

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 924 913**

51 Int. Cl.:

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/22 (2006.01)

G01N 29/24 (2006.01)

G01N 29/07 (2006.01)

G01N 29/32 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.06.2012 PCT/JP2012/064434**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2012 WO12176613**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2012 E 12802866 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.08.2022 EP 2728347**

54 Título: **Método de detección de defectos por ultrasonidos y sonda de matriz ultrasónica**

30 Prioridad:

22.06.2011 JP 2011138535

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
11.10.2022

73 Titular/es:

NIPPON STEEL CORPORATION (100.0%)
6-1, Marunouchi 2-chome Chiyoda-ku
Tokyo 100-8071, JP

72 Inventor/es:

MURAKOSHI HITOSHI

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 924 913 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

Método de detección de defectos por ultrasonidos y sonda de matriz ultrasónica

5 [Campo técnico]

La presente invención se refiere a un método de prueba por ultrasonidos para realizar pruebas de defectos utilizando una sonda de matriz ultrasónica. Más particularmente, la invención se refiere a un método de prueba por ultrasonidos para facilitar la detección de un defecto cerca de la superficie de un objeto de prueba.

10 [Técnica anterior]

Convencionalmente, se ha conocido un método de prueba por ultrasonidos que usa una sonda de matriz ultrasónica en la que unos transductores están dispuestos linealmente para detectar un defecto en una rueda, tal como una rueda de ferrocarril.

15 Desafortunadamente, para un defecto que existe cerca de la superficie de un objeto de prueba, el eco del defecto queda enterrado en el eco de superficie, por lo que la detección del defecto puede ser difícil.

Además, ha habido un método de prueba por ultrasonidos para detectar un defecto cerca de una superficie mediante el control del diámetro del haz ultrasónico de una sonda de matriz ultrasónica, de modo que el diámetro del haz (d) y la longitud de onda en el agua (λ_0) del haz ultrasónico son $1/(d \cdot \lambda_0) \geq 1$ (por ejemplo, consulte la bibliografía de patentes 1) para mejorar la detección de defectos (S/N). Desafortunadamente, también en tal método, para un defecto que existe cerca de una superficie, el eco del defecto queda enterrado en el eco de superficie, de modo que el defecto puede no detectarse suficientemente. La bibliografía de patente 2 está dirigida a un diagnóstico por ultrasonidos que es capaz de cambiar una forma de haz ultrasónico según sea necesario cubriendo una parte de una superficie de transmisión-recepción con la periferia de una abertura.

[Lista de citas]

[Bibliografía de patentes]

30 [Bibliografía de patentes 1] JP2003-4709A
[Bibliografía de patentes 2] JP 11 206764 A

[Sumario de la Invención]

35 [Problema técnico]

La presente invención se ha realizado para resolver los problemas descritos anteriormente con las técnicas anteriores, y un objeto de la misma es proporcionar un método de prueba por ultrasonidos capaz de facilitar la detección de un defecto existente cerca de una superficie de un objeto de prueba.

40 [Solución al problema]

El presente inventor realizó estudios serios y obtuvo el hallazgo de que al instalar un elemento aislante de vibraciones que tiene la configuración que se describe a continuación en la superficie de un transductor, el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie se hace más estrecho, y también que se cambia la intensidad del eco del defecto. A continuación, se explicará este hallazgo.

45 El elemento aislante de vibraciones se instaló sobre la superficie de transductor como se describe a continuación.

El elemento aislante de vibraciones tiene una parte de abertura, y la dimensión del ancho de la parte de abertura (en adelante, denominada también ancho de la parte de abertura) es menor que la dimensión del ancho de la superficie de transductor. El elemento aislante de vibraciones absorbe las vibraciones de la superficie de transductor. Aquí, el ancho de la parte de abertura se refiere al tamaño de la parte de abertura en la dirección perpendicular a la dirección de disposición de los transductores en el estado en el que se ha instalado el elemento aislante de vibraciones sobre la superficie de transductor. Además, el ancho de la superficie de transductor se refiere al tamaño de la superficie de transductor en la dirección perpendicular a la dirección de disposición de los transductores.

55 El elemento aislante de vibraciones se instaló de modo que entrara en contacto con la superficie de transductor de una sonda de matriz ultrasónica (en lo sucesivo, denominada también sonda de matriz).

60 En el estado en el que se ha instalado el elemento aislante de vibraciones, una parte de la superficie de transductor en la dirección de la anchura de la superficie de transductor queda expuesta a través de la parte de abertura. Una parte expuesta por la parte de abertura de la superficie de transductor, como se ha descrito anteriormente, se denomina superficie expuesta. Dado que el ancho de la abertura es más estrecho que el ancho de la superficie de transductor, el ancho de la superficie expuesta es más estrecho que el ancho de la superficie de transductor.

En el estado en el que el elemento aislante de vibraciones se había instalado sobre la superficie de transductor, el elemento aislante de vibraciones absorbía las vibraciones de una región con la que el elemento aislante de vibraciones está en contacto en la superficie de transductor.

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra las distribuciones del tiempo de propagación del eco de superficie en el caso en que el elemento aislante de vibraciones descrito anteriormente se haya instalado en la superficie de transductor y en el caso en que el elemento aislante de vibraciones no se haya instalado en la superficie de transductor. Las abscisas representan el tiempo de propagación y las ordenadas representan la relación del eco de superficie en cada tiempo de propagación.

La distribución del tiempo de propagación del eco de superficie en el caso de que se haya instalado el elemento aislante de vibraciones sobre la superficie de transductor se reduce al lado del tiempo corto en comparación con el caso en el que no se ha instalado el elemento aislante de vibraciones.

La razón principal por la que la distribución del tiempo de propagación del eco de superficie en el caso de que se haya instalado el elemento aislante de vibraciones en la superficie de transductor se reduce al lado del tiempo corto, como se ha descrito anteriormente, en comparación con el caso en el que no se ha instalado el elemento aislante de vibraciones, que se cree que es como se describe a continuación.

Las figuras 2A y 2B son vistas esquemáticas que muestran trayectorias de propagación de ondas ultrasónicas reflejadas por una superficie de un objeto de prueba, que se ven desde la dirección de disposición del transductor. La figura 2A es una vista esquemática que muestra trayectorias de propagación en el caso en que no se ha instalado un elemento aislante de vibraciones en la superficie de transductor, y la figura 2B es una vista esquemática que muestra trayectorias de propagación en el caso en que se ha instalado el elemento aislante de vibraciones en la superficie de transductor.

La longitud de una trayectoria de propagación E a través del cual las ondas ultrasónicas transmitidas desde una superficie de transductor 111 de una sonda de matriz 101 perpendicularmente a una superficie 121 de un objeto de prueba 102 son reflejadas perpendicularmente por la superficie 121 y regresan a la superficie de transductor 111 es la misma en el caso de que no se haya instalado un elemento aislante de vibraciones 103 y en el caso de que se haya instalado el elemento aislante de vibraciones 103.

Sin embargo, como la trayectoria de propagación a través de la cual las ondas ultrasónicas transmitidas desde una superficie de transductor 111 perpendicularmente a la superficie 121 del objeto de prueba 102 son reflejadas por la superficie 121 y regresan a la superficie de transductor 111, por ejemplo, en el caso en que el elemento aislante de vibraciones 103 no se ha instalado, existe una trayectoria de propagación E1 a través de la cual las ondas ultrasónicas transmitidas desde un extremo en la dirección del ancho de la superficie de transductor 111 regresan al otro extremo en la dirección del ancho de la superficie de transductor 111. Esta trayectoria de propagación E1 es más larga que una trayectoria de propagación E2 a través de la cual las ondas ultrasónicas transmitidas desde un extremo en la dirección del ancho de una superficie expuesta 112 regresa al otro extremo en la dirección del ancho de la superficie expuesta 112 en el caso en que se ha instalado el elemento aislante de vibraciones 103.

Por lo tanto, la distribución de la distancia de propagación a través de la cual las ondas ultrasónicas transmitidas desde la superficie de transductor 111 se reflejan en la superficie 121 del objeto de prueba y regresan a la superficie de transductor 111 en el caso de que se haya instalado el elemento aislante de vibraciones 103 se reduce al lado de corta distancia en comparación con el caso en el que no se ha instalado el elemento aislante de vibraciones 103.

Por lo tanto, la distribución del tiempo de propagación en el caso en el que se ha instalado el elemento aislante de vibraciones 103 se reduce al lado del tiempo corto en comparación con el caso en el que no se ha instalado el elemento aislante de vibraciones 103.

En otras palabras, el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie en el caso de que se haya instalado el elemento aislante de vibraciones 103 se vuelve fácilmente más estrecho que en el caso de que no se haya instalado el elemento aislante de vibraciones 103.

A continuación, se explicará el cambio en la intensidad del eco del defecto producido por la instalación del elemento aislante de vibraciones sobre la superficie de transductor.

El presente inventor obtuvo el hallazgo de que la intensidad del eco del defecto cambia dependiendo de la dimensión del ancho de la abertura del elemento aislante de vibraciones, y la intensidad llega a un pico en una cierta dimensión del ancho de la abertura.

Se cree que la razón de esto es como se describe a continuación. La distancia del límite del campo de sonido de corta distancia del transductor, en otras palabras, la distancia desde el transductor a la que la presión del sonido de las ondas ultrasónicas se convierte en cambios máximos dependiendo del diámetro del transductor de tal manera que se expresa por la fórmula conocida públicamente ($X_0 = D^2/4\lambda$, X_0 : distancia límite del campo sonoro de corta distancia, D :

diámetro del transductor, λ : longitud de onda en el medio) en el caso de que el transductor sea un transductor circular. Para la sonda de matriz en la que se instala el elemento aislante de vibraciones, se cree que la distancia límite del campo de sonido de corta distancia cambia según el ancho de la superficie expuesta que contribuye a las vibraciones en la superficie de transductor, es decir, la dimensión del ancho de la abertura. Por lo tanto, se cree que la intensidad del eco del defecto llega a su punto máximo cuando la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta un defecto en el objeto de prueba y la distancia límite del campo de sonido de corta distancia en la dimensión del ancho de la abertura del elemento aislante de vibraciones instalado están de acuerdo entre sí.

El presente inventor obtuvo el hallazgo de que al instalar el elemento aislante de vibraciones que tiene la parte de abertura cuyo ancho es más estrecho que el ancho de la superficie de transductor para estar en contacto con la superficie de transductor como se describió anteriormente, se absorben las vibraciones de una región con la que el elemento aislante de vibraciones está en contacto en la superficie de transductor, y al estrechar la región vibratoria a la superficie expuesta que tiene un ancho más estrecho que el ancho de la superficie de transductor, se hace más estrecho el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie que el intervalo en el caso de que no se haya instalado el elemento aislante de vibraciones. Además, el presente inventor obtuvo el hallazgo de que la intensidad del eco del defecto cambia dependiendo de la dimensión del ancho de la abertura del elemento aislante de vibraciones, y la intensidad llega a un pico en una determinada dimensión del ancho de la abertura.

Teniendo en cuenta tanto el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie en el caso de que se haya instalado el elemento aislante de vibraciones como la intensidad del eco del defecto, la dimensión del ancho de la abertura del elemento aislante de vibraciones en el que se detecta fácilmente un defecto se determina de antemano de acuerdo con la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta un defecto objetivo. En la prueba por ultrasonidos, la prueba por ultrasonidos se realiza instalando el elemento aislante de vibraciones que tiene una dimensión de ancho de abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo en la superficie de transductor. A partir de este hecho, el presente inventor descubrió que incluso para un defecto cerca de la superficie, el eco del defecto es menos propenso a quedar oculto en el eco de superficie, y el defecto puede detectarse fácilmente.

La presente invención se ha llevado a cabo basándose en el descubrimiento anterior de los presentes inventores. Es decir, con el fin de resolver los problemas descritos anteriormente, la presente invención es como se describe en las reivindicaciones adjuntas.

De acuerdo con la presente invención, al instalar el elemento aislante de vibraciones que tiene la parte de abertura cuyo ancho es más estrecho que el ancho de la superficie de transductor, se absorben las vibraciones de la región que está en contacto con el elemento aislante de vibraciones en la superficie de transductor, y la región vibratoria se reduce a la superficie expuesta que tiene un ancho más estrecho que el ancho de la superficie de transductor. Es decir, mediante el elemento aislante de vibraciones, el ancho de la región vibratoria se estrecha desde el ancho de la superficie de transductor hasta el ancho de la superficie expuesta. Dado que el ancho de la superficie expuesta es más estrecho que el ancho de la superficie de transductor, el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie se vuelve más estrecho que en el caso de que no se haya instalado el elemento aislante de vibraciones.

La dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo se determina de antemano, y cuando se realiza la prueba por ultrasonidos, la prueba por ultrasonidos se realiza instalando el elemento aislante de vibraciones que tiene una dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba al defecto objetivo.

Cuando se determina la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo, para facilitar la detección del defecto objetivo, la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo se determina en consideración tanto del intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie como de la intensidad del eco del defecto. Por lo tanto, incluso para un defecto cerca de la superficie, el eco del defecto es menos propenso a quedar oculto en el eco de superficie, y el defecto se puede detectar fácilmente.

Para determinar la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo para facilitar la detección del defecto objetivo, por ejemplo, solo tiene que llevarse a cabo el siguiente procedimiento.

Se preparan un espécimen provisto de una pluralidad de defectos artificiales, cada uno de los cuales tiene una distancia diferente de la superficie de un espécimen y una pluralidad de elementos aislantes de vibraciones, cada uno con una dimensión de ancho de abertura diferente, la prueba por ultrasonidos se realiza cambiando la pluralidad de elementos aislantes de vibraciones, teniendo cada uno una dimensión de ancho de abertura diferente para defectos artificiales individuales, y se examinan el intervalo de distancia desde la superficie de la muestra en la que aparece el eco de superficie y la intensidad del eco del defecto del defecto artificial. Por lo tanto, se obtienen juntos el intervalo de distancia desde la superficie del espécimen en el que aparece el eco de superficie y los datos sobre la intensidad

del eco del defecto del defecto artificial, para cada distancia desde la superficie del espécimen hasta un defecto artificial y para cada dimensión del ancho de la abertura del elemento aislante de vibraciones.

Según el intervalo de distancia desde la superficie del espécimen en la que aparece el eco de superficie y la intensidad del eco del defecto del defecto artificial, la dimensión del ancho de la abertura en la que se detecta fácilmente un defecto se determina para cada distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo. En otras palabras, se determina la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo. Para determinar la dimensión del ancho de la abertura, por ejemplo, en el caso donde la posición del defecto objetivo está cerca de la superficie del objeto de prueba, la dimensión del ancho de la abertura es tal que solo debe determinarse el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie se convierte en aproximadamente el más estrecho, y en el caso donde la posición del defecto objetivo está lejos de la superficie del objeto de prueba, solo debe determinarse la dimensión del ancho de la abertura tal que la intensidad del eco del defecto del defecto objetivo se vuelve aproximadamente la más alta.

Además, para determinar la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo, la dimensión del ancho de la abertura puede determinarse de modo que el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie sea aproximadamente el más estrecho en toda la distancia, o la dimensión del ancho de la abertura puede determinarse de modo que la intensidad del eco del defecto del defecto objetivo sea aproximadamente la más alta.

Por lo tanto, al realizar pruebas por ultrasonidos instalando el elemento aislante de vibraciones que tiene la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo en la superficie de transductor, incluso para un defecto cerca de la superficie, el eco del defecto se hace menos propenso a ser enterrado en el eco de superficie, y el defecto se puede detectar fácilmente.

Además, dado que el elemento aislante de vibraciones se puede separar de la superficie de transductor, el elemento aislante de vibraciones puede intercambiarse. Por lo tanto, incluso en el caso de que las distancias desde la superficie del objeto de prueba a la pluralidad de defectos objetivo sean diferentes, el elemento aislante de vibraciones que tiene la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba a cada defecto objetivo se selecciona y se instala en el cuerpo de la sonda de matriz, por lo que se puede detectar un defecto utilizando una sola sonda de matriz.

[Efecto ventajoso de la Invención]

De acuerdo con la presente invención, un defecto cerca de la superficie del objeto de prueba se puede detectar fácilmente.

[Breve descripción de los dibujos]

La figura 1 es un diagrama esquemático que muestra las distribuciones del tiempo de propagación del eco de superficie en el caso de que se haya instalado un elemento aislante de vibraciones en la superficie de transductor y en el caso de que el elemento aislante de vibraciones no se haya instalado en la superficie de transductor.

Las figuras 2A y 2B son vistas esquemáticas que muestran las trayectorias de propagación de ondas ultrasónicas reflejadas por una superficie de un objeto de prueba, que se ven desde la dirección de disposición del transductor. La figura 2A es una vista esquemática que muestra las trayectorias de propagación en el caso en que no se ha instalado un elemento aislante de vibraciones en la superficie de transductor, y la figura 2B es una vista esquemática que muestra las trayectorias de propagación en el caso en que se ha instalado el elemento aislante de vibraciones en la superficie de transductor.

La figura 3 es un diagrama de configuración para explicar un ejemplo de un aparato de prueba por ultrasonidos utilizado para el método de prueba por ultrasonidos de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las figuras 4A a 4D son vistas que muestran la configuración de una sonda de matriz. La figura 4A es una vista en perspectiva de la sonda de matriz, la figura 4B es una vista en perspectiva detallada de la sonda de matriz, la figura 4C es una vista frontal de la sonda de matriz, que se ve desde la dirección normal de una superficie de transductor de la sonda de matriz, y la figura 4D es una vista en planta de la sonda de matriz.

La figura 5 es un diagrama que muestra un alcance A en el momento en que se realiza la prueba por ultrasonidos en un objeto de prueba provisto de un defecto artificial.

La figura 6 es una vista en perspectiva en despiece de una sonda de matriz que utiliza dos elementos aislantes de vibraciones en columna.

La figura 7 es una vista de la construcción de un espécimen de prueba escalonada de Fe.

La figura 8 es un diagrama para explicar un método para evaluar la intensidad del eco de defecto y un método para evaluar el intervalo de distancia desde la superficie de un objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie.

Las figuras 9A y 9B son una tabla de datos y un gráfico que muestran la intensidad del eco del defecto en el momento en que se cambia el ancho de la abertura. La figura 9A es una tabla de datos con una sensibilidad del 80 % y la figura 9B es un gráfico con una sensibilidad del 80 %.

Las figuras 10A y 10B son una tabla de datos y un gráfico que muestran el intervalo de distancia en el que aparece el eco de superficie en el momento en que se cambia el ancho de la abertura. La figura 10A es una tabla de datos de la distancia de eco del 20 %S, y la figura 10B es un gráfico de la distancia de eco del 20 %S.

5 [Descripción de una realización]

El método de prueba por ultrasonidos de acuerdo con una realización de la presente invención se describirá ahora con referencia a los dibujos adjuntos, según corresponda.

10 La figura 3 es un diagrama de configuración para explicar un ejemplo de un aparato de prueba por ultrasonidos utilizado para el método de prueba por ultrasonidos de acuerdo con esta realización.

Un aparato de prueba por ultrasonidos 1 está provisto de una sonda de matriz ultrasónica (en lo sucesivo, también denominada sonda de matriz) 3 para probar una rueda 2. La sonda de matriz 3 está dispuesta de manera que está frente a una porción probada de la rueda 2.

15 Además, el aparato de prueba por ultrasonidos 1 está provisto de un detector de defectos de matriz 11 que realiza funciones de transmisión de una señal de control de transmisión/recepción a la sonda de matriz 3, amplificando la señal recibida desde la sonda de matriz 3 y similares; un ordenador personal 12 que realiza funciones de establecimiento de varios parámetros para el detector de defectos de matriz 11, preparación de imágenes de un alcance A, un alcance B y similares al recibir una señal del detector de defectos de matriz 11 y similares; un panel de control 14 para dar una señal de rotación y similares a una sección de accionamiento giratoria 13, que se describe más adelante; la sección de accionamiento giratorio 13 para girar la rueda 2 para realizar pruebas en toda la circunferencia de la rueda 2; y un tanque 15 para sumergir la rueda 2 y la sonda de matriz 3 en agua.

25 Las figuras 4A a 4D son vistas que muestran la configuración de la sonda de matriz 3. La figura 4A es una vista en perspectiva de la sonda de matriz 3, la figura 4B es una vista en perspectiva en despiece de la sonda de matriz 3, la figura 4C es una vista frontal de la sonda de matriz 3, que se ve desde la dirección normal de una superficie de transductor de la sonda de matriz 3, y la figura 4D es una vista en planta de la sonda de matriz 3.

30 La sonda de matriz 3 está provista de un cuerpo de sonda de matriz ultrasónica (en adelante, denominado también cuerpo de sonda de matriz) 32 que tiene una pluralidad de transductores 31 dispuestos linealmente. La superficie del cuerpo de sonda de matriz 32 para transmitir ondas ultrasónicas desde los transductores 31 se denomina superficie de transductor 33.

35 La sonda de matriz 3 está provista de un elemento aislante de vibraciones 4 que se instala en la superficie de transductor 33 para absorber las vibraciones de la superficie de transductor 33, y un marco de instalación 5 para instalar el elemento aislante de vibraciones 4.

40 El material del elemento aislante de vibraciones 4 es, por ejemplo, caucho, resina o corcho; sin embargo, puede ser cualquier material que absorba las vibraciones de la superficie de transductor 33.

45 El elemento aislante de vibraciones 4 tiene una parte de abertura 41, y la dimensión del ancho de la parte de abertura 41 es menor que la dimensión del ancho de la superficie de transductor 33. La parte de abertura 41 tiene una forma rectangular que se extiende en la dirección de disposición de los transductores 31. El ancho de la parte de abertura 41 se refiere al tamaño de la parte de abertura 41 en la dirección perpendicular a la dirección de disposición de los transductores 31 en el estado en el que el elemento aislante de vibraciones 4 se ha instalado sobre la superficie de transductor 33. Además, el ancho de la superficie de transductor 33 se refiere al tamaño de la superficie de transductor en la dirección perpendicular a la dirección de disposición de los transductores 31.

50 El elemento aislante de vibraciones 4 se instala utilizando el marco de instalación 5 para estar en contacto con la superficie de transductor 33.

55 En el estado en el que se ha instalado el elemento aislante de vibraciones 4, una parte de la superficie de transductor en la dirección del ancho de la superficie de transductor 33 queda expuesta a través de la parte de abertura 41. Una parte expuesta por la parte de abertura 41 de la superficie de transductor como se ha descrito anteriormente se denomina superficie expuesta 34. Dado que el ancho de la parte de abertura 41 es más estrecho que el ancho de la superficie de transductor, el ancho de la superficie expuesta 34 es más estrecho que el ancho de la superficie de transductor.

60 En el estado de haber sido instalado sobre la superficie de transductor 33, el elemento aislante de vibraciones 4 absorbe las vibraciones de la región con la que el elemento aislante de vibraciones 4 está en contacto en la superficie de transductor 33.

65 El marco de instalación 5 está provisto de partes de fijación 51 para fijar el elemento aislante de vibraciones 4 a la superficie de transductor 33, y partes de superficie lateral 52 que topan contra las superficies laterales del cuerpo de la sonda de matriz 32, siendo las superficies laterales perpendiculares a la dirección de disposición del transductor, y

en cada una de las partes de superficie lateral 52, se proporciona un orificio roscado 53 que penetra en la parte de superficie lateral 52.

Para instalar el elemento aislante de vibraciones 4 en la superficie de transductor 33, el elemento aislante de vibraciones 4 se dispone de modo que esté en contacto con la superficie de transductor 33, y el elemento aislante de vibraciones 4 se fija a la superficie de transductor 33 mediante las partes de fijación 51 del marco de instalación 5. Luego, los tornillos 54 se atornillan en los orificios roscados 53 para montar el marco de instalación 5.

Por lo tanto, el elemento aislante de vibraciones 4 se instala de forma desmontable sobre la superficie de transductor 33.

El método de prueba por ultrasonidos se lleva a cabo como se describe a continuación.

El elemento aislante de vibraciones 4 que tiene la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo se instala en la superficie de transductor 33 del cuerpo de la sonda de matriz 32 utilizando el marco de instalación 5.

Luego, la sonda de matriz 3 se coloca de modo que la superficie de transductor 33 esté orientada hacia la parte probada de la rueda 2, y el agua, que sirve como medio de acoplamiento, se coloca en el tanque 15 para que la rueda 2 y la sonda de matriz 3 estén inmersos. Como medio de acoplamiento, también se puede usar aceite o similar. Desde el ordenador personal 12, las condiciones de prueba, tal como la intensidad de las ondas ultrasónicas transmitidas desde la sonda de matriz 3 y la velocidad de exploración, se transmiten al detector de defectos de matriz 11, y las condiciones de prueba se convierten en la señal de control de transmisión/recepción mediante el detector de defectos de matriz 11 y se transmiten a la sonda de matriz 3. La sonda de matriz 3 transmite ondas ultrasónicas a la parte probada de la rueda 2, recibe el eco de reflexión y transmite la señal correspondiente al eco de reflexión recibido al detector de defectos de matriz 11. El detector de defectos de matriz 11 amplifica la señal recibida desde la sonda de matriz 3 y la transmite al ordenador personal 12. El ordenador personal 12 muestra la imagen del alcance A, el alcance B o similar. Además, se transmite una señal de rotación desde el ordenador personal 12 a la sección de accionamiento giratoria 13 a través del panel de control 14, por lo que la rueda 2 gira, de modo que se puede probar la circunferencia completa de la rueda 2. Haciendo esto, se puede llevar a cabo la detección de defectos de la rueda 2. Por lo tanto, el método de prueba por ultrasonidos incluye una etapa de realizar la prueba por ultrasonidos instalando el elemento aislante de vibraciones 4 que tiene la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo en la superficie de transductor 33 del cuerpo de la sonda de matriz 32 e irradiando ondas ultrasónicas desde la superficie de transductor 33 sobre la superficie del objeto de prueba.

La transmisión y la recepción de ondas ultrasónicas desde la sonda de matriz 3 se logran, por ejemplo, mediante una exploración lineal o una exploración dirigida. La exploración lineal es un método en el que algunos transductores 31 que constituyen la sonda de matriz 3 se convierten en una unidad de transmisión; cuando las ondas ultrasónicas se transmiten en la unidad de transmisión, las ondas ultrasónicas se transmiten de modo que las ondas ultrasónicas enviadas desde cada transductor 31 estén en paralelo entre sí, o para que las ondas ultrasónicas enviadas desde cada transductor 31 se concentren en un punto por cambiar el tiempo de transmisión de cada transductor 31; y en este estado, las ondas ultrasónicas se escanean en paralelo controlando la sonda de matriz 3 usando la señal de control de transmisión/recepción enviada desde el detector de defectos de matriz 4 para que la unidad de transmisión se desplace sucesivamente a lo largo de la dirección de disposición del transductor 31. La exploración dirigida es un método en el que algunos transductores 31 que constituyen la sonda de matriz 3 se convierten en una unidad de transmisión; cuando las ondas ultrasónicas se transmiten en la unidad de transmisión, las ondas ultrasónicas se transmiten de modo que las ondas ultrasónicas enviadas desde cada transductor 31 estén en paralelo entre sí, o para que las ondas ultrasónicas enviadas desde cada transductor 31 se concentren en un punto cambiando el tiempo de transmisión de cada transductor 31; y en este estado, la exploración se realiza cambiando el ángulo de salida.

A continuación, se explicará la instalación del elemento aislante de vibraciones 4 sobre la superficie de transductor 33, que es una característica de esta realización.

La figura 5 es un diagrama que muestra un alcance A en el momento en que se realiza la prueba por ultrasonidos en un objeto de prueba provisto de un defecto artificial. Las abscisas representan el tiempo de propagación de las ondas ultrasónicas, mostrando la distancia desde la superficie del objeto de prueba, y las ordenadas representan la intensidad del eco.

El objeto de prueba para el que se ha recogido este alcance A está provisto de un defecto artificial formado perpendicularmente hacia la superficie incidente por la que entran ondas ultrasónicas desde la superficie en el lado opuesto de la superficie incidente. El eco del defecto del extremo frontal del defecto artificial se detecta por el alcance A. Además, en el alcance A, aparecen el eco de superficie de la superficie incidente y el eco de forma de la superficie en el lado opuesto de la superficie incidente.

El eco de superficie aparece desde la posición de la superficie del objeto de prueba y disminuye a medida que aumenta la distancia desde la superficie del objeto de prueba. En el caso de que haya un defecto cerca de la superficie del

objeto de prueba y la intensidad del eco del defecto sea baja, el eco del defecto quedará oculto en el eco de superficie y el defecto no podrá detectarse.

Por lo tanto, es deseable que el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie sea lo más estrecho posible, y es deseable que aparezca el eco del defecto para que su intensidad sea lo más alta posible.

En esta realización, al instalar el elemento aislante de vibraciones 4 en la superficie de transductor 33 para disminuir la dimensión del ancho de la superficie expuesta 34, el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie se estrecha, y al cambiar la intensidad del eco del defecto, un defecto se hace fácil de detectar.

Específicamente, la dimensión del ancho de la abertura del elemento aislante de vibraciones en el que se detecta fácilmente un defecto se determina de antemano de acuerdo con la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo, y cuando se realiza la prueba por ultrasonidos, la prueba por ultrasonidos se realiza instalando el elemento aislante de vibraciones que tiene una dimensión de ancho de abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo.

En el caso en que la dimensión del ancho de la abertura corresponda a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo, si la dimensión del ancho de la abertura se determina de acuerdo con la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo considerando tanto el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en la que aparece el eco de superficie y la intensidad del eco del defecto para que el defecto objetivo se pueda detectar fácilmente, incluso para un defecto cerca de la superficie, es menos probable que el eco del defecto quede enterrado en el eco de superficie, y el defecto pueda detectarse fácilmente.

Para determinar la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo para que el defecto objetivo pueda detectarse fácilmente, por ejemplo, solo tiene que llevarse a cabo el siguiente procedimiento.

Se prepara un espécimen provisto de una pluralidad de defectos artificiales, cada uno de los cuales tiene una distancia diferente de la superficie del espécimen y una pluralidad de elementos aislantes de vibraciones 4, cada uno con una dimensión de ancho de abertura diferente, la prueba por ultrasonidos se realiza cambiando cada uno de la pluralidad de elementos aislantes de vibraciones 4 que tienen una dimensión de ancho de abertura diferente para defectos artificiales individuales, y se examina el intervalo de distancia desde la superficie de la muestra en la que aparece el eco de superficie y la intensidad del eco de defecto del defecto artificial. Por lo tanto, el intervalo de distancia desde la superficie del espécimen en el que aparece el eco de superficie y los datos sobre la intensidad del eco del defecto del defecto artificial, para cada distancia desde la superficie del espécimen hasta un defecto artificial y para cada dimensión del ancho de la abertura del elemento aislante de vibraciones, se juntan.

Según el intervalo de distancia desde la superficie del espécimen en la que aparece el eco de superficie y la intensidad del eco del defecto del defecto artificial, la dimensión del ancho de la abertura en la que se detecta fácilmente un defecto se determina para cada distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo. En otras palabras, se determina la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo. Para determinar la dimensión del ancho de la abertura, por ejemplo, en el caso de que la posición del defecto objetivo esté cerca de la superficie del objeto de prueba, solo debe determinarse la dimensión del ancho de la abertura de tal manera que el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie se convierte en aproximadamente el más estrecho, y en el caso donde la posición del defecto objetivo está lejos de la superficie del objeto de prueba, solo debe determinarse la dimensión del ancho de la abertura tal que la intensidad del eco del defecto del defecto objetivo se vuelve aproximadamente la más alta.

Además, para determinar la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo, la dimensión del ancho de la abertura puede determinarse de modo que el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie sea aproximadamente el más estrecho en toda la distancia, o la dimensión del ancho de la abertura puede determinarse de modo que la intensidad del eco del defecto del defecto objetivo sea aproximadamente la más alta.

Por lo tanto, al realizar pruebas por ultrasonidos mediante la instalación del elemento aislante de vibraciones 4 que tiene la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo en la superficie de transductor, incluso para un defecto cerca de la superficie, el eco del defecto se hace menos factible para ser enterrado en el eco de superficie, y el defecto se puede detectar fácilmente.

En particular, este procedimiento es eficaz para detectar un defecto tal que la distancia desde la superficie del objeto de prueba esté dentro de 40 mm, y además esta distancia esté dentro de 10 mm.

Además, dado que el elemento aislante de vibraciones se puede separar de la superficie de transductor, el elemento aislante de vibraciones puede intercambiarse. Por lo tanto, incluso en el caso de que las distancias desde la superficie del objeto de prueba a la pluralidad de defectos objetivo sean diferentes, el elemento aislante de vibraciones que tiene la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba a cada defecto objetivo se selecciona e instala en el cuerpo de la sonda de matriz, por lo que se puede detectar un defecto utilizando una sola sonda de matriz.

En la realización descrita anteriormente, la forma de la parte de abertura 41 se ha hecho rectangular; sin embargo, la forma de la parte de abertura 41 no se limita a una forma rectangular, y puede ser, por ejemplo, una forma ovalada o una forma trapezoidal.

Además, la forma del elemento aislante de vibraciones 4 no se limita a la forma descrita anteriormente, y puede tener cualquier forma tal que la dimensión del ancho de la superficie expuesta 34 sea pequeña.

Por ejemplo, se pueden utilizar dos elementos aislantes de vibraciones en columna que se extienden en la dirección de disposición de los transductores 31.

La figura 6 es una vista en perspectiva en despiece de una sonda de matriz 3 que utiliza dos elementos aislantes de vibraciones en columna.

Los dos elementos aislantes de vibraciones en columna 4a están dispuestos en ambos extremos en la dirección del ancho de la superficie de transductor 33, y están instalados por el marco de instalación 5. El ancho de la superficie expuesta 34 en este caso es la distancia entre los dos elementos aislantes de vibraciones 4a.

Incluso en el caso de que se instalen dichos dos elementos aislantes de vibraciones en columna 4a, se puede lograr el mismo efecto que en el caso de que se instale el elemento aislante de vibraciones 4 que tiene la parte de abertura 41.

Ejemplo de trabajo

A continuación, se explicará un ejemplo de trabajo del método de prueba por ultrasonidos.

La prueba por ultrasonidos se realizó utilizando el aparato de prueba por ultrasonidos 1 igual que el que se muestra en la figura 3 y montando un objeto de prueba para probar en lugar de la rueda 2.

En la prueba, se utilizó el cuerpo de sonda de matriz 32 en el que ciento veintiocho transductores 31, cada uno con una longitud en la dirección de disposición de 0,85 mm, se dispusieron linealmente con un paso de 1 mm, y el ancho de la superficie de transductor 33 fue de 12,5 mm. La frecuencia de oscilación del transductor 31 fue de 5 MHz.

Se prepararon siete elementos aislantes de vibraciones 4 hechos de espuma de goma, cada uno con un ancho de abertura de 4,5 mm, 6 mm, 7 mm, 8 mm, 9 mm, 10 mm y 11 mm, respectivamente, y se realizaron pruebas ultrasónicas instalando cada uno de estos elementos aislantes de vibraciones 4 sucesivamente e intercambiados sobre la superficie de transductor 33 del cuerpo de la sonda de matriz 32 utilizando el marco de instalación 5. El espesor del elemento aislante de vibraciones 4 se fijó en 2 mm, y la longitud en la dirección de disposición del transductor de la parte de abertura 41 se hizo más larga que la longitud de disposición de los transductores 31 dispuestos.

La prueba por ultrasonidos se realizó mediante un escaneo lineal con una unidad de oscilación 16.

Como detector de defectos de matriz 11, se usó un detector de defectos ultrasónico de matriz en fase portátil "PAL2" fabricado por Japan Clout Kramer Co. Ltd.

Como objeto de prueba, se utilizó un espécimen de prueba escalonada de Fe.

La figura 7 es una vista de la construcción del espécimen de prueba escalonada de Fe.

En el espécimen de prueba escalonada de Fe, se formaron defectos artificiales, cada uno de los cuales constaba de un orificio de fondo plano de 1,19 mm de diámetro, perpendicularmente hacia la superficie incidente a la que ingresan ondas ultrasónicas desde las superficies en el lado opuesto de la superficie incidente. La distancia desde la superficie incidente hasta el extremo frontal de cada defecto artificial se hizo en cuatro etapas de 5 mm, 10 mm, 15 mm y 20 mm.

La figura 8 es un diagrama para explicar un método para evaluar la intensidad del eco del defecto y un método para evaluar el intervalo de distancia desde la superficie de un objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie.

La intensidad del eco del defecto se evaluó como se describe a continuación: la sensibilidad del detector de defectos de matriz 11 se controló de modo que la intensidad máxima del eco del defecto fuera el 80 % de la escala completa de la intensidad en el alcance A, y la evaluación se realizó por la sensibilidad (dB) en ese momento (en lo sucesivo,

esta sensibilidad se denominará sensibilidad del 80 %). Se muestra que a medida que disminuye el valor del 80 % de la sensibilidad, la intensidad máxima del eco del defecto aparece en gran medida.

5 El intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie se evaluó por la distancia desde la superficie del objeto de prueba en el momento en que la intensidad del eco de superficie en el momento en que la sensibilidad del detector de defectos de matriz 11 se controló al 80 % de la sensibilidad que se redujo al 20 % de la escala completa de la intensidad en el alcance A (en lo sucesivo, denominada distancia de eco 20 %S).

10 En este ejemplo de trabajo, el intervalo de distancia desde la superficie del objeto de prueba en el que aparece el eco de superficie se evaluó controlando la sensibilidad del detector de defectos de matriz al 80 % de sensibilidad; sin embargo, la evaluación se puede realizar haciendo que la sensibilidad del detector de defectos de la matriz sea la misma.

15 Las figuras 9A y 9B son una tabla de datos y un gráfico que muestra la intensidad del eco del defecto en el momento en que se cambia el ancho de la abertura. La figura 9A es una tabla de datos con una sensibilidad del 80 % y la figura 9B es un gráfico con una sensibilidad del 80 %. En la figura 9B, las abscisas representan el ancho de la abertura y las ordenadas representan el 80 % de sensibilidad. Los datos en el caso en que la dimensión del ancho de la abertura sea de 12,5 mm son los datos en el momento en que se realizó la prueba por ultrasonidos sin la instalación del elemento aislante de vibraciones 4.

En cada uno de los datos en los que la distancia desde la superficie del objeto de prueba a un defecto es diferente, el valor de sensibilidad del 80 % cambia según la dimensión del ancho de la abertura y tiene un pico.

25 Las figuras 10A y 10B son una tabla de datos y un gráfico que muestra el intervalo de distancia en el que aparece el eco de superficie en el momento en que se cambia el ancho de la abertura. La figura 10A es una tabla de datos de la distancia de eco del 20 %S, y la Figura 10B es un gráfico de la distancia de eco del 20 %S. En la figura 10B, las abscisas representan el ancho de la abertura y las ordenadas representan la profundidad del eco del 20 %S.

30 En el caso de que el valor del 80 % de sensibilidad sea del mismo grado, la distancia del eco del 20 %S tiende a ser más corta a medida que disminuye la dimensión del ancho de la abertura.

En base a los datos descritos anteriormente, la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo se determinó como se describe a continuación.

35 En el caso de que la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo fuera de 10 mm o menos, la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo se convirtió en una dimensión del ancho de la abertura tal que el 20 %S de la distancia del eco era aproximadamente mínima, y en el caso de que la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo excediera los 10 mm, la dimensión del ancho de abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo se convirtió en una dimensión del ancho de la abertura tal que la intensidad máxima del eco del defecto estaba aproximadamente en un máximo, es decir, la sensibilidad del 80 % estaba aproximadamente en un mínimo.

45 A partir de los resultados de la prueba descritos anteriormente, la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo se fijó en 6 mm en el caso de que la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo fuera de 5 mm, se fijó en 6 mm en el caso en que la distancia desde la superficie del objeto de prueba al defecto objetivo era de 10 mm, se fijó en 8 mm en el caso en que la distancia desde la superficie del objeto de prueba al defecto objetivo era de 15 mm, y se fijó a 10 mm en el caso de que la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo fuera de 20 mm.

La prueba por ultrasonidos se realizó instalando el elemento aislante de vibraciones 4 que tiene la dimensión de la anchura de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo en la superficie de transductor.

55 Al instalar el elemento aislante de vibraciones 4 que tiene la dimensión del ancho de la abertura correspondiente a la distancia desde la superficie del objeto de prueba hasta el defecto objetivo en la superficie de transductor, el eco del defecto del defecto artificial no quedó oculto en el eco de superficie, y el defecto artificial pudo detectarse fácilmente. Por lo tanto, se puede anticipar que incluso en la prueba por ultrasonidos de un defecto natural, incluso para un defecto cerca de la superficie, el eco del defecto se hace menos propenso a quedar enterrado en el eco de superficie, y el defecto se puede detectar fácilmente.

[Listado de signos de referencia]

65 3 sonda de matriz
31 transductor
32 cuerpo de sonda de matriz

| | |
|----|----------------------------------|
| 33 | superficie de transductor |
| 4 | elemento aislante de vibraciones |
| 41 | parte de abertura |

REIVINDICACIONES

1. Un método de prueba por ultrasonidos que comprende una etapa de realizar una prueba por ultrasonidos mediante

- 5 instalar de forma desmontable un elemento aislante de vibraciones (4), que tiene una parte de abertura (41) cuyo ancho es más estrecho que el ancho de una superficie de transductor (33) de un cuerpo de sonda de matriz ultrasónica (32) que tiene transductores (31) dispuestos linealmente, y que absorbe las vibraciones de la superficie de transductor, sobre la superficie de transductor de manera que una parte de la superficie de transductor (33) en la dirección del ancho de la superficie de transductor queda expuesta a través de la parte
10 de abertura y una parte no expuesta de la superficie de transductor está en contacto con el elemento aislante de vibraciones, y mediante irradiar ondas ultrasónicas desde la superficie de transductor a la superficie de un objeto de prueba, en el que la dimensión del ancho de la parte de abertura (41) se determina de antemano de acuerdo con la distancia desde una superficie del objeto de prueba hasta un defecto objetivo colocado cerca de la superficie del objeto de prueba,
15 determinar la dimensión del ancho de la parte de abertura (41) comprende:

proporcionar un espécimen con una pluralidad de defectos artificiales, cada uno de los cuales tiene una distancia diferente desde la superficie del espécimen;
20 preparar una pluralidad de elementos aislantes de vibraciones, cada uno de los cuales tiene una dimensión de ancho de abertura diferente;
realizar pruebas por ultrasonidos cambiando la pluralidad de elementos aislantes de vibraciones, cada uno de los cuales tiene una dimensión de ancho de abertura diferente para defectos artificiales individuales;
25 examinar un intervalo de distancia desde la superficie del espécimen en la que aparece un eco de superficie, y examinar la intensidad del eco del defecto del defecto artificial respectivo, en el que el intervalo de distancia desde la superficie del espécimen en el que aparece el eco de superficie y los datos sobre la intensidad del eco del defecto del defecto artificial, para cada distancia desde la superficie del espécimen hasta el defecto artificial y para cada dimensión del ancho de la abertura del elemento
30 aislante de vibraciones, se juntan; y determinar la dimensión del ancho de la abertura en la que se detecta fácilmente un defecto en función del intervalo de distancia desde la superficie del espécimen en la que aparece el eco de superficie y de la intensidad del eco del defecto.
- 35 2. El método de prueba por ultrasonidos según la reivindicación 1, en el que la distancia del defecto desde la superficie del objeto de prueba está dentro de 40 mm.
3. El método de prueba por ultrasonidos según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la forma de la parte de abertura (41) es rectangular, ovalada o trapezoidal.
- 40 4. El método de prueba por ultrasonidos según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que se utilizan dos elementos aislantes de vibraciones (4) en forma de columna que se extienden en una dirección de disposición de los transductores (31).

Figura 1

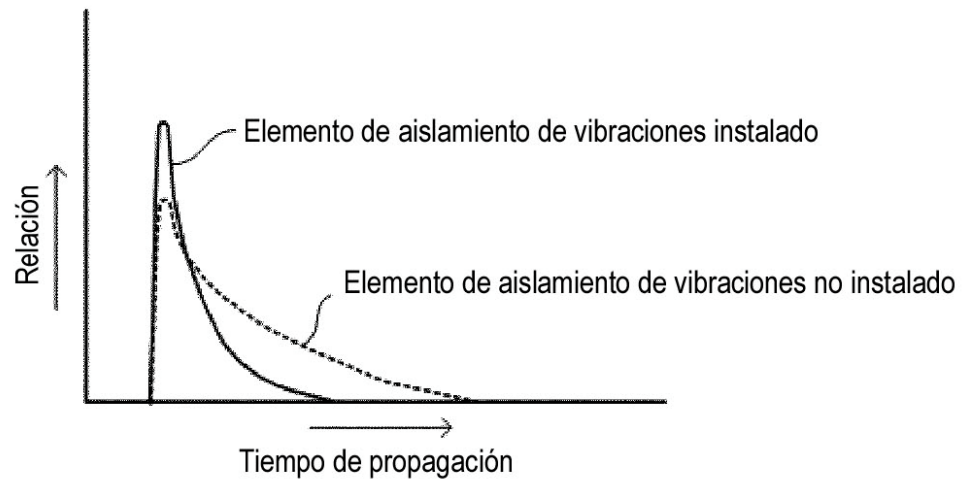


Figura 2A

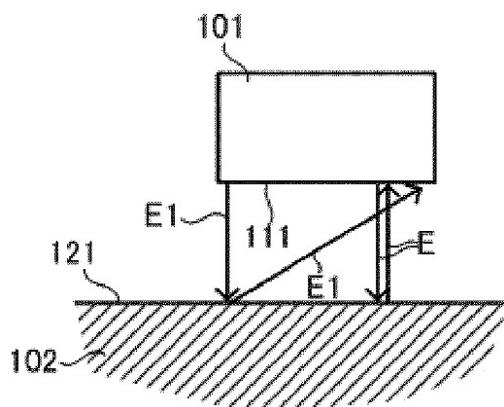


Figura 2B

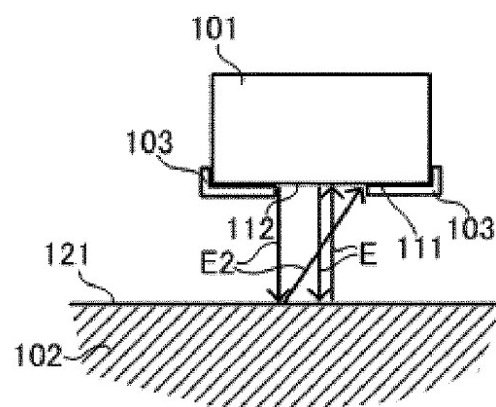


Figura 3

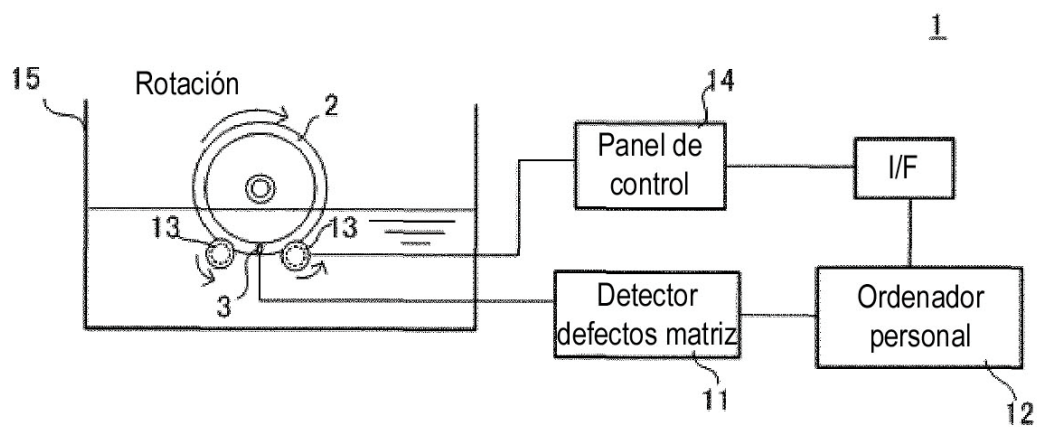


Figura 4A

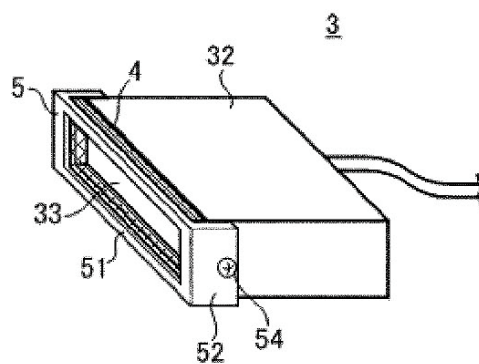


Figura 4B

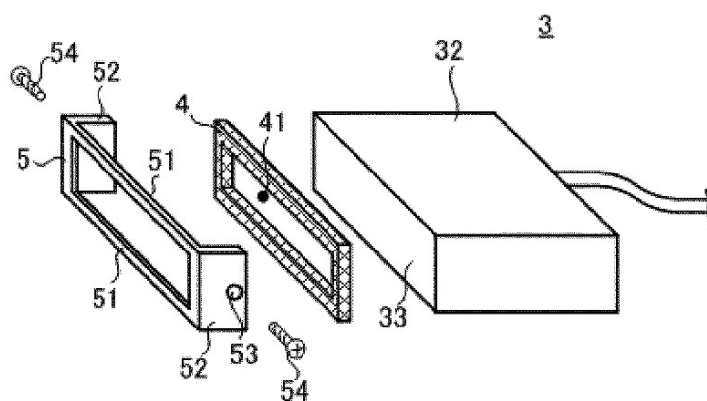


Figura 4C

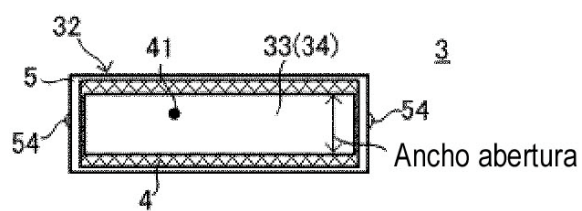


Figura 4D

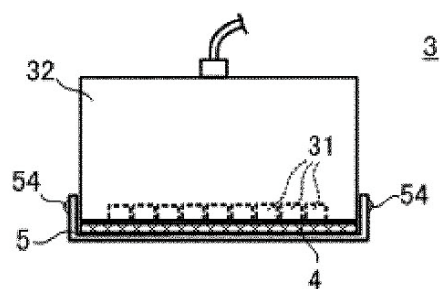


Figura 5

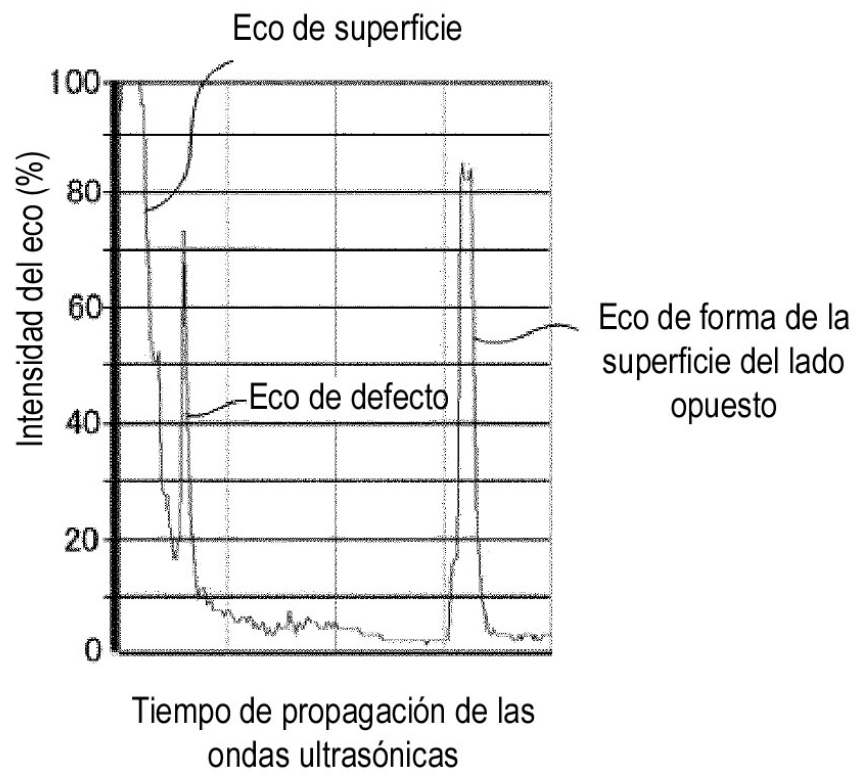


Figura 6

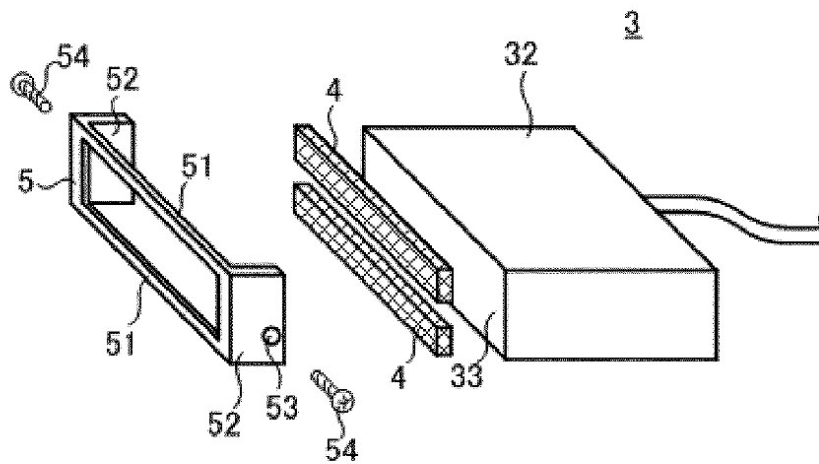


Figura 7

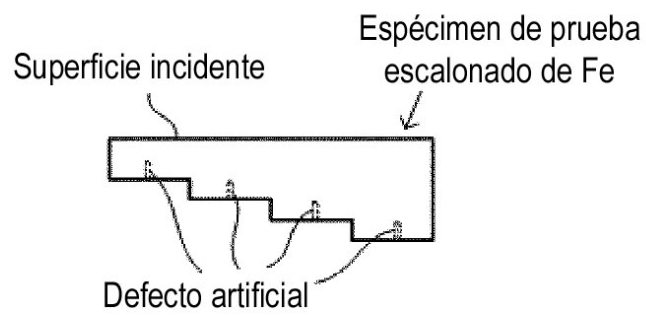


Figura 8

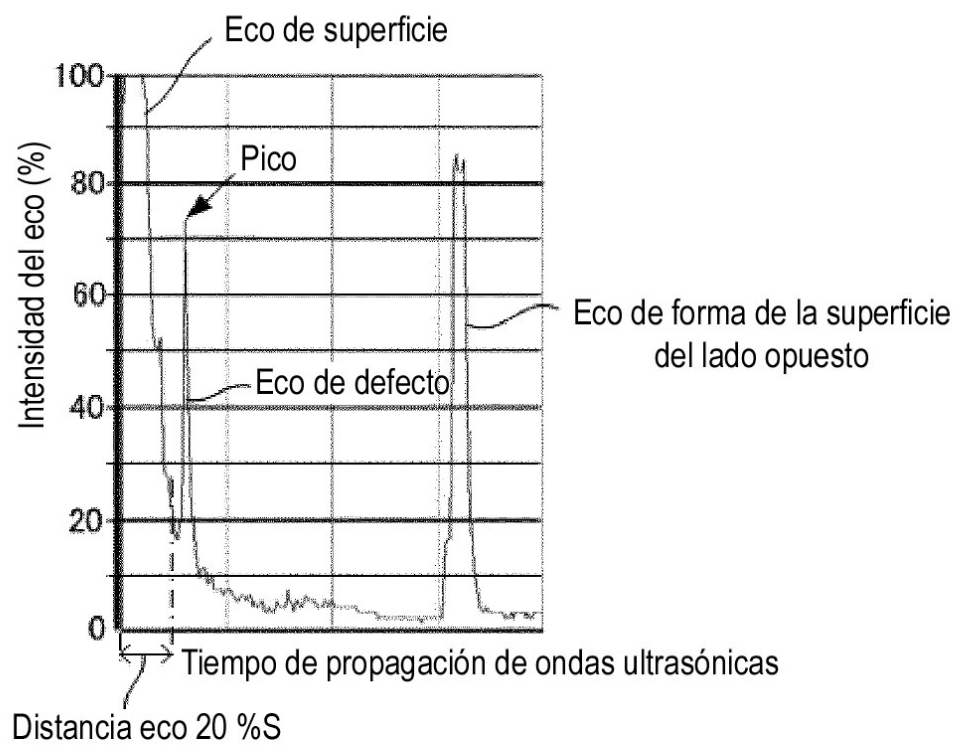


Figura 9A

Sensibilidad 80 %

| Distancia desde superficie a defecto (mm) | Dimensión ancho de abertura (mm) | | | | | | | |
|---|----------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|
| | 4,5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12,5 |
| 5 | 32 | 30 | 29,3 | 29,7 | 30,2 | 30,2 | 30,9 | 32,2 |
| 10 | 34,9 | 32,2 | 30,1 | 30 | 30,3 | 30,2 | 30,5 | 31,1 |
| 15 | 37,9 | 34,7 | 32 | 31,4 | 31,6 | 31,7 | 32,3 | 33,3 |
| 20 | 40 | 37,1 | 34,1 | 33,6 | 33,6 | 33,4 | 33,5 | 35,2 |

Figura 9B

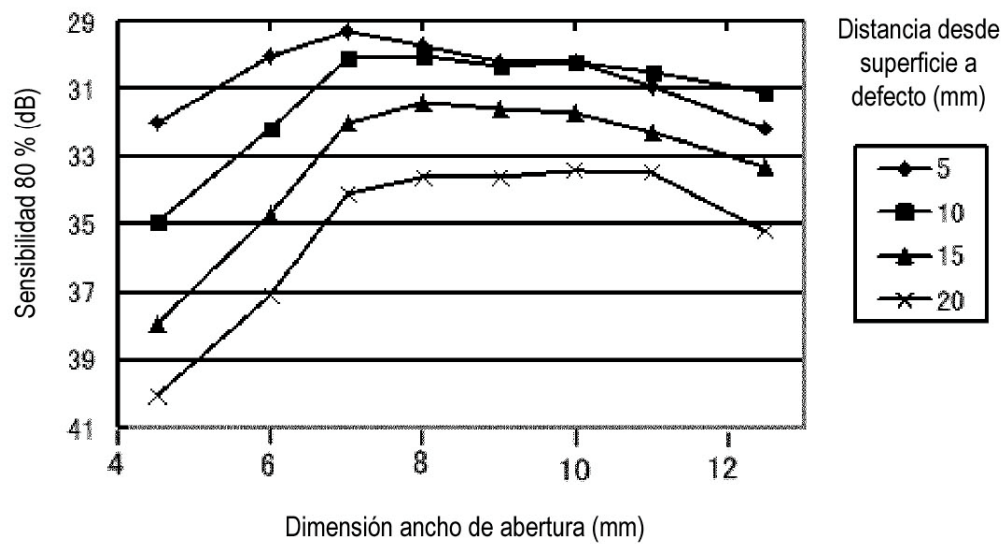


Figura 10A

Distancia eco 20 %S

| Distancia desde superficie a defecto (mm) | Dimensión ancho de abertura (mm) | | | | | | | |
|---|----------------------------------|------|------|------|-----|-----|-----|------|
| | 4,5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12,5 |
| 5 | 6 | 4,5 | 6 | 6,4 | 6,6 | 7 | 7 | 9,2 |
| 10 | 6,8 | 6,4 | 6,5 | 6,5 | 8,8 | 8 | 7,8 | 9 |
| 15 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 8,5 | 9 | 8,6 | 8,6 | 11,6 |
| 20 | 11,5 | 11,8 | 11,5 | 11,5 | 11 | 8 | 11 | 12 |

Figura 10B

