la forma alargada de una unidad de sensor significa que una carcasa o las dimensiones externas de esta unidad de sensor son al menos dos o tres veces más grandes que una dimensión en una dirección perpendicular a la misma. Un eje longitudinal es un eje que se extiende a lo largo de la forma alargada, es decir, en particular en la dirección en que la unidad de sensor tiene su dimensión más grande. Las caras extremas de la forma 40 alargada pueden determinarse en particular en un lado por la óptica externa y en el lado opuesto por medios de conexión para una o más fibras ópticas.

45 Para llevar las al menos dos unidades de sensor a una posición de medición, se usa un dispositivo móvil. En principio, esto puede ser de cualquier diseño deseado siempre que sea capaz de mover las al menos dos unidades de sensor en una dirección de movimiento específica, en particular lineal. Esta dirección de movimiento puede coincidir con un eje longitudinal de un receptáculo hueco cilíndrico a examinar. El dispositivo de movimiento también puede diseñarse para mover adicionalmente las al menos dos unidades de sensor en direcciones transversales o perpendiculares a la dirección de movimiento mencionada. Esto puede ser deseable para colocar primero las al menos dos unidades de sensor sobre un receptáculo hueco cilíndrico a examinar y luego retraer las al menos dos unidades de sensor en la dirección de movimiento hacia el receptáculo hueco cilíndrico. Apropiadamente, el dispositivo de movimiento para este propósito comprende al menos un accionamiento, por ejemplo, un motor, un accionamiento lineal magnético u otro elemento de control. 50

55 En una realización preferente del dispositivo sensor de acuerdo con la invención, la primera unidad de sensor, en particular su óptica externa, está formada de manera tal que su dirección de medición con respecto a su eje longitudinal está en un ángulo entre 20° y 85° , en particular entre 30° y 80° . Además, en la presente la segunda unidad de sensor, en particular su óptica exterior, debe diseñarse de modo que su dirección de medición con respecto a su eje longitudinal esté en un ángulo entre 95° y 160° , en particular entre 100° y 150° .

La óptica externa de una unidad de sensor puede disponerse convenientemente en la dirección longitudinal en una región extrema de la unidad de sensor asociada. Se puede entender que las indicaciones de ángulo a lo largo del

- presente texto significan que, en un ángulo de 0° con respecto a la dirección longitudinal, la dirección de medición apuntaría hacia la unidad del sensor y se extendería más allá de la unidad del sensor en un ángulo de 180° en la dirección longitudinal. Mediante dos unidades de sensor cuyas direcciones de medición se forman de manera diferente con respecto a sus ejes longitudinales, las salientes en las paredes de la superficie del cilindro, como se producen en particular para motores de combustión interna, pueden estudiarse particularmente bien. Además, se logra mediante los rangos angulares antes mencionados que una dimensión longitudinal de una unidad de sensor no es o sólo es un obstáculo leve cuando se inserta la unidad de sensor en una cavidad a examinar.
- También se puede proporcionar que la primera y la segunda unidad de sensor estén dispuestas con sus ejes longitudinales sustancialmente paralelos entre sí y sus ejes longitudinales estén alineados sustancialmente en paralelo a la dirección de movimiento. Por “sustancialmente paralelo”, se pueden considerar ángulos de hasta 15° o preferentemente de hasta 5°. Si las unidades de sensor están alineadas en paralelo entre sí y en paralelo a la dirección de movimiento, su requerimiento de espacio con respecto a una sección transversal de la cavidad a examinar es particularmente bajo. Esto es ventajoso si el dispositivo sensor debe tener sensores adicionales, que también están retraídos en el receptáculo hueco cilíndrico.
- En una realización preferente, la primera y la segunda unidad de sensor están formadas iguales y dispuestas rotadas entre sí. En particular, en la presente las dos unidades de sensor pueden ser idénticas a excepción de su dirección de giro. Esto simplifica la producción. Esta rotación entre las unidades de sensor puede darse alrededor de un eje que es transversal o perpendicular a la dirección de movimiento mencionada anteriormente (y, por lo tanto, transversal o perpendicular al eje longitudinal del cilindro hueco a examinar).
- En una realización preferente adicional, cada unidad de sensor comprende una superestructura con medios de conexión mecánica para la fijación del accesorio a un cuerpo base de esta unidad de sensor, en el que el accesorio incluye la óptica externa de esta unidad de sensor. Para efectuar diferentes direcciones de medición, por lo tanto, es suficiente usar diferentes accesorios con unidades de sensores idénticas. También es posible proporcionar las mismas unidades de sensor con diferentes accesorios dependiendo de la aplicación. El accesorio puede comprender como un medio de conexión mecánica, por ejemplo, una rosca de tornillo o puede formarse de modo que se sostenga mediante un ajuste a presión en el cuerpo base. En particular, esa parte de una unidad de sensor en la que se alojan los elementos ópticos necesarios para la formación de imágenes confocales puede considerarse como el cuerpo base, mientras que la óptica externa en el accesorio esencialmente solo produce una desviación del haz.
- Preferentemente, la unión de la primera unidad de sensor y la unión de la segunda unidad de sensor difieren en la dirección de medición, que está predeterminada por la óptica externa respectiva con respecto a una trayectoria del haz dentro de un cuerpo base de la unidad de sensor respectiva. Por ejemplo, la óptica externa de dos accesorios puede estar formada por superficies de espejo inclinadas de manera diferente. Excepto por la óptica externa, los diversos accesorios pueden ser idénticos.
- La dirección de medición de la primera unidad de sensor y la dirección de medición de la segunda unidad de sensor están preferentemente en un ángulo de 15° a 60° entre sí, más preferentemente en un ángulo entre 18° y 45°. En este caso, el ángulo puede definirse en un plano que está determinado por la dirección de movimiento y la dirección de medición de la primera unidad de sensor; si la dirección de medición de la segunda unidad de sensor no está en este plano, se usa una proyección de esta dirección de medición en dicho plano para la determinación de la indicación de ángulo. Como resultado, un ángulo de rotación permanece sin consideración entre las unidades de sensor alrededor de la dirección de medición.
- En una realización preferente adicional, se proporciona un dispositivo motor y se configura este para rotar la unidad de sensor, que se mantiene mediante un cojinete giratorio, en diferentes posiciones de rotación para la primera y la segunda medición de distancia. Convenientemente, en la presente un soporte, en el que la unidad de sensor está montada de forma giratoria, se retrae a través del dispositivo de movimiento, en particular de forma lineal, dentro de un cilindro hueco a examinar, con lo cual la unidad de sensor se puede girar dentro de la cavidad para examinarla a través del dispositivo de motor.
- La primera y la segunda medición de distancia difieren en el presente texto por las direcciones de medición. Para examinar un receptáculo hueco cilíndrico por encima de su altura, se puede proporcionar un procedimiento de la (s) unidad (es) del sensor en la dirección de movimiento para realizar una pluralidad de primeras mediciones de distancia a diferentes alturas. Asimismo, se pueden realizar varias mediciones de la segunda distancia. Una primera y una segunda medición de distancia pueden llevarse a cabo en particular simultáneamente si se usan diferentes unidades de sensor para este propósito. En este caso, la posición de altura de la primera medición de distancia puede diferir de la posición de altura de la segunda medición de distancia realizada simultáneamente.
- Por lo tanto, los medios de control se pueden configurar al
- mover las al menos dos unidades de sensor a diferentes posiciones de altura en el receptáculo hueco cilíndrico con el dispositivo de movimiento,

- realizar múltiples mediciones de primera distancia en diferentes posiciones de altura y realizar múltiples segundas mediciones de distancia en diferentes posiciones de altura (donde las posiciones de altura de las primeras mediciones de distancia pueden ser iguales o diferentes a las posiciones de altura de las segundas mediciones de distancia),
- 5 – calcular mediciones geométricas de salientes de la superficie del receptáculo hueco cilíndrico con resultados de mediciones de varias mediciones de primera distancia y tomando en consideración las posiciones de altura asociadas, y
- calcular mediciones geométricas de salientes de la superficie del receptáculo hueco cilíndrico con resultados de mediciones de varias segundas mediciones de distancia y tomando en consideración las posiciones de altura asociadas.

Las dimensiones geométricas calculadas pueden relacionarse, en particular, con un voladizo de una elevación en la dirección de movimiento y/o un ángulo en el que sobresale la elevación. En particular, un voladizo de un levantamiento en una dirección de retracción de la unidad del sensor dentro del receptáculo hueco cilíndrico puede investigarse mediante las primeras mediciones de distancia; Por el contrario, el voladizo de un levantamiento en una dirección de extensión de la unidad de sensor puede examinarse en particular por las segundas mediciones de distancia.

En general, las fluctuaciones o vibraciones de las dos unidades de sensor pueden ocurrir de manera transversal o perpendicular al dispositivo de movimiento. Por tales vibraciones, la distancia de las unidades de sensor a la cavidad cambia. Por lo tanto, las mediciones de distancia se ven afectadas negativamente por tales vibraciones. Por lo tanto, es parte de la invención detectar tales vibraciones por al menos una tercera unidad de sensor. Los datos de medición de distancia de la primera y segunda unidad de sensor se pueden corregir de acuerdo con las vibraciones determinadas. La expresión “al menos una tercera unidad de sensor” debe entenderse que significa que se proporcionan una o más unidades de sensor adicionales además de las unidades de sensor primera y segunda. Esta está o estas están configuradas para una medición de distancia confocal óptica. Una dirección de medición de la al menos tercera unidad de sensor está dispuesta con respecto a las direcciones de medición de la primera y segunda medición de distancia en un ángulo dentro de un plano perpendicular a la dirección de movimiento, que está entre 45° y 315° . Los medios de control ahora están adaptados para determinar, con la ayuda de datos de medición de distancia de al menos la tercera unidad de sensor, las fluctuaciones posicionales de la primera y opcionalmente la segunda unidad de sensor dirección de movimiento en un plano perpendicular a la dirección de movimiento. Preferentemente, las terceras unidades de sensor opcionalmente adicionales están en ángulos entre 90° y 270° con respecto a las direcciones de medición usadas en la primera y segunda medición de distancia, definiéndose estos ángulos en el plano perpendicular a la dirección de movimiento. Además, un ángulo de inclinación también puede estar presente fuera de este plano. De manera particularmente preferente, se usa una cuarta unidad de sensor. Las direcciones de medición de las unidades de sensor tercera y cuarta en dicho plano están preferentemente también en un ángulo de 90° a 180° entre sí. Este ángulo es particularmente preferentemente de 120° y, además, las dos direcciones de medición de estas dos unidades de sensor forman cada una un ángulo de 120° con respecto a las direcciones de medición de la primera y segunda medición de distancia. Las direcciones de medición de la primera y segunda medición de distancia pueden alinearse en el plano perpendicular a la dirección de movimiento entre sí, es decir, formar un ángulo de 0° . Esta orientación también se puede proporcionar en todas las otras realizaciones descritas en la presente.

La tercera unidad de sensor y posiblemente unidades adicionales existentes están conectadas mecánicamente a la primera y segunda unidad de sensor y se mueven junto con ellas por el dispositivo de movimiento. Por lo tanto, se conoce una distancia entre dichas unidades de sensor y, en particular, puede ser rígida, es decir, no modificable. Esto es importante para que sea posible deducir una posición de todas las unidades de sensor a partir de los datos de medición de distancia de al menos la tercera unidad de sensor. Por lo tanto, con al menos la tercera unidad del sensor, se realizan mediciones sucesivas de la distancia al receptáculo hueco cilíndrico, lo que se puede concluir de las fluctuaciones en los datos de medición de la distancia así obtenidos a las vibraciones entre las unidades del sensor y el receptáculo hueco cilíndrico. Con la ayuda de estos datos de posición, se puede corregir la información geométrica obtenida por la primera y/o segunda unidad de sensor. La dirección de medición de la al menos tercera unidad de sensor puede estar exactamente en el plano perpendicular a la dirección de movimiento. Alternativamente, la dirección de medición o las direcciones de medición de la al menos tercera unidad de sensor también pueden sobresalir del plano perpendicular a la dirección de movimiento, como se describe para la primera y/o segunda unidad de sensor. A propósito, la al menos tercera unidad de sensor puede estar formada, en particular, de la misma manera que la primera y/o segunda unidad de sensor.

Las diversas realizaciones del dispositivo sensor de acuerdo con la invención también deben considerarse variantes ventajosas del procedimiento de acuerdo con la invención. En particular, las variantes del proceso resultan del uso previsto del dispositivo sensor.

Otras ventajas y características de la invención se describirán a continuación con referencia a las figuras esquemáticas que se acompañan.

- Fig. 1A muestra un ejemplo de un dispositivo sensor del estado de la técnica.
- Fig. 1B muestra el dispositivo sensor de la Figura 1A en una orientación diferente.
- Fig. 2A muestra una realización a modo de ejemplo de un dispositivo sensor de acuerdo con la invención.
- Fig. 2B muestra información geométrica para la Figura 2A.
- 5 Fig. 3 muestra otra realización a modo de ejemplo de un dispositivo sensor de acuerdo con la invención.
- Fig. 4A muestra otra realización a modo de ejemplo de un dispositivo sensor en una primera posición de medición.
- Fig. 4B muestra el dispositivo sensor de la Figura 4A en una segunda posición de medición.
- 10 Los componentes idénticos y que actúan de manera idéntica se proporcionan por lo general con los mismos números de referencia en las figuras.
- El dispositivo sensor 1 convencional de las Figuras 1A y 1B se ha descrito anteriormente. Las declaraciones hechas allí con respecto a los componentes del dispositivo sensor 1 también pueden aplicarse a componentes con el mismo número de referencia de realizaciones del dispositivo sensor de acuerdo con la invención.
- 15 Un primer ejemplo de realización de un dispositivo sensor 100 de acuerdo con la invención se describirá a continuación con referencia a las figuras 2A y 2B. La Figura 2A muestra esquemáticamente componentes del dispositivo sensor 100, los cuales se retraen en una cavidad 90 a examinar. La Figura 2B sirve para ilustrar ciertos ángulos con el dispositivo sensor 100 de la Figura 2A.
- El dispositivo sensor 100 comprende dos unidades de sensor 10 y 20 que están configuradas para realizar una medición de distancia confocal.
- 20 Para este fin, el dispositivo sensor 100 tiene una o más fuentes lumínicas (no mostradas) cuya luz se conduce a través de guías de ondas ópticas o fibras ópticas 19 y 29 a las dos unidades de sensor 10 y 20. Cada una de las unidades de sensor 10 y 20 incluye una óptica confocal (por ejemplo, una lente o un grupo de lentes) que produce un foco de la luz emitida. Las unidades de sensor 10 y 20 también tienen una óptica externa 13 y 23, que predetermina una dirección de medición 11 y 21, es decir, una dirección de emisión lumínica que proviene de la
- 25 óptica confocal. La luz emitida irradia una superficie 91 del receptáculo 90 a examinar. Como resultado, la luz se dispersa y/o se refleja. A su vez, esta luz reflejada se transmite a través de la óptica externa 13 y 23 y la óptica confocal respectiva en la dirección de un detector lumínico, que no se muestra en la presente. Por ejemplo, la luz reflejada se puede conducir a través de las fibras ópticas 19 y 29 a detectores lumínicos, que no se retraen en el receptáculo 90 a examinar.
- 30 Puede ser ventajoso si cada unidad de sensor 10 y 20 tiene un detector lumínico que está alojado en el cuerpo alargado de la unidad de sensor 10 o 20, mientras que una fuente lumínica está dispuesta fuera de las unidades de sensor 10 y 20 y está conectada a la misma a través de fibras ópticas 19 y 29.
- En el contexto de la presente descripción, una fibra óptica 19, 29 también puede entenderse como un haz de varias fibras que, en particular independientemente una de otra, pueden guiar la luz de iluminación desde la fuente lumínica
- 35 y la luz reflejada a detectar.
- En la Figura 2A, las dos unidades de sensor 10 y 20 están montadas en un soporte común. Este se puede mover en la dirección de movimiento 31. Como resultado, las unidades de sensor 10 y 20 se pueden mover a lo largo de la dirección de movimiento 31 dentro del receptáculo 90 a examinar y se pueden mover nuevamente hacia afuera después del examen. Esto se realiza a través de un dispositivo de movimiento, no mostrado en la presente, que está
- 40 dispuesto en la operación de medición fuera del receptáculo 90 a examinar. La dirección de movimiento 31 corresponde convenientemente al eje longitudinal o al eje del cilindro del receptáculo hueco cilíndrico 90.
- Como concepción esencial de la invención, las direcciones de medición 11 y 21 de las dos unidades de sensor 10 y 20 están alineadas de manera que no son perpendiculares, sino oblicuas en una superficie 91 del receptáculo 90 en la operación de medición. Una microestructura de la superficie 91, es decir, las depresiones y/o salientes de la
- 45 superficie 91, se muestran ampliadas en las figuras con fines ilustrativos. El término "perpendicular" no debe entenderse en términos de tal microestructura sino con respecto a un área más grande de la superficie 91.
- Las dos direcciones de medición 11 y 21 están en ángulo entre sí, el cual puede ascender a entre 15° y 40°, preferentemente entre 18° y 30°. En este caso, el ángulo se define en un plano que comprende la dirección de movimiento 31 y, por lo tanto, el eje del cilindro. Un ángulo de rotación entre las direcciones de medición 11, 21
- 50 alrededor del eje del cilindro es irrelevante. En principio, dicho ángulo de rotación se puede formar en todas las realizaciones descritas.

- Las orientaciones de las direcciones de medición 11 y 22 de la Figura 2A se explicarán con más detalle con referencia a la Figura 2B. La unidad de sensor 10 tiene un eje longitudinal 15, al que la dirección de medición 11 está en ángulo 12. La unidad de sensor 20 tiene un eje longitudinal 25, al que la dirección de medición 21 está en un ángulo 22. En el ejemplo mostrado, las dos unidades de sensor 10 y 20 pueden estar formadas de la misma manera, con lo cual los ángulos 12 y 22 pueden coincidir. Las dos unidades de sensor 10 y 20 se giran una respecto de la otra. Como resultado, sus ejes longitudinales 15 y 25 no son paralelos entre sí y forman ángulos diferentes a la dirección de movimiento 31. Por lo tanto, la dirección de medición 11 también está en un ángulo 32 a la dirección de medición 31, que difiere de un ángulo 33 en el que la dirección de medición 21 es a la dirección de movimiento 31. El ángulo 32 puede estar entre 70° y 85°, mientras que el ángulo 33 puede estar entre 95° y 110°.
- Si una dirección de medición está en el rango angular como se indica en el ángulo 32, una medición de distancia asociada también se conoce como una primera medición de distancia. Si, por el contrario, se da una dirección de medición en el rango angular en el ángulo 33, una medición de distancia asociada se denomina una segunda medición de distancia.
- Como se muestra en la Figura 2A, con esta alineación, es posible emitir luz detrás de las protuberancias salientes 92 de la superficie 91 y recibir luz reflejada desde allí. Por otro lado, esto no es posible con una dirección de medición que es perpendicular a la superficie del receptáculo 90, como en el caso de la Figura 1A.
- Una realización a modo de ejemplo adicional de un dispositivo sensor 100 de acuerdo con la invención se muestra esquemáticamente en la Fig. 3. Este dispositivo sensor corresponde en gran medida al dispositivo sensor mostrado en la Figura 2A y difiere del mismo en las respectivas ópticas externas 13 y 23 de las dos unidades de sensor 10 y 20. En la figura 3, las dos unidades de sensor tienen ópticas externas diferentes 13 y 23 que efectúan diferentes direcciones de desviación lumínica. Así, en la Figura 3, un ángulo 12, que, como se explica para la Figura 2B, se forma entre la dirección de medición 11 y el eje longitudinal 15, difiere de un ángulo 22 que se forma entre la dirección de medición 21 y el eje longitudinal 25. Por otro lado, los ángulos 32 y 33 definidos entre una dirección de medición 11, 21 y la dirección de movimiento 31 pueden ser como se describe para la figura 2B. Así, en la Figura 3, las direcciones de medición 11, 12 están en diferentes ángulos con respecto a la superficie 91 a examinar y la dirección de movimiento 31. Sin embargo, los dos ejes longitudinales 15 y 25 pueden estar dispuestos paralelos entre sí y/o paralelos a la dirección de movimiento 31. Como resultado, el espacio requerido en un plano perpendicular a la dirección de movimiento 31 es bajo. En lugar de una disposición paralela, son posibles desviaciones de hasta, por ejemplo, 20°, por lo que sigue existiendo una necesidad de espacio relativamente pequeña en dicho plano.
- Pueden estar presentes unidades de sensores adicionales además de las dos ilustradas. Alternativamente, sin embargo, también es posible establecer las dos direcciones de medición 11 y 21 descritas anteriormente sucesivamente con una sola unidad de sensor 10. Este es el caso con otra realización del dispositivo sensor 100, que se muestra en dos configuraciones diferentes en las Figuras 4A y 4B.
- El dispositivo sensor 100 comprende a su vez una unidad de sensor 10, cuya óptica externa 13 predetermina una dirección de medición 11 con respecto al eje longitudinal 15 de esta unidad de sensor 10. Un ángulo 12 entre la dirección de medición 11 y el eje longitudinal 15 es en la presente mayor que 90° y está preferentemente entre 100° y 250°.
- En este caso, esta unidad de sensor 10 difiere de la unidad de sensor conocida de la Figura 1A, en la que la dirección de medición es perpendicular al eje longitudinal. En un ángulo entre 98° y 110°, como se muestra en la figura 4A, las proyecciones salientes 92 pueden medirse sin una óptica externa 13, el extremo opuesto de la unidad de sensor alargado 10 tendría que estar inclinado hacia la superficie 90 a examinar, tal como Es el caso de la figura 1B.
- La unidad de sensor 10 de la Figura 4A está ahora montada giratoriamente, en la que el eje de rotación es transversal o perpendicular a la dirección de movimiento 31. De este modo, la unidad de sensor puede llevarse a una posición de rotación, como se muestra en la figura 4B. En esta posición rotacional, es posible una primera medición de distancia, mientras que con la posición rotacional de la figura 4A, es posible una segunda medición de distancia. Ventajosamente, las dos mediciones de distancia descritas anteriormente pueden llevarse a cabo por una sola unidad de sensor 10.
- Además de las unidades de sensor 10, 20 ilustradas en la presente, el dispositivo de sensor 100 también puede comprender unidades de sensor adicionales cuya dirección de medición difiere de las direcciones de medición 11, 21 en un plano perpendicular a la dirección de movimiento 31. Estas unidades de sensor adicionales se usan para controlar la posición de las unidades de sensor 10 y 20. Por lo tanto, cada una de las unidades de sensor mide una distancia del receptáculo hueco cilíndrico, en la que se pueden deducir las fluctuaciones de estas distancias medidas a las vibraciones de todas las unidades de sensor en relación con el receptáculo hueco cilíndrico. El conocimiento de estas vibraciones se puede usar para corregir los datos de medición de la primera y segunda medición de distancia de las unidades de sensor 10, 20.

Con el dispositivo sensor 100 de acuerdo con la invención se consigue ventajosamente que se pueda obtener información geométrica valiosa sobre superficies irregulares de una cavidad, en particular un receptáculo hueco cilíndrico.

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo sensor para el examen de la superficie de un receptáculo hueco cilíndrico (90)

- que tiene al menos dos unidades de sensor (10, 20) que están cada una de ellas configuradas para una medición de distancia confocal óptica,
- 5 – en el que las al menos dos unidades de sensor (10, 20) comprenden al menos una primera unidad de sensor y al menos una segunda unidad de sensor (10, 20),
- en el que las al menos dos unidades de sensor (10, 20) tienen cada una de ellas una fuente lumínica y un detector lumínico, o una guía de onda óptica y
- 10 – en el que las al menos dos unidades de sensor (10, 20) tienen cada una de ellas una forma alargada y presentan un sistema óptico externo (13, 23), a través del cual en cada caso una dirección de medición (11, 21), en la que se puede emitir y recibir luz, es transversal a un eje longitudinal de la unidad de sensor respectiva (10, 20),
- que tiene un dispositivo de movimiento, que está adaptado para mover las al menos dos unidades de sensor (10, 20) en una dirección de movimiento (31) hacia dentro y hacia fuera de un
15 receptáculo hueco cilíndrico (90) a examinar,

caracterizado porque

- se proporcionan medios de control para medir las salientes de una superficie del receptáculo hueco cilíndrico (90) que están adaptados para controlar la primera unidad de sensor (10) para
20 realizar una primera medición de distancia, durante la cual la dirección de medición (11) con respecto a la dirección de movimiento (31) está en un ángulo (32) de 20° a 85°, y para controlar la segunda unidad de sensor (20) para realizar una segunda medición de distancia, durante la cual la dirección de medición (21) con respecto a la dirección de movimiento (31) está en un ángulo (33) de 95° a 160°,
- la primera unidad de sensor (10) está formada de manera tal que y vinculada al mecanismo de movimiento que su dirección de medición (11) con respecto a la dirección de movimiento (31) está en un ángulo (32) de 20° a 85° ,
- 25 – la segunda unidad de sensor (20) está formada y vinculada al dispositivo de movimiento de manera tal que su dirección de medición (21) con respecto a la dirección de movimiento (31) está en un ángulo (33) de 95° a 160° ,
- se proporciona al menos una tercera unidad de sensor, que está configurada para una medición de distancia confocal óptica,
- 30 – una dirección de medición de dicha al menos tercera unidad de sensor forma, con respecto a las direcciones de medición (11, 21) de las primeras y segundas mediciones de distancia, un ángulo dentro de un plano perpendicular a la dirección de movimiento (31), que está entre 45° y 315° ,
- los medios de control están adaptados para determinar variaciones en la posición de la primera y la segunda unidad de sensor (10, 20) en el plano perpendicular a la dirección de movimiento (31) con la ayuda de datos de medición de distancia de la al menos tercera unidad de sensor.
- 35

2. Un dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque

- 40 la primera unidad de sensor (10) está formada de manera tal que su dirección de medición (11, 21) con respecto a su eje longitudinal está en un ángulo de 20° a 85° ,
- porque la segunda unidad de sensor (20) está formada de manera tal que su dirección de medición (11, 21) con respecto a su eje longitudinal está en un ángulo de 95° a 160° .

3. Un dispositivo sensor de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, caracterizado porque

- 45 las primera y segunda unidades de sensor (10, 20) con sus ejes longitudinales están dispuestas sustancialmente en paralelo entre sí y sus ejes longitudinales están orientados sustancialmente en paralelo a la dirección de movimiento (31).

4. Un dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque

- las primera y segunda unidades de sensor (10, 20) están formadas idénticamente y están dispuestas rotadas entre sí.

5. Un dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque**
 cada unidad de sensor (10, 20) tiene una superestructura con medios de conexión mecánica para la fijación de la superestructura a un elemento de base de dicha unidad de sensor (10, 20) y
 porque la superestructura contiene el sistema óptico externo (13, 23) de dicha unidad de sensor (10, 20).
- 5 6. Un dispositivo sensor de acuerdo con la reivindicación 5, **caracterizado porque**
 la superestructura de la primera unidad de sensor (10) y la superestructura de la segunda unidad de sensor (20) difieren en la dirección de medición (11, 21), que se especifica por el sistema óptico externo respectivo (13, 23).
7. Un dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque**
 la dirección de medición (11) de la primera unidad de sensor (10) y la dirección de medición (21) de la segunda
 10 unidad de sensor (20) forman un ángulo de 15° a 40° entre sí.
8. Un dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado porque**
 se proporciona un dispositivo de accionamiento que está adaptada para hacer girar al menos una unidad de sensor (10, 20), sujeta a través de un cojinete giratorio, en diferentes posiciones de rotación para la primera y la segunda medición de distancia.
- 15 9. Un dispositivo sensor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado porque**
 los medios de control están además adaptados para
- mover las al menos dos unidades de sensor (10, 20) a diferentes posiciones de altura en el receptáculo hueco cilíndrico (90) por medio del mecanismo de movimiento,
 - realizar una pluralidad de mediciones de primera distancia a diferentes posiciones de altura y
 20 realizar una pluralidad de segundas mediciones de distancia a diferentes posiciones de altura,
 - calcular las dimensiones geométricas de los salientes de la superficie del receptáculo hueco cilíndrico (90) usando los resultados de medición de una pluralidad de primeras mediciones de distancia y tomando en consideración las posiciones de altura correspondientes, y
 - calcular las mediciones geométricas de los salientes de la superficie del receptáculo hueco
 25 cilíndrico (90) usando resultados de mediciones de una pluralidad de segundas mediciones de distancia y tomando en consideración las posiciones de altura correspondientes.
10. Un procedimiento para el examen de la superficie de un receptáculo hueco cilíndrico (90), en el que se llevan a cabo al menos las siguientes etapas:
- mover hacia dentro al menos dos unidades de sensor (10, 20) a lo largo de una dirección de
 30 movimiento (31) en un receptáculo hueco cilíndrico (90) a examinar,
 - realizar mediciones de distancia confocal óptica respectivas por medio de las al menos dos unidades de sensor (10, 20), que en cada caso, para la medición de distancia confocal óptica, emiten luz en una dirección de medición (11, 21) a través de un sistema óptico externo (13, 23) y reciben luz de dicha dirección de medición (11, 21),
 - en donde las al menos dos unidades de sensor (10, 20) comprenden al menos una primera unidad de sensor (10) y una segunda unidad de sensor (20) y cada una de ellas exhibe una fuente lumínica y un detector lumínico, o una guía de onda óptica,
 - en donde las al menos dos unidades de sensor (10, 20) tienen una forma alargada y la respectiva
 40 dirección de medición (11, 21) está dispuesta en forma transversal a un eje longitudinal de la respectiva unidad de sensor (10, 20),
 - mover hacia fuera las al menos dos unidades de sensor (10, 20) a lo largo de la dirección de movimiento (31) fuera del receptáculo hueco cilíndrico (90) a examinar, **caracterizado porque**
- la realización de las respectivas mediciones de distancia confocal óptica comprende:
- realizar una primera medición de distancia por medio de la primera unidad de sensor (10) para
 45 medir las salientes de una superficie del receptáculo hueco cilíndrico (90), en donde la dirección de medición (11) durante la primera medición de distancia está en un ángulo (32) de 20° a 85°, con respecto a la dirección de movimiento (31),

ES 2 747 305 T3

- realizar una segunda medición de distancia por medio de la segunda unidad de sensor (20) para medir las salientes de una superficie del receptáculo hueco cilíndrico (90), en donde la dirección de medición (21) en la segunda medición de distancia está en un ángulo (33) de 95° a 160° con respecto a la dirección de movimiento (31),
 - 5 – en donde, para proporcionar los ángulos mencionados para la primera y la segunda medición de distancia:
 - la primera unidad de sensor (10) está formada y conectada al dispositivo de movimiento de manera tal que su dirección de medición (11) con relación a la dirección de movimiento (31) está en un ángulo (32) de 20° a 85°, y
 - 10 – la segunda unidad de sensor (20) está formada y conectada al dispositivo de movimiento de manera tal que su dirección de medición (21) con relación a la dirección de movimiento (31) está en un ángulo (33) de 95° a 160°,
 - 15 – realizar una medición óptica de la distancia confocal con al menos una tercera unidad de sensor, en donde una dirección de medición de la al menos tercera unidad de sensor forma, con respecto a las direcciones de medición (11,21) de la primera y la segunda mediciones de distancia, un ángulo dentro de un plano perpendicular a la dirección de movimiento (31) que está entre 45° y 315°,
 - 20 – determinar las desviaciones de posición de las primera y segunda unidades de sensor (10, 20) en el plano perpendicular a la dirección de movimiento (31) con la ayuda de datos de medición de distancia producidos por la al menos tercera unidad de sensor.

Fig. 1A

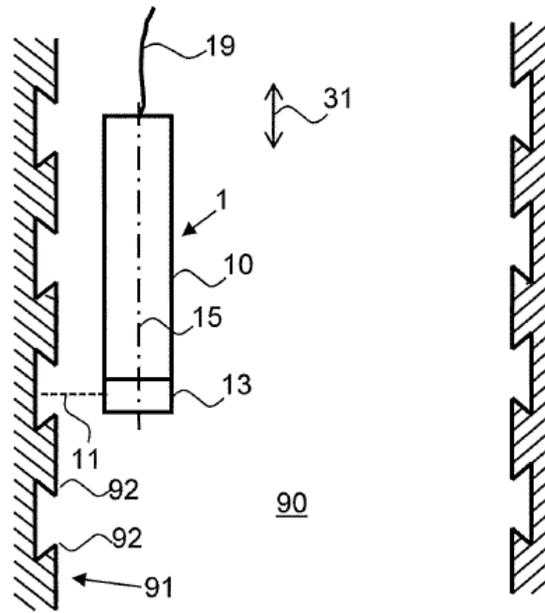


Fig. 1B

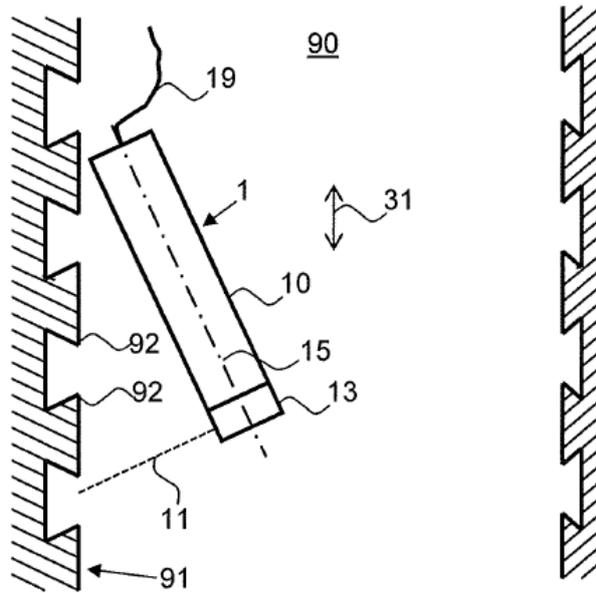


Fig. 2A

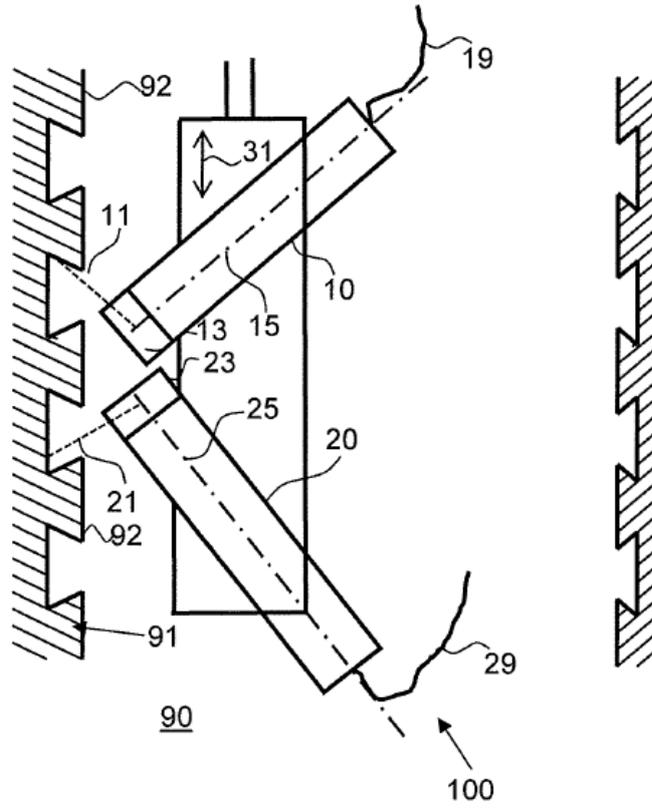


Fig. 2B

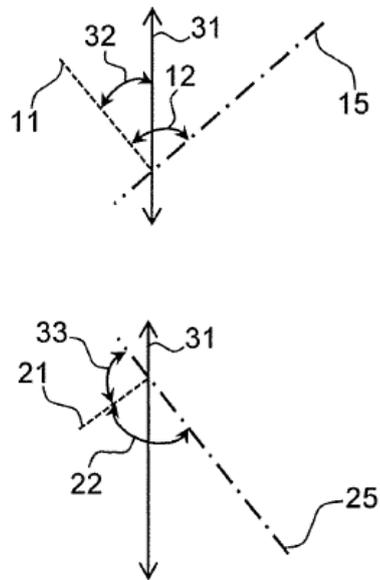


Fig. 3

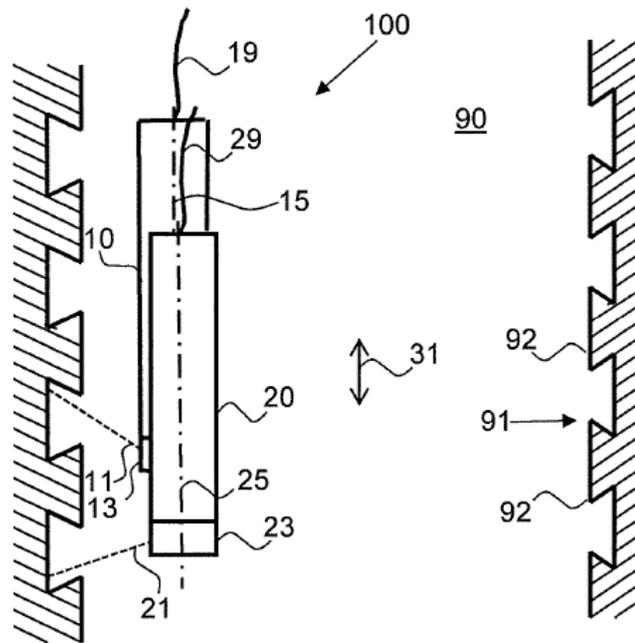


Fig. 4A

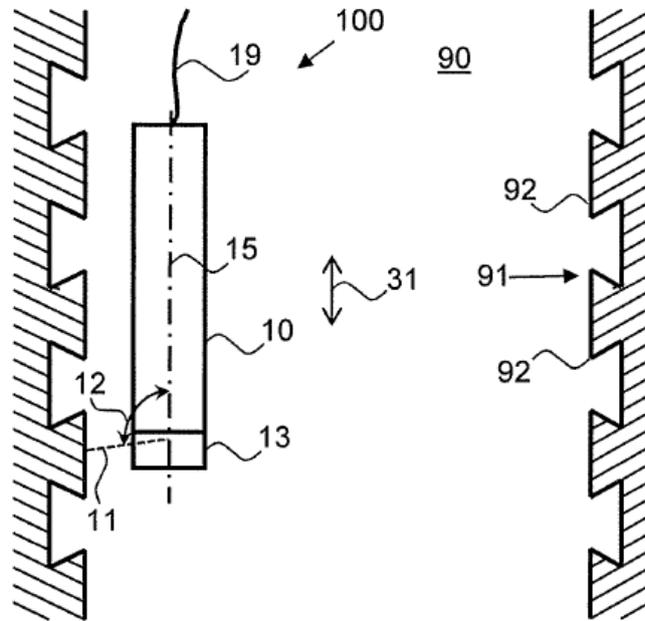


Fig. 4B

