(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 305 549**

(51) Int. Cl.:
G01N 29/28 (2006.01)
G01N 29/22 (2006.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Número de solicitud europea: **03787305 .6**
(86) Fecha de presentación : **08.09.2003**
(87) Número de publicación de la solicitud: **1448983**
(87) Fecha de publicación de la solicitud: **25.08.2004**

(54) Título: **Elemento de conexión con una pared de espesor variable para una sonda ultrasónica.**

(30) Prioridad: **10.09.2002 GB 0220986**

(45) Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.11.2008

(45) Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.11.2008

(73) Titular/es: **University of Bristol**
Senate House Tyndall Avenue
Clifton, Bristol BS8 1TH, GB

(72) Inventor/es: **Drinkwater, Bruce Walton y**
Brotherhood, Corin James

(74) Agente: **Zea Checa, Bernabé**

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).

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. Pº de la Castellana, 75 – 28071 Madrid

DESCRIPCIÓN

Elemento de conexión con una pared de espesor variable para una sonda ultrasónica.

La presente invención se refiere a una sonda de ultrasonidos para el examen no destructivo de materiales y también a un elemento de conexión para su uso con dicha sonda.

Las pruebas ultrasónicas estándar implican la conexión de un transductor ultrasónico a una estructura de análisis a través de un medio de conexión que comúnmente es un líquido tal como agua o un gel de contacto. Para inspeccionar una estructura grande el transductor se mueve sobre la estructura punto por punto, de manera manual o robótica, para desarrollar una imagen de la estructura. La exploración manual requiere un equipo poco cualificado pero lleva mucho tiempo. Sin embargo los resultados son a menudo subjetivos y no se obtiene una copia impresa de los resultados. La exploración automatizada requiere sistemas de exploración complejos y costosos pero típicamente generan una copia impresa de los resultados en forma de mapa de defectos.

Las estructuras tienen que examinarse casi inevitablemente *in situ* y por lo tanto la inspección manual es a menudo la única opción ya que muchos sistemas de exploración automatizados no son portátiles. Así, en el contexto de un avión, tiene que inspeccionarse en su hangar o en la pista de un aeropuerto y esto ha de llevarse acabo en paralelo con otras operaciones rutinarias de mantenimiento.

Boeing comercializa una pequeña estructura de exploración automatizada que puede sujetarse a un estructura grande con adhesivos. Entonces un escáner explora en trama la zona del interior de la estructura para desarrollar un mapa de defectos. GB 2044929 describe una propuesta alternativa para aumentar la velocidad de un proceso de exploración manual. Este documento describe una disposición en la que un transductor ultrasónico queda alojado dentro de una membrana llena de fluido que presenta forma de neumático. La membrana se llena con aceite fluido a una presión de aproximadamente 21b por pulgada cuadrada (13800 Pascales). La membrana tiene un grosor uniforme, y en el ejemplo que se muestra en GB 2044929 la membrana forma un neumático que tiene un diámetro de 25 mm y la membrana tiene un grosor de 0,635 mm. Probablemente dicha disposición trabaje razonablemente bien con una única sonda ultrasónica o una muy corta. Sin embargo, no puede esperarse lo mismo que la longitud de la sonda, y por lo tanto la anchura de la envoltura que explora la sonda en una única pasada aumenta. La membrana tiene que permanecer bastante delgada, y por lo tanto se producen desgarros, lo que da lugar a una reducida vida útil antes de que se produzca una reparación o sustitución. En el caso de sistemas de "neumáticos de membrana" tales como los descritos en GB 2044929 el perfil de la membrana no es crítico ya que la presión interna establece la forma del neumático y por lo tanto en una gran aproximación la membrana simplemente se deforma para disponerse contra la superficie de contacto.

US 4.302.976 describe una sonda de rueda para inspeccionar un componente ultrasónicamente, tal como la pared de un tubo, y presenta una forma hueca para definir una cámara en la cual queda sostenido un transductor ultrasónico para dirigir y recibir ultrasonidos a través de la sonda de ruedas La cámara se llena con un líquido de contacto acústico, y se dispone por lo menos un diafragma elástico en la pared de la cámara para desviar como respuesta a una diferencia de presión en la misma y equilibrar la presión del líquido con la del entorno de alrededor de la sonda de rueda.

US 4.472.974 describe un dispositivo ultrasónico de inspección de tipo rodillo para inspeccionar neumáticos de vehículos que comprende un conjunto de rodillos montado en una parte central no giratoria. Dos cristales piezoeléctricos van montados en la parte central de manera que sus ejes principales de transmisión/recepción convergen de manera substancialmente radial hacia fuera de la parte central. El ángulo entre los ejes se selecciona de manera que al empujar el conjunto de rodillos para hacer contacto por rodadura con la superficie que lleva la banda de rodadura de un neumático los ejes se juntan en el cuerpo del neumático bajo la banda de rodadura.

De acuerdo con un primer aspecto de la presente invención se dispone una sonda ultrasónica (2) que comprende un elemento de conexión ultrasónico giratorio alargado (28) que tiene un eje longitudinal que define una cavidad de transductores (30) y que presenta una pluralidad de transductores ultrasónicos (14) dispuestos dentro de la cavidad de transductores (30), formando la pluralidad de transductores (14) una matriz alargada que se extiende a lo largo de la dirección longitudinal del elemento de conexión, presentando el elemento de conexión (28) un espesor de pared circunferencial que varía con la posición a lo largo de la longitud del elemento de conexión, caracterizada por el hecho de que la sonda ultrasónica comprende unos elementos extremos (16, 18) con una superficie de rodadura circularmente simétrica y por el hecho de que el elemento de conexión (28) está dispuesto entre los elementos extremos (16, 18) que quedan en contacto con la superficie del objeto que se está examinando al aplicar una fuerza superior a un valor mínimo predeterminado para poner en contacto el elemento de conexión con el objeto que se está examinando, siendo dicho valor de fuerza mínimo predeterminado suficiente para deformar el elemento de conexión para producir una huella de contacto que se extiende longitudinalmente mayor que la abertura alargada (52) de la matriz de transductores alargada, dichos elementos extremos (16, 18) están montados para girar con el elemento de conexión y se acoplan por rozamiento a la superficie del objeto que se está examinando de manera que la fuerza de rodadura requerida para hacer rodar la sonda a lo largo de la superficie a analizar la ejercen principalmente los elementos extremos (16, 18).

De este modo, es posible disponer un elemento de conexión que puede considerarse como un neumático grueso, en lugar de una membrana de la técnica anterior.

El uso de dicho neumático "grueso" proporciona una mayor durabilidad mecánica ya que el neumático ya no sufre desgarros. El perfil del neumático se utiliza también para asegurar que se mantienen las correctas características de contacto a lo largo de la huella de trabajo del neumático con el material que se está examinando.

Ventajosamente, la pared del neumático tiene un grosor de por lo menos 5 mm en su punto de mayor grosor.

Preferiblemente, el perfil del neumático se selecciona de manera que, en funcionamiento, cuando la sonda se coloca contra una superficie a examinar y se presiona contra esa superficie con una fuerza superior a un valor mínimo predeterminado, el elemento de conexión se deforma para producir una huella de contacto mayor que el tamaño del haz de la matriz formada por la pluralidad de transductores ultrasónicos. Además, para cada transductor de la matriz la distancia entre el transductor y la superficie interior del elemento de conexión, y la presión que actúa entre el elemento de conexión y la superficie que se está examinando es substancialmente uniforme.

Preferiblemente, el elemento de conexión es alargado a lo largo de un eje longitudinal y el grosor de la pared circunferencial del elemento de conexión aumenta al aumentar la distancia desde un extremo del elemento de conexión a un punto medio del elemento de conexión.

Preferiblemente, el grosor de la pared circunferencial del elemento de conexión varía de una manera suavemente variable.

El elemento de conexión puede formarse a partir de una pluralidad de capas de material. Esto puede facilitar la producción de neumáticos anchos. Si un neumático se fabrica de un solo material, entonces a medida que el neumático se hace más ancho, el grosor en su centro debe aumentar progresivamente ya que de otra manera la deformación del neumático puede llegar a ser excesiva. Eventualmente, esto puede causar problemas ya que la amortiguación de los ultrasonidos utilizados para examinar el objeto bajo análisis aumenta con el grosor del material empleado para fabricar el neumático. Sería posible fabricar el elemento de conexión utilizando un elemento más duro permitiendo así que siguiera siendo de paredes delgadas. Esto, a su vez, dificulta conseguir una buena conexión acústica al elemento bajo análisis dado que se requieren mayores presiones de contacto para deformar el neumático.

Una solución preferida es fabricar el neumático como un elemento de dos piezas que comprende un neumático interior duro y un neumático exterior blando. En una realización preferida para un neumático de 100 mm de ancho, el neumático interior tiene un grosor constante de 6 mm y un módulo de Young de 10 Mpa, mientras que el neumático exterior tiene un grosor de 4 mm en los bordes y hasta 6 mm en su centro y un módulo de Young de 1 MPa.

La diferente rigidez puede obtenerse procesando el mismo monómero base y variando las cantidades de agente reticulante añadido para conseguir distinta rigidez. Esto se encuentra dentro de los conocimientos del experto en la materia.

Ventajosamente, el elemento de conexión se mantiene en o entre por lo menos uno, y preferiblemente dos, elementos extremos. Si se disponen dos elementos extremos, éstos se sitúan en cualquier lado del elemento de conexión y sirven para definir los extremos de la cavidad de transductores. Los elementos extremos se encuentran ventajosamente en acoplamiento estanco al fluido y de manera giratoria con un eje de la sonda ultrasónica. El eje se acopla a un carro, horquilla o mango para facilitar y controlar el movimiento de rodadura del elemento de conexión sobre la superficie que se está examinando. Los transductores quedan fijados ventajosamente al eje o a un elemento de soporte que se fija al eje de manera que la orientación de los transductores queda bien definida.

El eje puede ser hueco, por lo menos en parte, para que pasen las conexiones eléctricas entre los transductores ultrasónicos y el equipo para accionarlos y recibir las señales retornadas.

Preferiblemente, el elemento extremo o cada elemento extremo tiene una superficie de rodadura circularmente simétrica que, en funcionamiento, está en contacto con la superficie bajo análisis una vez que se ha aplicado una fuerza suficiente para producir la cantidad necesaria de deformación del elemento de conexión. De este modo, esta fuerza de más por encima de un valor mínimo predeterminado no provoca otra deformación sustancial del elemento de conexión sino que, al contrario, es ejercida por los elementos extremos.

Preferiblemente, los elementos extremos presentan una capa periférica de material que tiene un buen contacto por rozamiento con la superficie que se está inspeccionando. De este modo, la fuerza de rodadura necesaria para hacer rodar la sonda a lo largo de la superficie bajo análisis la ejercen principalmente los elementos extremos y, por lo tanto, se produce poca o ninguna fuerza de cizalladura a través de la superficie de contacto entre el elemento de conexión y la superficie bajo inspección.

Preferiblemente, la matriz ultrasónica puede montarse en diferentes posiciones dentro de la cavidad de transductores. De este modo, uno o ambos elementos extremos, y opcionalmente el elemento de conexión, se disponen para que puedan desmotarse con el fin de facilitar la regulación de los transductores ultrasónicos o, de hecho, la sustitución de transductores ultrasónicos.

Como que la pluralidad de transductores ultrasónicos se encuentran dispuestos en una matriz que presenta una extensión espacial a lo largo de la dirección longitudinal del elemento de conexión, la matriz de transductores puede

explorar una envoltura de la superficie bajo examen a medida que la sonda ultrasónica se mueve a través de esa superficie.

Ventajosamente, en uno de los elementos extremos se dispone una ranura interior que tiene un diámetro exterior mayor comparado con el diámetro interior del elemento, de manera que el aire en el interior de la cavidad del transductor puede quedar atrapado dentro de la ranura. Así, antes de utilizarse, la sonda puede orientarse de manera que la ranura quede en la parte más alta, capturando así el aire. Esto resulta beneficioso si la sonda va a ser utilizada para explorar la parte inferior de un objeto.

Ventajosamente, la horquilla está dispuesta para así sostener el eje en voladizo, facilitando de este modo la extracción de uno de los elementos extremos y opcionalmente el elemento de conexión de la sonda ultrasónica. El uso de un soporte en voladizo hace también posible que la sonda se disponga en estrecho contacto con paredes verticales.

Ventajosamente los transductores pueden controlarse para formar una matriz en fase de manera que la dirección de visualización de la matriz puede manipularse electrónicamente. Los datos de los transductores pueden ser entonces procesados electrónicamente para formar un mapa de defectos.

Ventajosamente, la horquilla incluye además unas ruedas de guía adicionales de altura regulable para permitir definir mejor la orientación de los transductores respecto a la superficie que se está examinando. Ventajosamente, la horquilla incluye un sistema de pulverización de fluido, tal como un sistema de pulverización de vapor de agua para mejorar la conexión entre el elemento de conexión y la superficie que se está examinando.

La matriz de elementos ultrasónicos comprende típicamente entre 8 y 128 elementos, pero estas figuras no representan límites mínimos ni máximos.

La presente invención se describirá con mayor detalle, a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos que se adjuntan, en los cuales:

La figura 1 es una vista lateral esquemática de una sonda ultrasónica que constituye una realización de la presente invención;

La figura 2 es una sección transversal de la sonda mostrada en la figura 1 en el plano definido por la línea A-A y el eje de la sonda;

La figura 3 muestra la sonda de la figura 2 cuando se encuentra en contacto con una superficie que se está examinando;

La figura 4 ilustra esquemáticamente su huella de contacto;

La figura 5 muestra esquemáticamente el perfil de presiones de contacto para la sonda mostrada en la figura 4;

La figura 6 ilustra esquemáticamente un modelo de elementos finitos del neumático;

La figura 7 es una representación de un neumático que constituye una realización de la presente invención; y

La figura 8 muestra una modificación de una pieza extrema.

La figura 1 muestra esquemáticamente una sonda ultrasónica, indicada en conjunto por 1, que puede moverse a lo largo de la superficie de un elemento bajo inspección mientras se realiza un examen continuo de ese elemento. La sonda comprende un conjunto de sonda 2 que está montado giratorio en una horquilla 4. La horquilla incorpora una rueda 6 que sirve para asegurar que la orientación de la sonda ultrasónica es la prevista por el diseñador (substancialmente perpendicular a la superficie bajo análisis). La horquilla 4 incorpora también una zona de agarre 8 que permite que el operario sostenga la sonda 1 contra el elemento que se está examinando y mueva la sonda sobre la superficie de ese elemento. La rueda 6 también está conectada a un encóder giratorio para determinar la posición de la sonda a lo largo de una superficie.

La figura 2 ilustra esquemáticamente una configuración del conjunto de sonda 2 con mayor detalle. El conjunto 2 comprende un eje 12 en el cual se monta una matriz de transductores ultrasónicos 14 en una configuración tal que apunta hacia la superficie que se está examinando. El eje 12 también incorpora una primera y una segunda pieza terminal, 16 y 18, respectivamente, las cuales están montas de manera giratoria en el eje 12 a través de unos cojinetes 20. Las piezas terminales 16 y 18 también incluyen unas juntas de estanqueidad interiores 22 que se acoplan de manera estanca alrededor del eje 12. La primera y segunda pieza terminal 16 y 18 presentan respectivas zonas 24 y 26 de circunferencia reducida que están enfrente una de la otra y que actúan como zonas de contacto para quedar sostenidas y acopladas de manera estanca a un elemento de conexión 28. El elemento de conexión 28 junto con los elementos extremos 16 y 18 sirve para definir una cavidad de transductores 30 que se llena con un líquido de conexión 32. Tal como puede apreciarse en la figura 2, la profundidad del material que forma el elemento de conexión 28, que es la profundidad del material entre una superficie exterior 34 y una superficie interior 36 del elemento de conexión, varía con el desplazamiento axial a lo largo del elemento de conexión. En particular, la profundidad del

material en el elemento de conexión es menor en las zonas hacia los elementos extremos 16 y 18 que en su zona central.

El perfil se selecciona, tal como se describirá en lo sucesivo, para asegurar que el elemento de conexión 28 forme una huella de contacto con la superficie que se está examinando, siendo la huella de contacto mayor que una abertura de examen de la matriz ultrasónica. En este contexto, la abertura de examen debe interpretarse como la superficie eficaz con la cual se transmite y se recibe la energía ultrasónica al examinar el elemento bajo análisis.

Las zonas extremas 16 y 18 presentan partes de material de alto rozamiento 40 incluidas en el mismo. El radio del material de alto rozamiento 40 se selecciona para que sea ligeramente mayor que el radio del elemento de conexión 28 en la superficie de contacto intermedia con los elementos extremos 16 y 18.

La figura 3 muestra la disposición de sensores de la figura 2 con mayor detalle al presionarse contra una superficie 44 que se está examinando.

Tal como se muestra en la figura 3, el elemento de conexión 28 se deforma de manera que su superficie exterior se dispone plana contra la superficie que se está examinando en una longitud predeterminada 46. De hecho, se apreciará que el área de contacto extiende tanto longitudinalmente, tal como se muestra en la figura 3, como lateralmente, tal como se muestra en la figura 4 para definir una huella de contacto 50 que se selecciona para que sea mayor que la abertura de la matriz, y la contenga completamente.

Podría pensarse inicialmente que la mejor forma del elemento de conexión 28 sería simplemente cilíndrica, esto es, tendría una sección transversal rectangular. Sin embargo, esto se traduciría en unos resultados extremadamente pobres ya que se genera una distribución irregular de la presión de contacto produciéndose mayores presiones hacia los bordes del contacto y produciéndose la menor presión hacia el punto medio de la matriz de transductores. Así, para solucionar esto, la profundidad del elemento 28 tiene que diseñarse para que sea mayor en la sección central. Sin embargo el requisito de tener una presión constante hasta el final implica que esta tarea aparentemente simple es no trivial. El inventor ha empleado un análisis de elementos finitos tridimensional para modelar los comportamientos mecánicos del material realizando el elemento de conexión en 28, además de las fuerzas de apoyo que proporcionan los elementos extremos 16 y 18, la presión de fluido interior dentro de la cavidad 30 y la fuerza suministrada por la superficie bajo análisis para conseguir un perfil adecuado. La figura 5 ilustra esquemáticamente los resultados del modelado por ordenador en términos de zonas de presión que actúan dentro del material del elemento de conexión 28. Puede apreciarse que la presión puede dividirse en una zona de presión alta y una zona de presión media dentro del material cuando se encuentra en contacto con la superficie que se está examinando. El requisito es que el contorno de la presión en la superficie de contacto con la superficie que se está examinando debe ser substancialmente uniforme.

La figura 6 ilustra esquemáticamente un modelo de elementos finitos del elemento de conexión 28.

A través de dichas técnicas numéricas, el inventor ha derivado un elemento de conexión cuyas dimensiones se muestran en la figura 7. En este ejemplo del elemento de conexión, el diámetro interior del elemento es de 56 mm, la longitud del elemento es de 70 mm y la anchura de la pared del elemento 28 oscila entre 7,5 mm en los bordes del elemento y un máximo de 10 mm en la zona central del elemento. En este ejemplo particular, la curvatura de la superficie exterior del elemento corresponde substancialmente a la de un círculo que tiene una radio de 240 mm. Estos parámetros dependen del material empleado para formar el elemento de conexión. El elemento de conexión está formado típicamente de un material elastómero, tal como caucho suave. El material elegido para la creación del elemento de conexión mostrado en la figura 7 presentaba un módulo de Young de 1,3 Mpa, un coeficiente de Poisson de substancialmente 0,49, una densidad de 957 Kgm^3, y una velocidad de onda longitudinal de 1420 ms^{-1}. La densidad y la velocidad de onda longitudinal se seleccionaron al ser similares a la del agua, la cual puede utilizarse como fluido dentro de la cavidad de transductores ya que proporciona una buena conexión ultrasónica y un bajo riesgo para el medio ambiente.

El caucho tiene idealmente una baja amortiguación a los ultrasonidos, y se utilizó un caucho de una amortiguación de 10 MHz de aproximadamente 143 Npm^{-1}. Materiales apropiados para el neumático incluyen: AN:VP, HEMA:MMA o poliamida:VP (VP es vinilpirrolidona, MMA es metacrilato de metilo y AN es acrilonitrilo).

El elemento de conexión puede hacerse de una pluralidad de capas coaxiales para permitir una mayor adaptación de sus propiedades mecánicas. Las capas pueden ser de diferente grosor o dureza.

La figura 8 muestra una modificación en el elemento extremo 18 en la que el elemento extremo 18 se mecaniza para definir una cámara 62 limitada por una pared 64 que define una abertura 66 de radio reducido. De este modo, si la sonda está orientada con la abertura orientada hacia abajo, entrará aire en la cámara 62 y llegará a quedar atrapado ahí cuando la sonda vuelva a su posición de funcionamiento normal.

De este modo, es posible disponer un elemento de conexión en forma de neumático relativamente alargado de paredes gruesas que permita mantener una presión de contacto uniforme en una abertura alargada para una matriz de transductores alargada. El uso de una matriz más larga significa que pueden examinarse envolturas de una superficie más anchas a la vez y por lo tanto el procedimiento de examen se lleva a cabo de una manera más rápida.

REIVINDICACIONES

1. Sonda ultrasónica (2) que comprende un elemento de conexión ultrasónico giratorio alargado (28) que tiene un eje longitudinal que define una cavidad de transductores (30) y que presenta una pluralidad de transductores ultrasónicos (14) dispuestos dentro de la cavidad de transductores (30), formando la pluralidad de transductores (14) una matriz alargada que se extiende a lo largo de la dirección longitudinal del elemento de conexión, presentando el elemento de conexión (28) un espesor de pared circunferencial que varía con la posición a lo largo de la longitud del elemento de conexión, **caracterizada** por el hecho de que la sonda ultrasónica comprende unos elementos extremos (16, 18) con una superficie de rodadura circularmente simétrica y por el hecho de que el elemento de conexión (28) está dispuesto entre los elementos extremos (16, 18) que quedan en contacto con la superficie del objeto que se está examinando al aplicar una fuerza superior a un valor mínimo predeterminado para poner en contacto el elemento de conexión con el objeto que se está examinando, siendo dicho valor de fuerza mínimo predeterminado suficiente para deformar el elemento de conexión para producir una huella de contacto que se extiende longitudinalmente mayor que la abertura alargada (52) de la matriz de transductores alargada, dichos elementos extremos (16, 18) están montados para girar con el elemento de conexión y se acoplan por rozamiento a la superficie del objeto que se está examinando de manera que la fuerza de rodadura requerida para hacer rodar la sonda a lo largo de la superficie a analizar la ejercen principalmente los elementos extremos.

2. Sonda ultrasónica según la reivindicación 1, **caracterizada** por el hecho de que el elemento de conexión (28) es alargado a lo largo de su eje longitudinal y el grosor de la pared circunferencial aumenta al aumentar la distancia de un extremo del elemento de conexión a un punto medio del elemento de conexión.

3. Sonda ultrasónica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por el hecho de que el elemento de conexión está realizado de una serie de capas de material de manera que las propiedades mecánicas de cada capa pueden ajustarse individualmente.

4. Sonda ultrasónica según la reivindicación 3, **caracterizada** por el hecho de que una capa interior de material es más dura que una capa exterior de material.

5. Sonda ultrasónica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por el hecho de que el elemento de conexión tiene una huella de contacto que es mayor que el tamaño del haz de un haz ultrasónico producido por la matriz alargada formada por la pluralidad de transductores ultrasónicos (14).

6. Sonda ultrasónica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por el hecho de que se dispone un colector de aire (62) en el interior de la cavidad de transductores.

7. Sonda ultrasónica según la reivindicación 6, **caracterizada** por el hecho de que el colector de aire (62) comprende una ranura de diámetro mayor comparado con el diámetro interior del elemento de conexión o de una abertura que conduce a la ranura de manera que el aire puede quedar atrapado dentro de la ranura.

8. Sonda ultrasónica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** por el hecho de que el elemento de conexión queda sostenido en un soporte en voladizo.

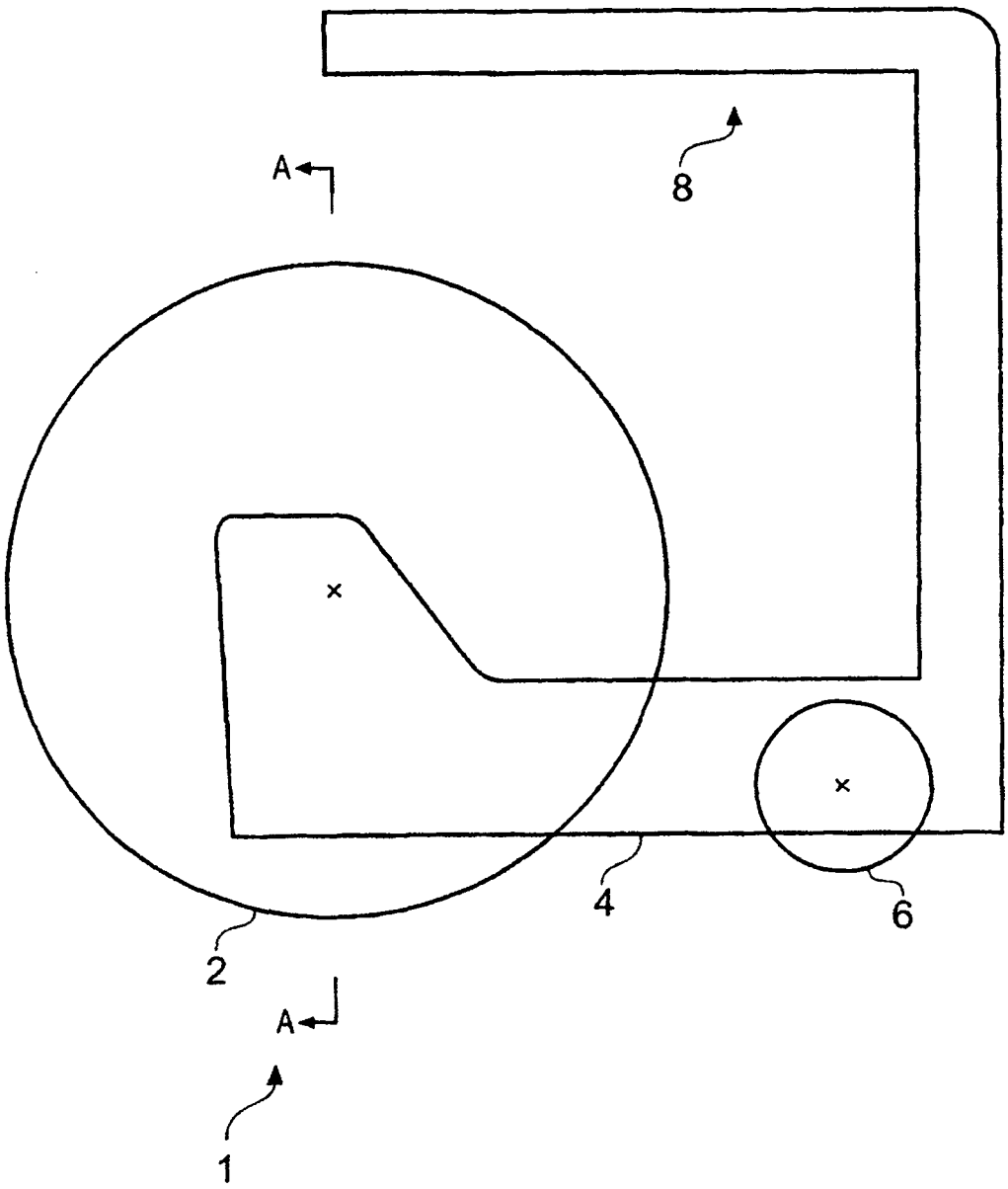


Fig. 1

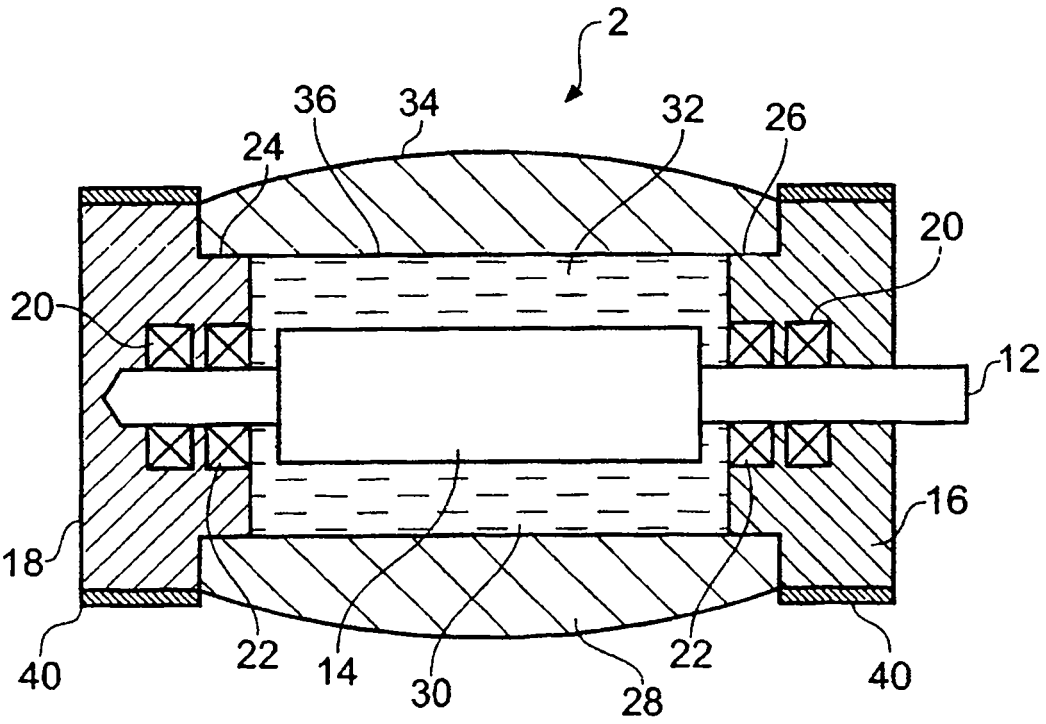


Fig. 2

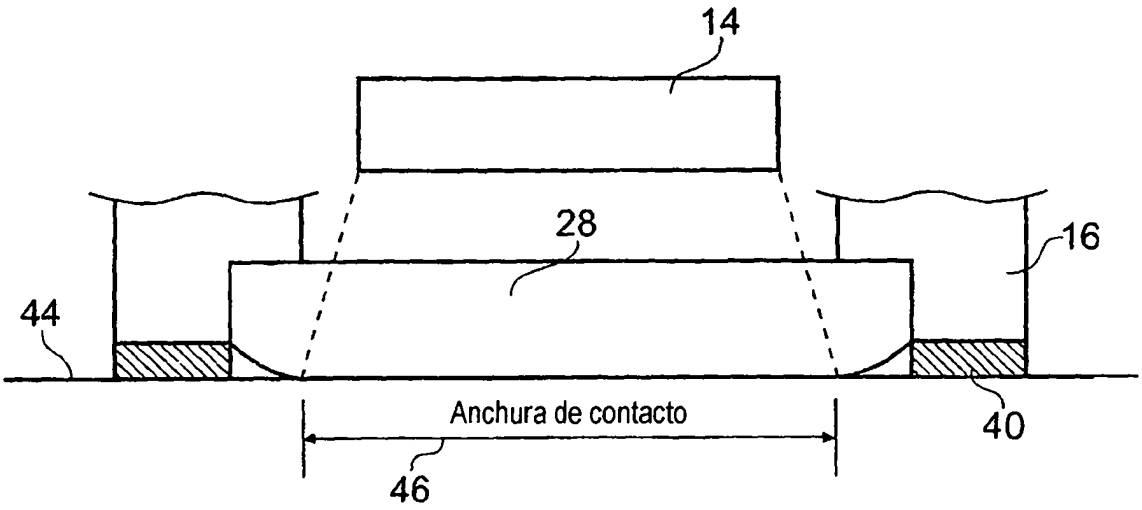

14
28
16
44
40
Anchura de contacto
46

Fig. 3

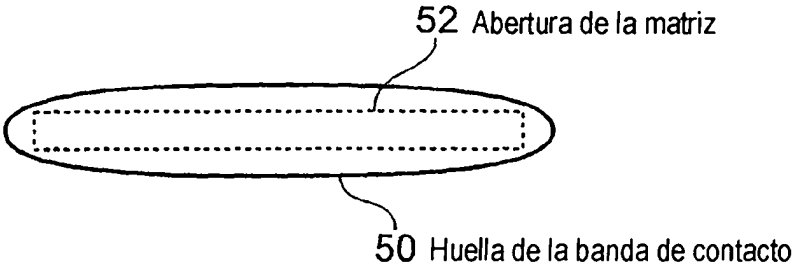

52 Abertura de la matriz
50 Huella de la banda de contacto

Fig. 4

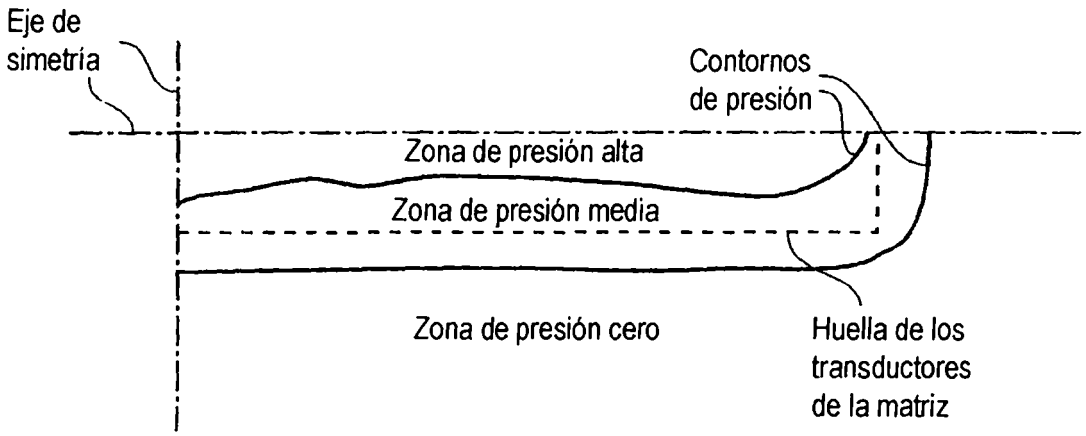

Eje de
simetría
Contornos
de presión
Zona de presión alta
Zona de presión media
Zona de presión cero
Huella de los
transductores
de la matriz

Fig. 5

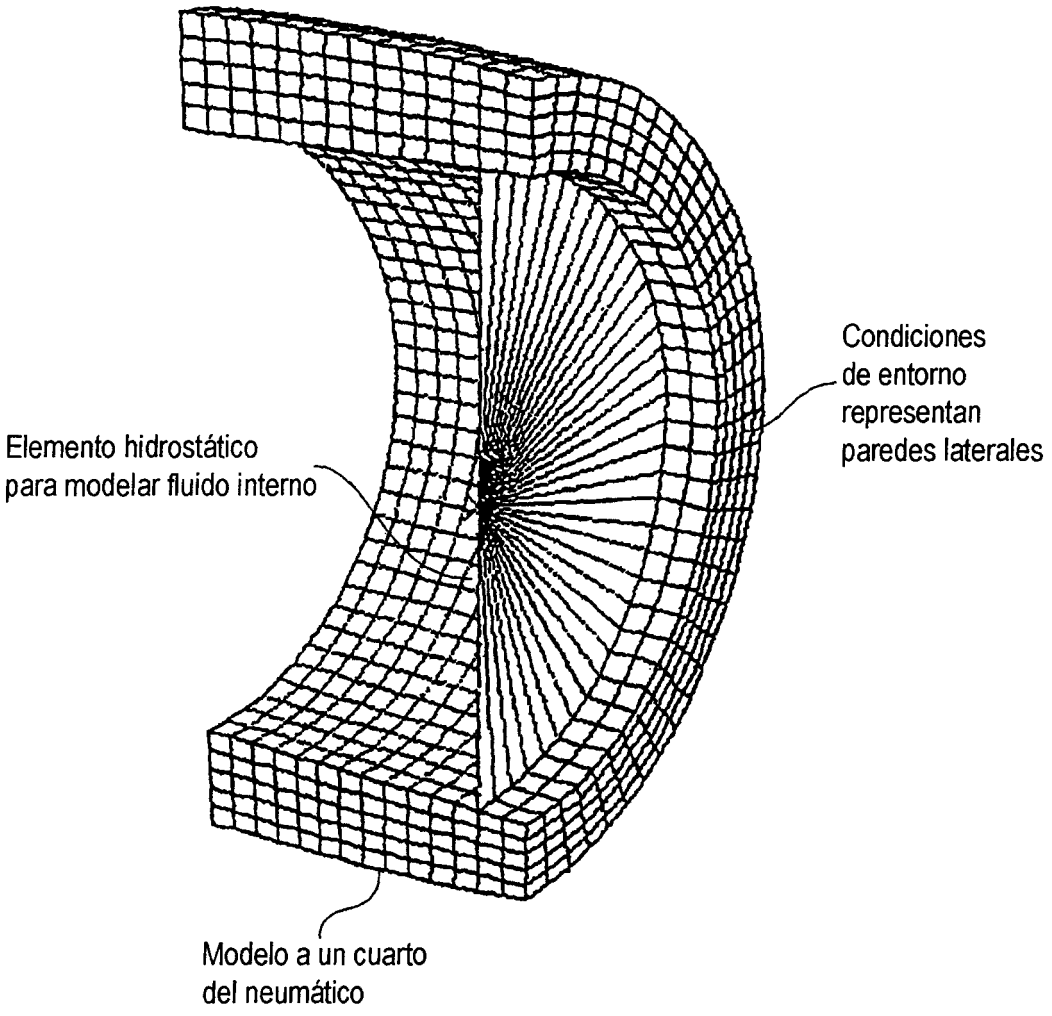

Condiciones
de entorno
representan
paredes laterales
Elemento hidrostático
para modelar fluido interno
Modelo a un cuarto
del neumático

Fig. 6

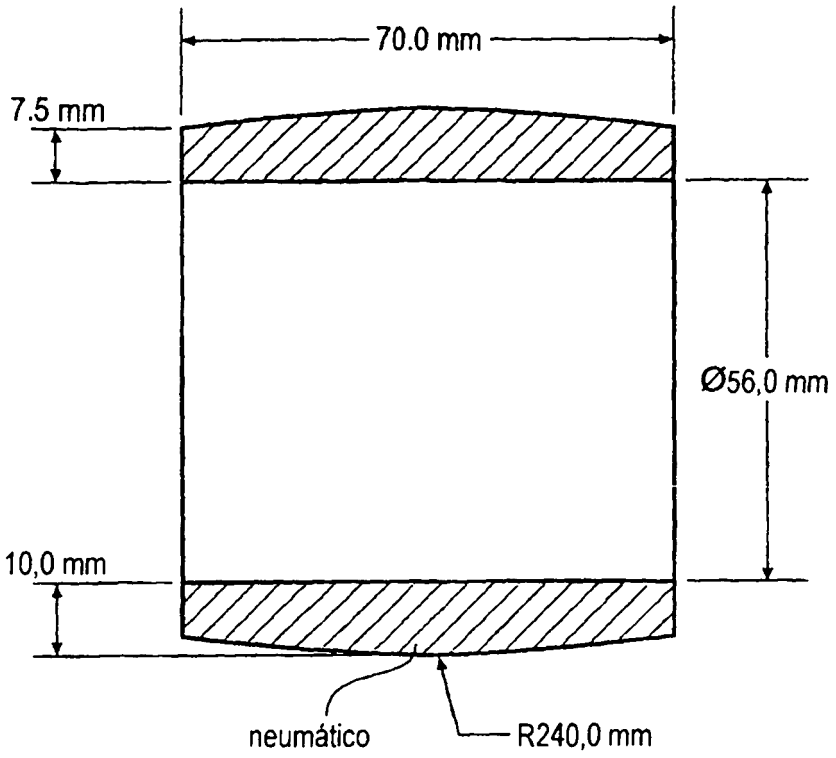


Fig. 7

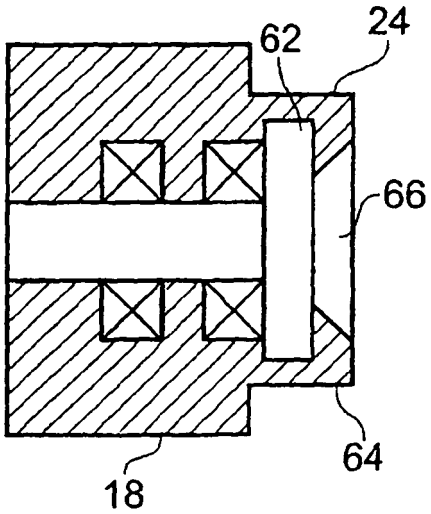


Fig. 8