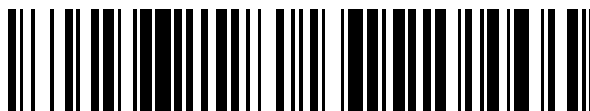


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 774 710**

51 Int. Cl.:

**G01N 29/22** (2006.01)

**G01N 29/24** (2006.01)

**B06B 1/04** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **09.10.2009 PCT/EP2009/007251**

87 Fecha y número de publicación internacional: **29.04.2010 WO10046036**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.10.2009 E 09740267 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.12.2019 EP 2352996**

54 Título: **Transductor electromagnético-acústico y sistema de prueba de ultrasonidos que lo contiene**

30 Prioridad:

**24.10.2008 DE 102008054250**

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

**22.07.2020**

73 Titular/es:

**INSTITUT DR. FOERSTER GMBH & CO. KG  
(100.0%)  
In Laisen 70  
72766 Reutlingen, DE**

72 Inventor/es:

**EGE, MICHAEL y  
WANNER, JÜRGEN**

74 Agente/Representante:

**TOMAS GIL, Tesifonte Enrique**

ES 2 774 710 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Transductor electromagnético-acústico y sistema de prueba de ultrasonidos que lo contiene

## 5 ANTECEDENTES Y ESTADO DE LA TÉCNICA

[0001] La invención se refiere a un transductor electromagnético-acústico para la prueba ultrasónica de objetos de prueba que consta esencialmente de un material eléctricamente conductor, así como a un sistema de prueba de ultrasonidos que presenta al menos un tal transductor electromagnético-acústico.

10

[0002] La prueba ultrasónica es un método de prueba acústico no destructivo para probar objetos de prueba hechos de materiales conductores de sonido, como, por ejemplo, metales. En particular, la posibilidad de poder detectar errores internos que se encuentran también debajo de la superficie del objeto de prueba hace que las pruebas ultrasónicas sean atractivas para muchas aplicaciones. En los sistemas de prueba convencionales basados en ultrasonidos, las ondas ultrasónicas utilizadas para la prueba se generan con un convertidor piezoeléctrico y se introducen en el objeto de prueba a través de un medio de acoplamiento, por ejemplo, agua.

15

[0003] Los transductores electromagnético-acústicos (Electro Magnetic Acoustic Transducers, EMAT) son una alternativa a esta tecnología ultrasónica convencional y se pueden utilizar para probar todos los materiales suficientemente conductores de electricidad. Con un transductor electromagnético-acústico, que también se menciona a continuación con la abreviatura EMAT, las ondas ultrasónicas se generan directamente en el material de objeto de prueba con la ayuda del principio electromagnético. Para este propósito, un EMAT tiene un sistema de imanes para generar un campo magnético destinado a la penetración en el objeto de prueba y una disposición de la bobina inductiva para generar un campo alterno electromagnético superpuesto a este campo magnético en el objeto de prueba y para detectar campos alternos electromagnéticos emitidos por el objeto de prueba. La disposición de bobinas excitada con tensión alterna de alta frecuencia induce corrientes parásitas en la zona del objeto de prueba cerca de la superficie. Los soportes de carga en movimiento, en este caso, se mueven en el campo magnético generado por el sistema de imanes en el objeto de prueba. La fuerza de Lorentz producida en consecuencia actúa como fuerza periódica sobre la estructura corporal fija del material del objeto de prueba y, de este modo, produce directamente ondas ultrasónicas dentro del objeto de prueba, que se propagan en el material del objeto de prueba y pueden usarse para la prueba. Por lo tanto, la prueba de ultrasonidos mediante EMAT no requiere, inherentemente, ningún medio de acoplamiento, como por ejemplo agua, por lo que la tecnología EMAT, por ejemplo, también se puede usar, en estado caliente, para probar metales. La prueba de ultrasonidos mediante EMAT se puede usar tanto para comprobar los errores en metales y aleaciones de metales, como para determinar parámetros geométricos, tales como, por ejemplo, espesor de pared, diámetro y similares, de objetos de prueba hechos de un material eléctricamente conductor.

20

25

30

35

[0004] La publicación DE 11 2005 000 106 T5 (correspondiente a la WO 2005/083419) describe un transductor electromagnético-acústico convencional, que tiene una carcasa con una superficie de trabajo que se dirige hacia el objeto de prueba. En la carcasa está dispuesto un sistema de imanes con imanes permanentes para generar un campo magnético permanente y en las proximidades de la superficie de trabajo, una disposición de bobinas inductiva para la producción electromagnética de impulsos de exploración y para recibir impulsos emitidos por el objeto de prueba. El sistema de imanes tiene al menos tres imanes permanentes, que presentan una sección transversal rectangular y están dispuestos en la carcasa directamente adyacente y paralela a la superficie de trabajo de los EMAT. En este caso, el imán central tiene una polarización vertical con respecto a la superficie de trabajo, mientras que los imanes adyacentes entre sí presentan una polarización horizontal. Los concentradores de flujo magnético están colocados, de esta manera, entre los imanes permanentes del sistema de imanes y la disposición de bobinas, de manera que el flujo magnético que emana del imán central se concentra respectivamente en una bobina de inducción unida debajo de un concentrador. El EMAT construido así debe tener una sensibilidad alta y un área de trabajo bastante amplio y, al mismo tiempo, estar construido de manera compacta.

40

45

50

[0005] La WO 2007/013836 A1 muestra un transductor electromagnético-acústico con una carcasa exterior y una carcasa interior acoplada dentro de la carcasa exterior. El sistema de imanes con varios imanes permanentes está alojado en la carcasa interior. La disposición de bobinas inductiva y los concentradores de campo magnético asociados están unidos a una placa de soporte de la carcasa exterior, de tal manera que, en una posición de trabajo de la carcasa interna, el campo magnético permanente generado por el sistema de imanes se concentra en la disposición de bobinas. La carcasa interior está colocada, de manera móvil, dentro de la carcasa exterior, de modo que se puede mover fuera de la posición de trabajo (contacto de flujo magnético para la disposición de bobinas) con la ayuda de un accionamiento conectado a la carcasa exterior, por desplazamiento o rotación, por lo cual se desactiva el EMAT. Esto debería permitir que el transductor se pueda levantar rápidamente de un objeto de prueba sin ser impedido por el campo magnético generado por el sistema de imanes.

55

60

[0006] La disposición de bobinas inductiva debería encontrarse, durante la prueba, lo más cercano posible a la superficie del objeto de prueba para alcanzar una alta sensibilidad de la prueba. En los transductores electromagnético-acústicos conocidos, para proteger la disposición de bobinas, un dispositivo de protección de

65

material resistente al desgaste, por ejemplo, en forma de una placa protectora de cerámica se encuentra delante de la disposición de bobinas, es decir, entre la disposición de bobinas y la superficie del objeto de prueba. Para no aumentar la distancia entre las bobinas de la disposición de bobinas y el objeto de prueba más de lo necesario, el material de la capa protectora debería tener solo un grosor pequeño. Como otra condición límite, el material no debería presentar ninguna conductividad esencialmente eléctrica, lo cual se debe al principio del método de generación del ultrasonido.

[0007] Generalmente, los transductores electromagnético-acústicos se utilizan dentro de un dispositivo de la prueba para efectuar el procedimiento de prueba automáticamente. En este caso, un EMAT se guía sobre la superficie de un objeto de prueba que se examinará de tal manera que se puede detectar toda la zona del objeto de prueba que se examinará. De este modo, en el uso industrial, se desea una duración de prueba lo más corta posible para lograr un mayor rendimiento posible del material probado. Por lo tanto, se buscan velocidades relativas relativamente altas entre el EMAT y el material de control.

[0008] Durante la prueba de materiales ferromagnéticos, pueden producirse fuerzas de atracción magnéticas relativamente fuertes entre los objetos de prueba y un EMAT guiado a lo largo de la superficie del objeto de prueba, lo que puede conducir a un desgaste considerable de los elementos de protección en el caso de contacto deslizando entre el EMAT y la superficie del objeto de prueba, especialmente a velocidades relativas relativamente altas.

[0009] Como alternativa, la exploración de la superficie del objeto de prueba se puede realizar sin contacto físico, de tal manera que haya un espacio de aire pequeño entre la superficie del objeto de prueba y el EMAT, que debería ser al menos lo suficientemente grande como para que no se produzcan colisiones entre el EMAT y el material del objeto de prueba, o solo en raras ocasiones, por ejemplo, debido a irregularidades de la superficie del objeto de prueba. Sin embargo, cada aumento de la distancia entre superficie del objeto de prueba y la disposición de bobinas se acompaña de una disminución drástica de la sensibilidad de la prueba.

#### TAREA Y SOLUCIÓN

[0010] Es una tarea de la invención proporcionar un transductor electromagnético-acústico para la prueba ultrasónica, que permita escanear objetos de prueba a una velocidad relativa alta, pero sin observar restricciones esenciales en cuanto a la vida útil del EMAT o la sensibilidad de la prueba.

[0011] Para solucionar esta tarea, la invención proporciona un transductor electromagnético-acústico con las características de la reivindicación 1. Otros desarrollos ventajosos están indicados en las reivindicaciones dependientes. Las reivindicaciones hacen referencia al contenido de la descripción.

[0012] Un transductor electromagnético-acústico según la invención tiene un sistema de imanes para producir un campo magnético proporcionado para la penetración en el objeto de prueba y una disposición de bobinas inductiva para producir un campo alterno electromagnético superpuesto en el campo magnético en el objeto de prueba y para detectar campos electromagnéticos alternos emitidos desde el objeto de prueba. En este caso, el sistema de imanes está dispuesto en una unidad de magnetización y la disposición de bobinas está dispuesta en una unidad de sonda separada de la unidad de magnetización y la unidad de sonda está montada de forma móvil en la zona del campo magnético con respecto a la unidad de magnetización.

[0013] La unidad de sonda no está rígidamente conectada a la unidad de magnetización, sino que se mantiene móvil con respecto a ella, de modo que la unidad de sonda puede moverse hacia la unidad de magnetización o alejarse de ella con respecto a la unidad de magnetización, durante el funcionamiento del transductor. Entre la unidad de magnetización y la unidad de sonda se encuentra un espacio intermedio libre de material de tamaño variable, que cambia su tamaño o su grosor cuando las dos unidades se mueven una con respecto a la otra relativamente. Como consecuencia, el material de prueba ferromagnético se puede examinar mientras se mantiene un contacto deslizando entre la unidad de sonda y la superficie del objeto de prueba con alta sensibilidad a la prueba y con poca carga de desgaste, ya que la fuerte fuerza de atracción magnética entre la unidad de magnetización y el material de prueba ferromagnético tiene poca o ninguna influencia sobre la fuerza con la que la unidad de sonda descansa sobre la superficie del objeto de prueba.

[0014] Debido a la movilidad relativa de la unidad de sonda con respecto a la unidad de magnetización o debido a la falta de acoplamiento rígido entre la unidad de magnetización y unidad de sonda, la masa que se va a mover al pasar por encima de irregularidades superficiales puede ser relativamente baja, de modo que la unidad de sonda de la superficie del objeto de prueba pueda seguir sin más, sin que aparezcan fuerzas de inercia excesivas que podrían promover el desgaste del transductor o incluso conducir a una destrucción.

[0015] En particular, en el campo industrial, la prueba se debe llevar a cabo frecuentemente bajo condiciones ambientales adversas, por ejemplo, en objetos de prueba calientes con superficies deformadas. Para tales aplicaciones, es ventajoso que haya un espacio intermedio de tamaño variable entre la unidad de magnetización

y la unidad de sonda y que el espacio intermedio esté encapsulado, de manera aislante a la contaminación, con la ayuda de una envoltura flexible. Esto puede garantizar que no pueda entrar ninguna suciedad en el espacio intermedio, entre la unidad de magnetización y la unidad de sonda, aunque simultáneamente se garantiza la movilidad de ambas unidades relativamente entre sí. El envoltivo flexible puede estar formado, por ejemplo, por un fuelle plisado hecho de un material flexible apropiado, donde el fuelle plisado puede estar diseñado, por ejemplo, como un fuelle de plástico o como un fuelle de cuero.

[0016] Hay diferentes posibilidades de mantener la unidad de sonda en la posición correcta con respecto a la unidad de magnetización y, al mismo tiempo, asegurar la movilidad relativa delimitada deseada de la unidad de sonda con respecto a la unidad de magnetización. Una posibilidad consiste en que la unidad de sonda esté fijada a la unidad de magnetización, con ayuda de un soporte elásticamente flexible. El soporte puede estar configurado de tal manera que la unidad de sonda adquiera su posición nominal a una distancia nominal de la unidad de magnetización, en el estado libre de fuerza, pueda abandonar esta posición nominal cuando se expone a fuerzas externas. El soporte elásticamente flexible puede ser el soporte de la unidad de sonda. Puede ser particularmente ventajoso si el soporte elásticamente flexible está formado por un fuelle plisado, que simultáneamente también puede sellar el espacio intermedio entre la unidad de magnetización y la unidad de sonda de manera hermética a la contaminación y, por lo tanto, cumple una doble función. De lo contrario, también es posible que la unidad de magnetización esté fijada a un primer dispositivo de soporte y la unidad de sonda a un segundo dispositivo de soporte separado del primer dispositivo de soporte. Los dispositivos de retención pueden estar articulados independientemente uno del otro en un soporte para el transductor o pueden estar unidos de manera móvil de otra manera. En una configuración, el segundo dispositivo de soporte, que mantiene la unidad de sonda, está conectado, de manera articulada, al primer dispositivo de soporte. Esto hace posible que la combinación de la unidad de magnetización y la unidad de sonda, es decir, el EMAT completo, se pueda cambiar al mover el primer dispositivo de soporte, mientras que la unidad de sonda se desplaza con respecto a la unidad de magnetización por el movimiento relativo del primer soporte con respecto al segundo soporte.

[0017] En el transductor según la invención, el espacio intermedio entre el sistema de imanes y la disposición de bobinas está libre de concentradores de campo magnético. Como resultado, la distancia entre el sistema de imanes y la disposición de bobinas se puede reducir considerablemente en comparación con los EMAT convencionales. El aumento de la sensibilidad de la prueba posible al reducir la distancia puede compensar parcial o completamente el efecto de la falta de concentración del campo magnético.

[0018] En algunas formas de realización, una distancia nominal entre el sistema de imanes y la disposición de bobinas es de menos de 8 mm, donde la distancia también puede ser menos de 7 mm o menos de 6 mm o menos de 5 mm. Con una distancia variable delimitada entre la disposición de bobinas y la unidad de magnetización, la distancia puede variar algo, por ejemplo, alrededor de  $\pm 2$  mm o alrededor de  $\pm 3$  mm en una distancia nominal de 3 mm o 4 mm o 5 mm. La distancia entre el sistema de imanes y la disposición de bobinas también puede ser mayor.

[0019] Para impedir que se produzca un contacto crítico entre la unidad de sonda y la unidad de magnetización en condiciones de uso excepcionales, se proporciona, de acuerdo con una configuración de la invención, un dispositivo de mantenimiento de distancia entre la unidad de magnetización y la unidad de sonda para limitar la desviación recíproca a una distancia mínima finita, que no haya contacto entre estos conjuntos relativamente móviles. Entre la unidad de sonda y la unidad de magnetización se puede encontrar una capa de material elásticamente flexible u otro dispositivo de absorción de impactos. La capa de absorción de impactos puede estar formada por una sección del material de fuelle plisado.

[0020] En una configuración, los separadores con secciones de soporte para el soporte directo del separador están unidos a una carcasa de la unidad de magnetización en la superficie del objeto de prueba, donde los separadores están medidos de tal manera que cuando los separadores se colocan sobre la superficie del objeto de prueba, queda un pequeño espacio intermedio entre la unidad de sonda máxima presionada en la dirección de la unidad de magnetización y la unidad de magnetización.

[0021] La disposición de bobinas puede tener una estructura convencional. Sin embargo, se desarrollaron nuevas disposiciones de bobinas, que permiten los mejores resultados de la prueba, especialmente también en ausencia de concentradores de campo magnético. Una forma de realización de una disposición de bobinas tiene varias bobinas individuales dispuestas de manera adyacente, donde las secciones de línea de bobinas individuales inmediatamente adyacentes se superponen entre sí en una zona de superposición. Las bobinas individuales son normalmente bobinas sin núcleo con uno o varios devanados, donde los devanados definen un eje de bobina. El campo de superposición puede estar respectivamente en el centro entre ejes de bobina adyacentes. Si las bobinas individuales directamente adyacentes se cambian en antifase en una tal disposición de bobinas que se operan desde una bobina simple hacia la siguiente cuando el dispositivo funciona con la fase inversa o con un desfase de  $180^\circ$ , de esta forma se puede lograr que las contribuciones no deseadas de las secciones de línea de las bobinas individuales que se superponen en la zona de superposición se compensen entre sí. En estos casos, en particular, se puede prescindir por completo del uso de concentradores de campo

magnético, a favor de una distancia menor entre la unidad de magnetización y la unidad de sonda. Esto es muy favorable para la sensibilidad del EMAT.

5 [0022] La disposición de bobinas puede estar construida con bobinas individuales enrolladas. Si la disposición de bobinas existe en forma de vías conductoras, que están unidas a una placa de soporte posiblemente flexible hecha de material eléctricamente aislante, la instalación y extracción conjunta durante el ensamblaje inicial o durante el mantenimiento o reparación es particularmente fácil. Las vías conductoras se pueden unir a la placa de soporte mediante impresión u otro método de recubrimiento.

10 [0023] Al examinar o medir el material de prueba, el EMAT puede escanear la superficie del material sin contacto, de manera que hay un espacio de aire pequeño entre la unidad de sonda y la superficie del material, por ejemplo, con un grosor de hasta aprox. 5 mm. También es posible que la unidad de sonda esté en contacto físico con la superficie del material y se roce con ella cuando haya un movimiento relativo. En el caso de una superficie del material desigual, la unidad de sonda puede seguir esta superficie, debido a la flexibilidad o  
15 movilidad con respecto a la unidad de magnetización, incluso cuando la unidad de magnetización no modifica su posición.

[0024] Con la ayuda de transductores electromagnético-acústicos construidos según la invención se pueden realizar diferentes tareas de medición. Esto incluye la detección de errores de defectos puntuales (unidimensionales), defectos superficiales (bidimensionales) o bordes, así como también defectos volumétricos tridimensionales en la superficie del objeto de prueba o en el interior de un objeto de prueba. Además, se pueden determinar algunos parámetros geométricos, como por ejemplo el grosor del material, el grosor de la pared de un tubo y/o las distancias en el material de prueba. Finalmente, también es posible determinar ciertas características del material como, por ejemplo, la dureza o las constantes elásticas. Como material de prueba pueden considerarse todos los materiales suficientemente conductores de electricidad, por ejemplo, aceros diferentes, así como materiales que contienen níquel o cobalto, pero también metales no ferrosos, como aluminio, cobre y muchos otros metales. El transductor se puede utilizar en diferentes geometrías de prueba, por ejemplo, para la medición continua de objetos alargados, como barras o tubos con superficie laminada o lúcida, placas u otros productos semiacabados, pero también para la medición en componentes terminados de diferentes geometrías.  
20  
25  
30

[0025] La invención también se refiere a un dispositivo de prueba para la prueba ultrasónica de objetos de prueba que consta esencialmente de un material eléctricamente conductor. Este se caracteriza porque al menos presenta un transductor electromagnético-acústico según la invención.

35 [0026] Estas y otras características se deducen de la descripción y los dibujos hechos, además de las reivindicaciones, donde las características individuales se realizan individualmente o en grupos en forma de subcombinaciones en una forma de realización de la invención y en otros campos y pueden representar realizaciones ventajosas.

40 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0027]

45 Figura 1 muestra una sección transversal mediante una forma de realización de un transductor electromagnético-acústico, que está en contacto deslizante con una superficie del objeto de prueba cilíndrica de una barra redonda;

Figura 2 muestra una sección longitudinal mediante la disposición mostrada en la figura 1, con dispositivos de protección, para proteger la disposición de medición contra daños mecánicos;

50 Figura 3 muestra una vista desde arriba de una forma de realización de una disposición de bobinas;

Figura 4 muestra una representación esquemática para ilustrar una excitación en antifase de bobinas individuales inmediatamente adyacentes de la disposición de bobinas; y

55 Figura 5 muestra un transductor electromagnético-acústico con dispositivos de sujeción unidos a este para la instalación en un cabezal giratorio de un dispositivo de prueba.

60 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN PREFERIDAS

[0028] La figura 1 muestra una sección transversal a través de una forma de realización de un transductor electromagnético-acústico (EMAT) 100, que está en contacto deslizante con una superficie del objeto de prueba 161 cilíndrica de un objeto de prueba 160 en forma de una barra cilíndrica de un acero ferromagnético. El EMAT tiene una unidad de magnetización 110, así como una unidad de sonda 120 separada de esta, que está conectada, de forma móvil, a la unidad de magnetización a través de un fuelle 130 plegado hecho de material plástico elástico que está cerrado por ambos lados, de manera que la posición de la unidad de sonda con  
65

respecto a la unidad de magnetización puede cambiarse continuamente mientras se deforma el fuelle plisado y aumenta o disminuye la distancia mutua. La unidad de sonda siempre se encuentra, en este caso, en la zona del campo magnético generado por el sistema de imanes. Entre la unidad de magnetización y la unidad de sonda 120 dispuesta a una distancia de esta hay un espacio intermedio 125 libre de material con un volumen variable, que está cerrado en todos los lados por el fuelle plisado 130 y, por lo tanto, está protegido contra la entrada de polvo y otros contaminantes desde el exterior.

[0029] La unidad de magnetización 110 comprende un sistema de imanes 115 para producir un campo constante magnético, que penetra en zonas cercanas a la superficie del objeto de prueba 160 durante la operación del EMAT. En el ejemplo, el sistema de imanes 115 consiste en imanes permanentes paralelepípedos 115A, 115B, 115C de polarización diferente, donde el imán permanente 115B medio está polarizado, esencialmente de manera radial o perpendicular, a la superficie de objeto de prueba, mientras que los imanes exteriores inmediatamente adyacentes 115A, 115C están polarizados perpendicularmente a él o esencialmente paralelos a la superficie del objeto de prueba. Para el blindaje magnético del campo magnético, una placa ferromagnética 116 está unida al lado de los imanes permanentes opuestos a la unidad de sonda. Los imanes permanentes y la placa de blindaje firmemente están montados en una carcasa 117, que cierra la unidad de magnetización en el lado opuesto al objeto de prueba.

[0030] El número y la forma de los imanes del sistema de imanes también pueden estar representados de manera distinta. En particular, la producción del campo magnético también se puede generar con la ayuda de electroimanes. Generalmente, el campo magnético generado por el sistema de imanes es un campo constante, pero también posible generar un campo alterno de frecuencia más baja o más alta con la ayuda de electromagnetos. La concentración de densidad de flujo se puede ajustar o cambiar en la superficie del objeto de prueba mediante un control de la frecuencia del campo alterno.

[0031] La unidad de sonda 120 contiene una disposición de bobinas 140 inductiva, de la cual se hablará con más detalle a continuación una forma de realización con la ayuda de las figuras 3 y 4. En este caso, este puede consistir en bobinas de diferentes diseños, que pueden estar organizadas de diferentes maneras. Para proteger las bobinas hay una placa de protección 122 fina frente a la disposición de bobinas en el lado opuesto al objeto de prueba, que consta de un material eléctricamente no conductor o poco conductor con alta resistencia al desgaste mecánico. En el ejemplo, la placa de protección es una cerámica compuesta en la que las fibras cerámicas están unidas en una matriz cerámica. La disposición de bobinas y la placa de protección están fijados, de manera conjunta, en un orificio plano de un marco de soporte 124 resistente a la torsión, que consiste en un material eléctricamente no conductor y que tiene ranuras en forma de cola de milano en las superficies laterales estrechas mostradas para fijar el marco de soporte en un receptáculo flexible del fuelle plisado 130. Dado que la unidad de sonda 120 está unida al exterior del fuelle plisado, hay una sección del material de fuelle plisado entre la unidad de sonda y la unidad de magnetización y forma una capa intermedia elásticamente flexible que impide, como separador, un contacto visual directo entre el marco de soporte de la unidad de sonda 120 y la unidad de magnetización 110 y puede amortiguar golpes eventuales. La disposición de bobinas 140 se conecta, con ayuda de líneas de conexión 142 eléctricas, a una electrónica de control no representada del dispositivo de prueba.

[0032] Durante el uso del EMAT, se produce un campo magnético fuerte en la zona de la unidad de sonda 120, así como en las zonas del objeto de prueba 160 cercanas a la superficie, a través de la unidad de magnetización 110. La disposición de bobinas contiene bobinas de excitación que, cuando se controlan adecuadamente con voltaje alterno de alta frecuencia, generan un campo alterno de excitación electromagnético de alta frecuencia, que está superpuesto al campo magnético del sistema de imanes 115 e igualmente penetra en zonas cercanas del objeto de prueba cercanas a la superficie. Las bobinas de excitación están conectadas a una electrónica apropiada y, por lo tanto, pueden producir impulsos ultrasónicos cortos en el material de prueba, cuya frecuencia puede estar, por ejemplo, en el rango de MHz. Para poder producir, a este respecto, impulsos ultrasónicos, el material del objeto de prueba (material de prueba) debe presentar al menos una conductividad eléctrica, de modo que se generen soportes de carga en movimiento en el material de prueba, que se muevan en el campo magnético de la unidad de magnetización y actúen sobre la estructura reticular del material del objeto de prueba, bajo la influencia de la fuerza de Lorentz y, por lo tanto, generen directamente ondas ultrasónicas en el material del objeto de prueba. Preferiblemente, el material del objeto de prueba es ferromagnético. El tipo de ultrasonido (frecuencia; alineación) que se produce en el material del objeto de prueba, depende de la dirección del campo magnético generado por el sistema de imanes, así como del diseño de las bobinas de excitación de la disposición de bobinas inductiva y la electrónica.

[0033] En la disposición de bobinas también se encuentran bobinas para detectar campos alternos de señal emitidos por el material del objeto de prueba. En este caso, se trata de bobinas que están conectadas igualmente a una electrónica apropiada y son adecuadas para recibir señales de ultrasonido reflejadas del material del objeto de prueba. Estas bobinas de recepción pueden ser idénticas a las bobinas de transmisión (bobinas de excitación), pero también se pueden proporcionar bobinas separadas de estas. Al evaluar las señales recibidas, se pueden hacer declaraciones sobre errores en el material del objeto de prueba, así como, en su caso, declaraciones sobre parámetros geométricos del material de prueba (como, por ejemplo, diámetro,

grosor o grosor de la pared). También es posible determinar varios parámetros elásticos del material de prueba a partir de las señales emitidas.

[0034] El proceso de la excitación y de la recepción de señales ultrasónicas también se conoce en esta solicitud como una prueba. Durante la prueba, surge generalmente un movimiento relativo entre el EMAT y el objeto de prueba. Se puede prescindir también de un movimiento del EMAT relativo y del objeto de prueba, por ejemplo, con medidas de espesor de pared en tubos. Para producir un movimiento relativo deseado, se puede mover, por ejemplo, solo el EMAT con relación al objeto de prueba (inoperativo). También es posible que el EMAT esté en reposo y solo se mueva el objeto de prueba, por ejemplo, de manera rotativa y/o traslacional. También es posible un movimiento de ambos componentes. Durante el movimiento relativo surge un movimiento de la unidad de sonda 120 del EMAT relativo a la superficie 161 del objeto de prueba 160. El grado de cobertura de la superficie examinada (completamente o con huecos) depende de las exigencias de la tarea de prueba.

[0035] Durante este movimiento, la unidad de sonda 120, que está montada elásticamente flexible con la ayuda del fuelle plisado 130, puede seguir la superficie del material de prueba. En este caso, de manera general, la unidad de sonda se presiona ligeramente contra la superficie de la muestra de prueba mediante fuerzas elásticas por medio del fuelle plisado y, en su caso, mediante las fuerzas centrífugas, donde la fuerza de compresión es, sin embargo, tan baja que se produce solo un pequeño desgaste cuando hay un contacto deslizante entre la superficie de muestra 161 y la placa de protección 122. Esto también se puede trabajar en fases sin contacto. Por ejemplo, si se produce una elevación superficial en la vía de prueba cubierta, la unidad de sonda de masa relativamente baja puede seguir la elevación mediante la evasión en la dirección de la unidad de magnetización, donde el espacio de aire 125 luego se estrecha brevemente. Según el estado de la superficie, el tamaño del espacio de aire entre la unidad de magnetización y la unidad de sonda del EMAT cambiará más o menos. Los canales de ventilación no mostrados proporcionan que la disposición general pueda "respirar" con un volumen cambiante dentro del fuelle plisado sin que las partículas de suciedad puedan penetrar en el interior del fuelle plisado.

[0036] Es favorable la movilidad relativa ventajosa de la unidad de sonda a la unidad de magnetización cuando la unidad de magnetización, por un lado, y la unidad de sonda, por otro lado, están unidas a diferentes soportes, es decir, móviles de manera independiente. Una variante se explica en relación con la figura 5. En el caso del ejemplo de la figura 1, la unidad de magnetización 110 está fijada a un soporte no mostrado, mientras que la unidad de sonda 120 se mantiene directamente en la unidad de magnetización a través del fuelle plisado 130 que sirve como soporte. Por lo tanto, es posible que uno de los dos soportes (aquí el soporte para la unidad de sonda) esté fijado al otro soporte (el soporte para la unidad de magnetización). También es posible que solo se use un soporte. En cualquier caso, se puede lograr, mediante el diseño adecuado del dispositivo de soporte para la unidad de magnetización y la unidad de sonda, que la fuerza de atracción magnética fuerte entre la unidad de magnetización 110 y el material de prueba ferromagnético no tenga ninguna influencia sobre la fuerza entre la unidad de sonda 120 y la superficie del material. Incluso cuando se prueba el material ferromagnético en el campo magnético fuerte del sistema de imanes surgen, por lo tanto, solo fuerzas de presión pequeñas entre la unidad de sonda y la superficie del objeto de prueba, por lo cual la vida útil de la unidad de sonda puede extenderse considerablemente en comparación con los sistemas convencionales.

[0037] Si se produce una escala magnética u otra contaminación durante la prueba llevada cabo, entonces esto no tiene efectos negativos sobre la función del transductor en la forma de realización mostrada, cuando el espacio intermedio 125 entre la unidad de magnetización 110 y la unidad de sonda 120 está cerrado, de modo estanco al polvo, a través del fuelle plisado 130.

[0038] Los transductores electromagnético-acústicos pueden, por ejemplo, estar expuestos a considerables cargas mecánicas, térmicas y de otro tipo cuando se usan en la producción en un campo industrial, que podrían afectar negativamente a la vida útil de los transductores y podrían provocar retrasos en la producción en caso de desgaste prematuro o error debido a daños. Con referencia a la figura 2, se explican ahora algunos mecanismos de protección, que pueden estar proporcionados individualmente o en combinación en un transductor para garantizar, de forma fiable, su funcionalidad incluso en entornos de medición hostiles. En la representación de la sección longitudinal de la figura 2, los elementos funcionales y los grupos funcionales ya explicados con referencia a la figura 1 están identificados con los mismos números de referencia que allí.

[0039] La disposición de bobinas 140 y la placa de protección 122 prevista para su protección están dispuestos en un orificio plano de un marco de soporte 124 hecho de material eléctricamente aislante o poco conductor, que se extiende oblicuamente en la dirección longitudinal mostrada tanto hacia adelante como hacia atrás más allá de la zona de la disposición de la bobina en la dirección de la unidad de magnetización, es decir, lejos del objeto de prueba. Directamente al lado del orificio, para la disposición de sondas y la placa de protección, están dispuestos unos primeros elementos protectores 170 relativamente planos hechos de material resistente al desgaste, por ejemplo, un metal o una cerámica, cuyas superficies externas planas opuestas al objeto de prueba están casi al ras con el exterior de la placa de protección 122, pero sobresalen un poco hacia el objeto de prueba. Dado que estos elementos sobresalen mínimamente sobre la placa de protección, un contacto deslizante generalmente solo tiene lugar sobre estos elementos y solo sobre la placa de protección si la

superficie del objeto de prueba es más curva. Los patines 175 hechos de material resistente al desgaste, por ejemplo, una cerámica, están conectados a los elementos de protección en el exterior, que están fijados en un orificio correspondiente en el lado frontal del marco 124 opuesto al objeto de prueba y tienen las superficies inclinadas 176, que discurren en un ángulo agudo a la superficie de trabajo del transductor definida por el lado exterior de la placa de protección. Si el EMAT ahora se mueve con un componente de movimiento en paralelo al eje longitudinal 162 del objeto de prueba con relación a la superficie del objeto de prueba 161 y si esta superficie de muestra tiene desniveles locales en forma de elevaciones, esto podría dañar la placa de protección y posiblemente dañar la disposición de bobinas. Esto se impide con la ayuda de los patines 175 y los elementos de protección 170, ya que, si se produce una elevación en la superficie del objeto de prueba, primero golpea la superficie inclinada de un patín y luego se elevaría toda la unidad de sonda 120 en la dirección de la unidad de magnetización mientras se reduce el grosor del espacio intermedio 125, antes de que el desnivel entre en la zona de la disposición de sondas. Una carga repentina de la placa de protección sensible, como se puede producir, por ejemplo, cuando una muestra de prueba entra o sale a o de una cabeza giratoria, se previene de manera eficaz.

[0040] La variante en la figura 2 también muestra que es posible no fijar la unidad de sonda 120 a la unidad de magnetización exclusivamente a través del fuelle plisado 130, pero que (alternativa o adicionalmente) también se puede proporcionar un dispositivo de soporte separado para la unidad de sonda. A tal objeto, se proporcionan agujeros roscados 182 hacia arriba en las zonas extremas longitudinales del marco 124 en el marco, es decir, agujeros roscados 182 dirigidos lejos del objeto de prueba, que permiten, con la ayuda de tornillos de fijación 183, un dispositivo de soporte 187 para la unidad de sonda, que se explica con más detalle posteriormente en relación con la figura 5.

[0041] Además de los componentes ya descritos, la figura 2 muestra mecanismos de protección adicionales para proteger el EMAT contra daños mecánicos. En el lado superior opuesto a la unidad de sonda de la carcasa 117 de la unidad de magnetización, un estribo 192 que se proyecta en la dirección longitudinal hacia adelante y hacia atrás está fijado con la ayuda de tornillos 191, en cuyos extremos libres están atornillados los patines 193 que se proyectan hacia abajo respectivamente, es decir, en dirección al objeto de prueba. Vistos en la dirección longitudinal, estos patines se encuentran respectivamente delante o detrás de los patines 175 unidos a la unidad de sonda y se proyectan más allá de ella. En las secciones finales opuestas al objeto de prueba están diseñadas las secciones de soporte 195 redondeadas hacia el exterior. Los estribos 192 con los corretores 193 unidos a ellos sirven como separadores 190 para el soporte directo de la unidad de magnetización en la superficie del objeto de prueba y están dimensionados con respecto a la altura del soporte, de manera que cuando las secciones de soporte 195 entran en contacto visual con la superficie del objeto de prueba 161, la unidad de sonda solo se puede presionar, en la medida de lo posible, en la dirección de la unidad de magnetización, de modo que queda una distancia mínima finita entre la unidad de magnetización y la unidad de sonda y que no pueden tocarse entre sí. Si se produce un contacto visual, se lleva a cabo el contacto entre la unidad de magnetización y el lado interior del material elástico del fuelle plisado, que forma en esta zona una capa intermedia elásticamente flexible y puede amortiguar golpes eventuales. De esta manera, es posible comprobar, con la ayuda del EMAT, superficies del objeto de prueba muy desiguales en objetos de prueba, en su caso, no perfectamente rectos sin riesgo de dañar el EMAT.

[0042] Al escanear la superficie del material de prueba, como ya se mencionó anteriormente, el espacio de aire 125 entre la unidad de sonda 120 y la unidad de magnetización 110 puede cambiar dependiendo de la naturaleza de la superficie del material de prueba y la rectitud del objeto de ensayo. En caso una desviación muy fuerte de la rectitud, ahora podría ocurrir que desaparezca completamente el espacio de aire 125, de modo que la unidad de sonda se presione contra la unidad de magnetización. Si el soporte de la unidad de magnetización está diseñado hasta cierto punto para ser flexible, entonces, en este caso también, aún puede ser posible otra evasión, sin embargo, la unidad de sonda 120 y la unidad de magnetización 110 se moverían juntas y la gran fuerza de atracción magnética entre la unidad de magnetización y el material de prueba ahora también actuaría en la unidad de sonda, lo que reduciría significativamente la vida útil de la unidad de sonda. Esto se evita mediante los separadores 190. Esto se debe a que los patines 193 están fijados a los extremos de los estribos 192 y están dimensionados de tal manera que entran en contacto visual con la superficie del material de prueba antes de que el espacio de aire 125 haya desaparecido por completo. Esto evita que la unidad de sonda se someta a una fuerza muy aumentada en el caso de un material de prueba muy curvado, lo que garantiza una larga vida útil.

[0043] La figura 3 muestra una de las numerosas posibilidades de construir una disposición de bobina inductiva. La disposición de bobinas 300 está unida a un soporte flexible 302 hecho de plástico aislado eléctricamente según el tipo de vías conductoras impresas. Está representada una disposición con ocho bobinas, que está dispuesta en una línea recta. La forma de la segunda bobina desde la izquierda (nº. 2) está resaltada a través de líneas en negrita. Cada una de las bobinas posee una estructura simétrica con una zona B en el centro, en el que las vías conductoras discurren en paralelo y en la misma dirección. Las líneas de retorno están divididas, en una parte, a la derecha y, en una parte, a la izquierda desde la zona central B. Allí la corriente fluye a través de las vías conductoras en la dirección opuesta. Las zonas de líneas de retorno inmediatamente adyacentes se superponen entre sí en las zonas de superposición A. Como aclaración, dos bobinas inductivas adyacentes



inmediatamente están representadas de forma simplificada en la figura 4. En este caso, las direcciones de corriente en dos bobinas adyacentes se muestran en las zonas centrales directamente adyacentes B, y en las líneas de retorno que se encuentran entre ellas, que se superponen espacialmente en una zona de superposición A. Las flechas direccionales de corriente indican que las sondas directamente adyacentes se excitan en antifase, es decir con un desfase de  $180^\circ$ , con tensión alterna, de modo que las líneas de retorno de las dos bobinas inductivas adyacentes que se encuentran en la zona de superposición A son atravesadas por la corriente en la dirección opuesta. Si se disponen ahora varias bobinas superpuestas, de manera que las líneas de retorno de las bobinas contiguas estén exactamente una sobre la otra, entonces las contribuciones de las líneas de retorno se cancelan entre sí si las bobinas inductivas se excitan simultáneamente de una bobina a la siguiente, pero con una fase alterna.

[0044] En particular, bajo estas condiciones, se prescinde de la provisión de concentradores de campo magnético entre el sistema de imanes de la unidad de magnetización y la disposición de bobinas de la unidad de sonda. En los transductores electromagnético-acústicos convencionales se proporcionan los llamados concentradores de campo magnético entre el sistema de imanes y la disposición de bobinas para concentrar el flujo magnético generado por el sistema de imanes respectivamente en las zonas centrales de las bobinas de una disposición de bobinas (correspondiente a las zonas B en la figura 4) y exponer las líneas de retorno al campo magnético lo menos posible. En contraste, no se necesitan concentradores de campo magnético durante la disposición de las bobinas inductivas con una superposición de las líneas de retorno, ya que las contribuciones de las líneas de retorno se cancelan entre sí. También son posibles otros diseños de disposiciones de bobinas, en los que se puede prescindir de los concentradores de campo magnético. El campo sonoro producido en el material del objeto de prueba generalmente será diferente al de los sistemas con concentradores.

[0045] Se puede lograr una disposición de bobinas similar a la disposición mostrada en la figura 3, tanto mediante la disposición de varias bobinas individuales enrolladas, como también mediante la implementación mostrada de una estructura conductora correspondiente sobre un soporte aislante en un único componente.

[0046] También en el caso de esta disposición de las bobinas inductivas o con excitación en fase es posible trabajar sin concentradores de campo magnético. Por ejemplo, si se opera la disposición de bobinas representada en la figura 3 de manera que todas las bobinas se operen con la misma fase, de esta manera la corriente fluye a través de las dos zonas de líneas de retorno superpuestas entre bobinas inmediatamente adyacentes en la dirección opuesta a las partes centrales B de las bobinas adyacentes. Como resultado, esto tiene el efecto como si hubiera otra entre dos bobinas de una disposición de bobinas, que se opera en antifase a las dos bobinas adyacentes respectivamente.

[0047] Los transductores electromagnético-acústicos del tipo descrito aquí con la ayuda de algunos ejemplos pueden usarse para una amplia variedad de tareas de prueba e implementarse en dispositivos de prueba con diferentes construcciones. En la figura 5 está representada una implementación, como se puede utilizar, por ejemplo, para la comprobación de errores de núcleo del material de barras. El objeto de prueba 160 se mueve a lo largo de su eje longitudinal 162 a alta velocidad (por ejemplo, algunos m/s) a través del dispositivo de prueba. El dispositivo de prueba tiene un cabezal giratorio, en el que están dispuestos varios transductores electromagnético-acústicos con la ayuda de las disposiciones de palanca giratorias, de modo que los transductores están en contacto deslizante con la superficie del objeto de prueba 161 (en otras formas de realización hay un espacio de aire más pequeño entre los dos) y, cuando el cabezal giratorio gira, escanean a lo largo de las vías de los tornillos, que pueden empujarse o superponerse cuando la velocidad de rotación del cabezal giratorio se adapta adecuadamente a la velocidad de rendimiento del objeto de prueba para asegurar una prueba completa del objeto de prueba. La estructura de base de los cabezales giratorios se conoce como tal y, por lo tanto, no se describe con más detalle aquí. En la figura 5 se muestra solo una parte del rotor 200 del cabezal giratorio, que rota coaxialmente con el eje longitudinal 162 del objeto de prueba.

[0048] El transductor electromagnético-acústico 100 está fijado al rotor 200, de manera giratoria, con la ayuda de una disposición de palanca giratoria 189. El EMAT la unidad de sonda 120 que está en contacto deslizante con la superficie del objeto de prueba durante la operación, la unidad de magnetización 110 dispuesta a una distancia radial de la misma y el fuelle 130 flexible como una conexión flexible entre estos conjuntos separados y móviles. La unidad de magnetización 110 está fijada a un primer dispositivo de soporte 185 en forma de una palanca giratoria, que está montada, de manera giratoria, al rotor 200 alrededor de un eje de rotación 186 y se puede mover ligeramente alrededor de este eje. La unidad de sonda 120 está fijada a un segundo dispositivo de soporte 187 en forma de una palanca giratoria, que está fijada, de manera giratoria, a la palanca giratoria 185, es decir al primer dispositivo de soporte y puede girar fácilmente enfrente de este alrededor de un eje de rotación 188. Durante el giro del primer dispositivo de soporte 185, todo el EMAT se gira en la dirección del objeto de prueba o lejos del objeto de prueba. Por el contrario, cada movimiento relativo de la unidad de sonda sobre la unidad de magnetización hacia o desde la unidad de magnetización está unido a un giro del segundo dispositivo de soporte 187 en relación con el primer dispositivo de soporte 185, donde el dispositivo de soporte guía el movimiento de la unidad de sonda, de manera que no se incline ni gire en dirección axial, sino que esencialmente solo realice un movimiento de transferencia hacia o desde la unidad de magnetización. El segundo dispositivo de soporte proporciona, de este modo, una guía pasiva. El movimiento relativo de la unidad

de sonda con respecto a la unidad de magnetización se controla exclusivamente a través de la naturaleza de la superficie del objeto de prueba, que posiblemente conduzca a una desviación de la unidad de sonda que se desliza sobre ella con respecto a la unidad de magnetización.

- 5 [0049] Por motivos mecánicos y técnicos de prueba generalmente es aconsejable colocar una disposición idéntica a la disposición mostrada, desplazada 180° a la disposición mostrada en el rotor para que se cree una disposición de prueba equilibrada general, que puede girar a alta velocidad de rotación alrededor del objeto de prueba que pasa a través.

**REIVINDICACIONES**

1. Transductor electromagnético-acústico para la prueba ultrasónica de objetos de prueba compuestos esencialmente de un material eléctricamente conductor con:
- 5 un sistema de imanes (115) para producir un campo magnético destinado a penetrar en el objeto de prueba (160), así como una disposición de bobinas inductivas (140, 300) para generar un campo alterno electromagnético superpuesto a este campo magnético en el objeto de prueba, así como para detectar campos alternos electromagnéticos emitidos desde el objeto de prueba, donde
- 10 el sistema de imanes (115) está dispuesto en una unidad de magnetización (110), la disposición de bobinas está dispuesta en una unidad de sonda (120) separada de la unidad de magnetización, que siempre se halla en la zona del campo magnético producido por la unidad de magnetización,
- 15 la unidad de sonda (120) está montada, de forma móvil, con respecto a la unidad de magnetización (110) en la zona del campo magnético, de manera que la unidad de sonda puede moverse con respecto a la unidad de magnetización durante la operación del transductor, entre la unidad de magnetización (110) y la unidad de sonda (120) se encuentra un espacio intermedio (125) de tamaño variable,
- 20 el espacio intermedio está encapsulado con la ayuda de un envolvente flexible (130) de manera hermética a la contaminación, y el espacio intermedio entre el sistema de imanes (115) y la disposición de bobinas (140) está libre de concentradores de campo magnético.
2. Transductor según la reivindicación 1, en el que el envolvente flexible presenta un fuelle plisado (130) de material flexible, donde el fuelle plisado, en particular, es en forma de un fuelle de plástico o un fuelle de cuero.
- 25
3. Transductor según la reivindicación 1 o 2, en el que la unidad de sonda (120) está fijada a la unidad de magnetización (110) con la ayuda de un soporte (130) elásticamente flexible, en el que el soporte elásticamente flexible comprende, preferiblemente, un fuelle plisado (130), que sella un espacio intermedio (125) entre la
- 30 unidad de magnetización (110) y la unidad de sonda (120) de manera aislante a la contaminación.
4. Transductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la unidad de magnetización (110) está fijada a un primer dispositivo de soporte (185) y la unidad de sonda (120) está fijada a un segundo dispositivo de soporte (187) separado del primer dispositivo de soporte, donde preferiblemente el segundo dispositivo de soporte (187), que mantiene la unidad de sonda (120), está conectado, de manera articulada, al
- 35 primer dispositivo de soporte (185).
5. Transductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que hay una distancia nominal entre el sistema de imanes (115) y la disposición de bobinas (140) de menos de 8 mm, en particular de menos de 5 mm.
- 40
6. Transductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporciona al menos un dispositivo de mantenimiento de distancia para limitar la desviación mutua de la unidad de magnetización (110) y la unidad de sonda (120) a una distancia mínima finita.
- 45
7. Transductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que, entre la unidad de magnetización (110) y la unidad de sonda (120) está dispuesto un dispositivo de absorción de impactos, en particular, una capa de un material elásticamente flexible.
- 50
8. Transductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los separadores (190) con secciones de soporte (193) están montados en una carcasa de la unidad de magnetización para el soporte directo de los separadores sobre la superficie (161) del objeto de prueba (160), donde los separadores están medidos de tal manera que, cuando los separadores se colocan sobre la superficie del objeto de prueba, queda una distancia finita entre una unidad de sonda (120) desviada al máximo en dirección a la unidad de magnetización y la unidad de magnetización (110).
- 55
9. Transductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disposición de bobinas (140, 300) presenta una pluralidad de bobinas individuales dispuestas de manera adyacente, donde las secciones de línea de bobinas individuales inmediatamente adyacentes se solapan entre sí en una zona de superposición (A).
- 60
10. Transductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disposición de bobinas (140, 300) presenta una pluralidad de bobinas individuales dispuestas de manera adyacente, donde las bobinas individuales inmediatamente adyacentes de la disposición de bobinas están conectadas en antifase.
- 65
11. Transductor según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la disposición de bobinas (300) presenta vías conductoras, que están colocadas en un soporte (302) de un material eléctricamente aislante.

12. Dispositivo de prueba para la prueba ultrasónica de objetos de prueba esencialmente compuestos de un material eléctricamente conductor, **caracterizado por el hecho de que** presenta al menos un transductor electromagnético-acústico según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

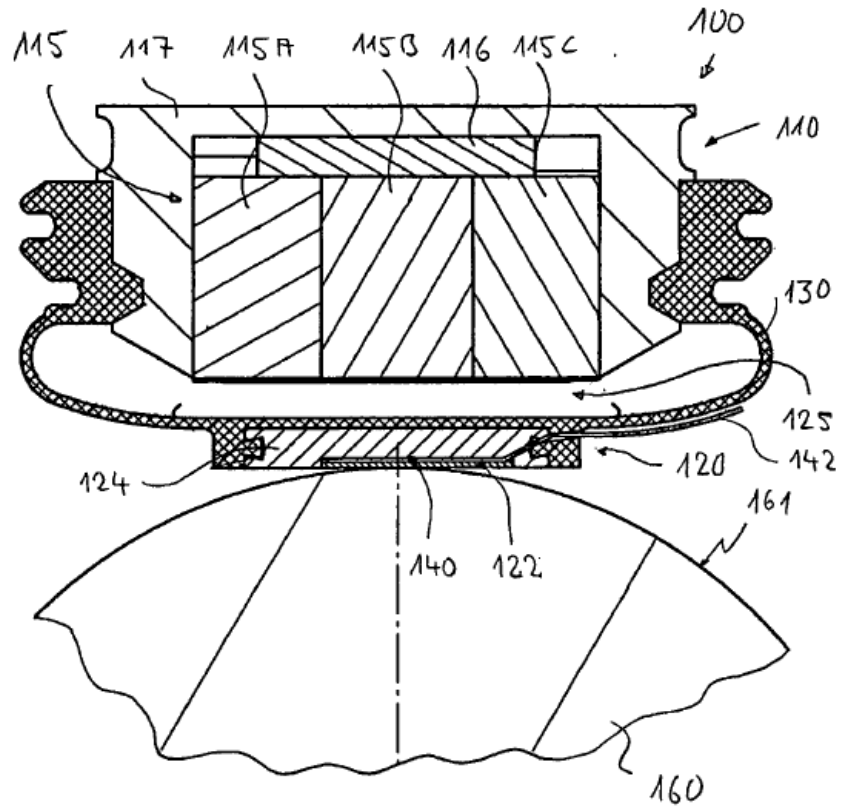


Fig. 1

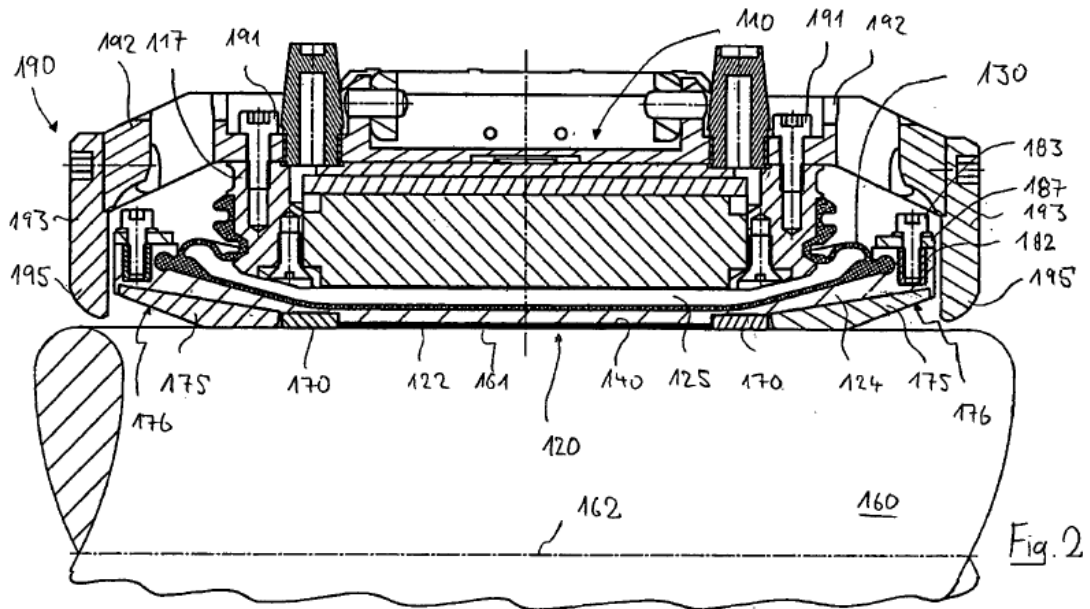


Fig. 3

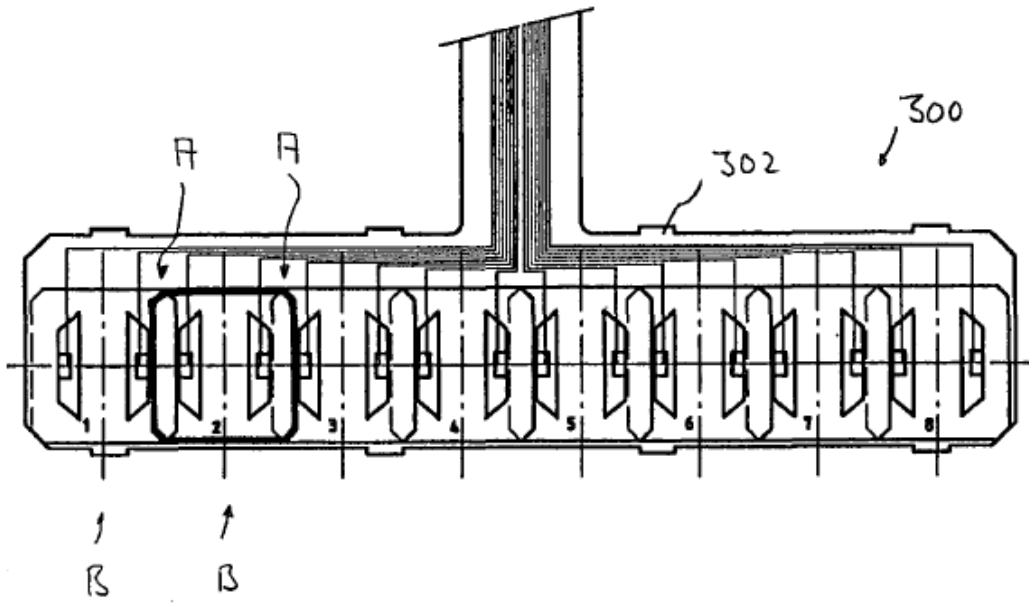


Fig. 4

