

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 657 550**

51 Int. Cl.:

G01N 29/04 (2006.01)

G01N 29/07 (2006.01)

G01N 29/24 (2006.01)

G01N 29/28 (2006.01)

G01N 29/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.06.2012 PCT/JP2012/064433**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2012 WO12176612**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.06.2012 E 12802416 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **25.10.2017 EP 2728346**

54 Título: **Método de detección por ultrasonidos de defectos en rueda de vehículo**

30 Prioridad:

22.06.2011 JP 2011138534

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la
traducción de la patente:
05.03.2018

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**MURAKOSHI HITOSHI y
TAKAHASHI KENTA**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 657 550 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 por ultrasonidos de defectos en rueda de vehículo

[Campo técnico]

La presente invención hace referencia a un método de prueba por ultrasonidos para la detección de un defecto en una parte de una llanta, transmitiendo ondas ultrasónicas desde una sonda matricial a una cara de la llanta del lado de la pestaña de una rueda. En particular, la presente invención hace referencia a un método de prueba mediante ultrasonidos que reduce la intensidad del eco de la forma de la textura de la superficie en la cara de la llanta del lado de la pestaña, para distinguirla del eco de un defecto.

[Antecedentes de la técnica]

Se ha conocido un método de prueba por ultrasonidos convencional que transmite ondas ultrasónicas desde una sonda matricial que tiene transductores dispuestos linealmente a través de la cara de una llanta del lado de la pestaña de una rueda, tal como una rueda de ferrocarril, para detectar un fallo en una parte de la llanta de la rueda (en la parte de la llanta, una de las dos caras laterales verticales a un eje de la rueda, en la cual se forma una pestaña, se denomina "cara de la llanta del lado de la pestaña" en la presente especificación). En este método, la prueba por ultrasonidos se realiza con la sonda matricial opuesta a la cara de la llanta del lado de la pestaña, mientras que se hace girar la rueda en dirección circunferencial. En general, cuando se realiza la detección de fallos mientras se hace girar la rueda, un ángulo entre la dirección del alineamiento del transductor (también denominada como "dirección longitudinal", de aquí en adelante), de la sonda matricial y la dirección radial de la rueda se ajusta a 0° cuando se ve en la dirección axial, para asegurar una mayor área de una región en la que las ondas ultrasónicas se introducen en la superficie de la rueda (también denominada "región incidente", de aquí en adelante).

Desafortunadamente, en esta prueba por ultrasonidos, la sonda matricial recibe un eco reflejado desde una forma que posee la rugosidad de la textura de la superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña, etc. (de aquí en adelante denominada como "eco de la forma de la textura de la superficie"); y por lo tanto, si existe un defecto en la cercanía de la cara de la llanta del lado de la pestaña, y si la intensidad del eco de defecto de este defecto es igual o menor que la intensidad del eco de la forma de la textura de la superficie, es difícil detectar este defecto. Por tanto, se ha deseado reducir la intensidad del eco de la forma de la textura de la superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña.

En la prueba por ultrasonidos que utiliza la sonda matricial, se ha conocido un método que determina un ángulo de incidencia de ondas ultrasónicas hacia un objeto que va a ser detectado, para evitar que ecos de forma desde una región distinta a la región de detección de fallos retornen a la sonda matricial (véase la bibliografía de Patentes 1, por ejemplo). Desafortunadamente, este método no puede reducir la intensidad de un eco de forma que retorna de la textura de la superficie del objeto que va a ser detectado opuesto a la cara del transductor de la sonda matricial.

[Lista de citas]

[Bibliografía de patentes]

[Bibliografía de patentes 1] JP2007-93311A

[Compendio de la Invención]

[Problema técnico]

Un objeto de la presente invención, que ha sido realizada para resolver los problemas según la técnica convencional, es proporcionar un método de prueba por ultrasonidos para la detección de un defecto en una parte de la llanta transmitiendo ondas ultrasónicas desde una sonda matricial a una cara de la llanta del lado de la pestaña, de una rueda, y capaz de reducir la intensidad de un eco de la forma de la textura de la superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña, distinguiendo de ese modo un eco de un defecto.

[Solución al Problema]

Para solucionar los problemas mencionados anteriormente, los presentes inventores han realizado diversos estudios prometedores, y como resultado han obtenido las siguientes conclusiones.

La textura de la superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña de la rueda incluye un número de finas huellas/trazas de dientes de corte ocasionados por una herramienta de corte en el momento de mecanizar la superficie, y las huellas del diente de corte se forman en una forma circunferencial alrededor del eje de la rueda. Debido a que el ángulo entre la dirección de alineamiento del transductor de la sonda matricial y la dirección radial de la rueda (este ángulo también se denomina "ángulo de ajuste de la sonda", de aquí en adelante), es de 0° cuando se ve en la dirección axial, las ondas ultrasónicas transmitidas desde la sonda matricial en la dirección radial de la rueda se reflejan en las huellas del diente de corte que cruzan verticalmente la dirección radial de la rueda, y retornan a la sonda matricial como el eco de la forma de la textura de la superficie. Por lo tanto, es difícil distinguir un eco de defecto que retorna desde la cercanía de la cara de la llanta del lado de la pestaña, de un eco de la forma de

la textura de la superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña (la textura de la superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña también se denomina simplemente "textura de superficie", de aquí en adelante).

Para afrontar esta dificultad, se ha estudiado si es o no factible distinguir el eco de defecto que retorna desde la cercanía de la cara de la llanta del lado de la pestaña, del eco de la forma de la textura de la superficie inclinando el ángulo de ajuste de la sonda hasta un grado en el que no retorne ningún eco de forma de la huella del diente de corte hacia la sonda matricial, y se ha encontrado un ángulo de ajuste para lograr dicha distinción.

La presente invención ha sido lograda en base al resultado de los anteriores estudios por parte de los presentes inventores. Es decir, para solucionar los problemas mencionados anteriormente, la presente invención proporciona un método de prueba por ultrasonidos según la reivindicación 1.

De acuerdo con la presente invención, el ángulo entre la dirección de alineamiento del transductor de la sonda matricial y la dirección radial de la rueda cuando se ve en la dirección axial de la rueda, es decir, el ángulo de ajuste de la sonda, se ajusta a 20° o más, y por tanto permite que el eco de la forma de la textura de la superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña apenas retorne a la sonda matricial. Por consiguiente, es probable que la intensidad del eco de la forma de la textura de superficie llegue a ser menor que la intensidad del eco de defecto, de manera que el eco de defecto de la cercanía de la cara de la llanta del lado de la pestaña se distinga más fácilmente del eco de la forma de la textura de la superficie.

Debido al ángulo de ajuste de la sonda de 60° o menos, el área de la región incidente en el momento de detectar un defecto mientras que gira la rueda, es de 1/2 o más de aquella en el ángulo de ajuste de la sonda de 0°, y el área de la región incidente no se reduce tanto.

Por consiguiente, ajustando el ángulo de ajuste de la sonda para que sea de 20 a 60°, es posible realizar la detección de defecto con intensidad reducida del eco de la forma de la textura de la superficie.

Algunas ruedas pueden incluir ranuras anulares para aislamiento acústico. La ranura anular se forma en la dirección radial exterior desde una cara interna de la parte de llanta alrededor de toda su circunferencia.

En dicha rueda, si el ángulo de ajuste de la sonda es de 0°, las ondas ultrasónicas transmitidas en la dirección radial hacia dentro de la rueda se reflejan en la ranura anular que cruza verticalmente la dirección radial de la rueda, y retornan probablemente a la sonda matricial; y por lo tanto, es difícil distinguir el eco de defecto que retorna desde la cercanía de la ranura anular del eco de forma de la ranura anular.

Se observó que en el ángulo de ajuste de la sonda de 20 a 60°, el eco de forma de la ranura anular casi no retorna a la sonda matricial, y por tanto la intensidad del eco de forma de la ranura anular es susceptible de ser menor que la del eco de defecto. Por tanto, resulta más sencillo distinguir el eco de defecto que retorna desde la cercanía de la ranura anular del eco de forma de la ranura anular.

Por consiguiente, para detectar un defecto existente en dos regiones diferentes en la cercanía de la textura de la superficie y en la cercanía de la ranura anular, este defecto puede ser detectado de forma precisa con una única sonda matricial ajustando simplemente el ángulo de ajuste de la sonda para que sea de 20 a 60°, lo que reduce las intensidades de los ecos de forma de la textura de la superficie y de la ranura anular.

En el ángulo de ajuste de la sonda de 0°, es probable que un eco de forma de una cara de garganta, situada entre la superficie de la parte de pestaña y una superficie de rodadura de la rueda (cara de la parte de llanta que está en contacto con un rail), retorne a la sonda matricial; y por lo tanto, es difícil distinguir el eco de defecto que retorna desde la cercanía de la cara de la garganta, del eco de forma de la cara de la garganta. Para abordar esta dificultad, se ha estudiado si es o no factible distinguir el eco de defecto que retorna desde la cercanía de la cara de la garganta, del eco de forma de la cara de la garganta inclinando el ángulo de ajuste de la sonda hasta un grado en el cual no retorne ningún eco de forma de la cara de la garganta, y como resultado, se observó que el ángulo de ajuste de la sonda se ajusta preferiblemente para que sea de 40 a 60°.

En la rueda que no tiene ninguna ranura anular, para detectar un fallo existente en dos regiones diferentes en la cercanía de la cara de la llanta del lado de la pestaña y en la cercanía de la cara de la garganta, este defecto puede detectarse de forma precisa con una única sonda matricial, simplemente ajustando el ángulo de ajuste de la sonda para que sea de 40 a 60°, lo que reduce las intensidades de los ecos de forma de la textura de la superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña, y de la cara de la garganta.

En la rueda que tiene la ranura anular, para detectar un defecto existente en tres regiones diferentes en la cercanía de la cara de la llanta del lado de la pestaña, en la cercanía de la ranura anular, y en la cercanía de la cara de la garganta, este defecto puede ser detectado de forma precisa con una única sonda matricial, simplemente ajustando el ángulo de ajuste de la sonda para que sea de 40 a 60°, lo que reduce las intensidades de los ecos de forma de la textura de superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña, y de la cara de la garganta, respectivamente.

[Efecto ventajoso de la Invención]

De acuerdo con la presente invención, en el método de prueba por ultrasonidos para detectar un defecto en la parte de la llanta, transmitiendo ondas ultrasónicas procedentes de la sonda matricial a la cara de la llanta del lado de la pestaña, es posible reducir la intensidad del eco de la forma de la textura de la superficie de la cara de la llanta del lado de la pestaña, y por tanto distinguir el eco de defecto.

[Breve descripción de los dibujos]

La Figura 1 es un dibujo en corte transversal en una dirección radial de una rueda que muestra un ejemplo de la rueda a la que se aplica un método de prueba por ultrasonidos de acuerdo con una realización de la presente invención.

Las Figuras 2A y 2B son dibujos que explican un ejemplo de un aparato de prueba por ultrasonidos utilizado en el método de prueba por ultrasonidos; la Figura 2A es un dibujo esquemático del aparato de prueba por ultrasonidos, y la Figura 2B es un dibujo esquemático de una sonda matricial incluida en el aparato de prueba por ultrasonidos.

La Figura 3 es una vista en perspectiva que muestra la posición de una disposición de la sonda matricial en un método de prueba por ultrasonidos convencional, como por ejemplo en la publicación de patente JP-A-2003004709.

Las Figuras 4A y 4B muestran una presentación visual de tipo B en la detección de un defecto a un ángulo de ajuste de la sonda de 0°; la Figura 4A es una fotografía de la presentación visual de tipo B, y la Figura 4B es un dibujo esquemático de la presentación visual de tipo B.

Las Figuras 5A y 5B son dibujos que muestran las trayectorias de propagación de las ondas ultrasónicas transmitidas a una cara de la llanta del lado de la pestaña; la Figura 5A es un dibujo de un corte transversal en una dirección radial, de las trayectorias de propagación vistas en una dirección circunferencial de la rueda, y la Figura 5B es una vista en planta de las trayectorias de propagación cuando son vistas en una dirección axial de la rueda.

La Figura 6 es una perspectiva que muestra una posición de una disposición de la sonda matricial en el método de prueba por ultrasonidos de acuerdo a la realización de la presente invención.

La Figura 7 es una vista en planta de las trayectorias de propagación de las ondas ultrasónicas cuando se ve en la dirección axial de la rueda.

La Figura 8 es un dibujo que muestra una comparación de cada intensidad de ecos de forma de una textura de superficie, de una ranura anular, y de una cara de la garganta con intensidad de un eco de defecto de un defecto artificial formado en una parte de la llanta, utilizando diversos ángulos de ajuste de la sonda.

[Descripción de la realización]

De aquí en adelante, se describirá un método de prueba por ultrasonidos de acuerdo con una realización de la presente invención en referencia a los dibujos adjuntos. En el método de prueba por ultrasonidos de acuerdo a la presente realización, se detecta un defecto en una parte de la llanta transmitiendo ondas ultrasónicas sobre una cara de la llanta del lado de la pestaña, de una rueda.

La Figura 1 es un dibujo en corte transversal en una dirección radial de una rueda que muestra un ejemplo de la rueda a la cual se aplica un método de prueba por ultrasonidos de acuerdo con la presente invención.

Una rueda 1 es una rueda de ferrocarril, e incluye un cubo 11 en su centro, y una parte de llanta 12 en la circunferencia de la rueda. La parte de llanta 12 incluye una parte de pestaña 13 que sobresale en la dirección circunferencial exterior y una superficie de rodadura 14 de la rueda que va a estar en contacto con un raíl, ambas de las cuales se extienden alrededor de la totalidad de la circunferencia externa de la rueda. En la presente especificación, una parte situada entre la superficie de la parte de pestaña 13 y la superficie de rodadura 14 de la rueda se denomina cara 15 de la garganta. En la parte de llanta 12, una de las dos caras verticales a un eje de la rueda 1, en la que la parte de pestaña 13 se ha formado, se denomina cara 16 de la llanta del lado de la pestaña.

La rueda 1 puede incluir una ranura anular 17 para aislamiento acústico, y puede no incluir ninguna ranura anular 17 en algunos casos, y la Fig. 1 muestra la rueda 1 incluyendo la ranura anular 17 como ejemplo de la rueda 1. La ranura anular 17 se forma en la dirección radial hacia el exterior desde la cara interna de la parte de llanta 12 alrededor de la totalidad de la circunferencia.

Las Figuras 2A y 2B son dibujos que explican un ejemplo de un aparato de prueba por ultrasonidos utilizado en el método de prueba por ultrasonidos de acuerdo con la presente realización; La Figura 2A es un dibujo esquemático del aparato de prueba por ultrasonidos, y la Figura 2B es un dibujo esquemático de una sonda matricial incluida en el aparato de prueba por ultrasonidos.

El aparato 2 de prueba por ultrasonidos incluye la sonda 3 matricial dispuesta para enfrentarse a la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña de la rueda 1. El aparato 2 de prueba por ultrasonidos también incluye un detector 4 de defectos matricial con una función de transmitir señales de control de transmisión-recepción a la sonda 3 matricial etc., y también amplificar señales recibidas desde la sonda 3 matricial, un ordenador 5 personal con una función de ajustar diversos parámetros para el detector 4 matricial de defectos, y que recibe señales desde el detector 4 matricial de defectos para generar imágenes, tales como una imagen de presentación visual de tipo A y una imagen

de presentación visual de tipo B, etc., y un panel 7 de control para suministrar señales de rotación y otras a una sección 6 de accionamiento giratorio descrita a continuación.

El aparato 2 de prueba por ultrasonidos además incluye la sección 6 de accionamiento giratorio para soportar una parte inferior de una rueda 1 con su eje horizontal, y además hacer girar la rueda 1 con el propósito de detectar defectos en la totalidad de la circunferencia de la parte de llanta 12, y un depósito 8 para sumergir la rueda 1 y la sonda 3 matricial en agua. La sonda 3 matricial incluye múltiples transductores 32 dispuestos linealmente, y una cara de la sonda 3 matricial en la que se transmiten ondas ultrasónicas desde los transductores 32 se denomina una cara 31 de transductor.

A continuación, se describirá un ejemplo del método de prueba por ultrasonidos utilizando el aparato 2 de prueba por ultrasonidos mencionado anteriormente.

Para realizar la prueba por ultrasonidos, la cara 31 de transductor de la sonda 3 matricial se dispone enfrentada a la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, y el depósito 8 se llena con agua como medio de acoplamiento, de manera que la rueda 1 y la sonda 3 matricial se sumergen en el agua. Puede utilizarse también aceite o similares como medio de acoplamiento. Las condiciones de detección de defectos, tales como la intensidad de las ondas ultrasónicas transmitidas desde la sonda 3 matricial y la velocidad de escaneo, etc., se ajustan en el ordenador 5 personal, y las condiciones de detección de defectos se convierten en señales de transmisión-recepción por el detector 4 matricial de defectos y a continuación se transmiten a la sonda 3 matricial. La sonda 3 matricial transmite las ondas ultrasónicas a través de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña hacia la parte de llanta 12, y transmite señales correspondientes a señales de eco recibidas desde la parte de llanta 12 al detector 4 matricial de defectos. El detector 4 matricial de defectos amplifica las señales recibidas desde la sonda 3 matricial, y a continuación transmite las señales al ordenador 5 personal, y el ordenador 5 personal muestra imágenes tales como una imagen de presentación visual de tipo A y una imagen de presentación visual de tipo B. El ordenador 5 personal transmite señales de rotación a la sección 6 de accionamiento giratorio a través del panel 7 de control, para hacer girar la rueda 1. De esta manera, se realiza la detección de defectos en la parte de llanta 12 en la dirección circunferencial.

Se realiza la transmisión y recepción de ondas ultrasónicas desde la sonda 3 matricial, por ejemplo, por escaneo lineal (en el escaneo lineal, se define un cierto número de transductores 32 incluidos en la sonda 3 matricial como una única unidad de transmisión, y en la transmisión de ondas ultrasónicas por unidad de transmisión, se transmite la onda ultrasónica desde cada transductor 32 en paralelo entre sí, o cada transductor 32 transmite la onda ultrasónica en tiempos diferentes para concentrar la onda ultrasónica transmitida desde cada transductor 32 en un punto. En este estado, la sonda 3 matricial se controla por las señales de control de transmisión-recepción desde el detector 4 matricial de defectos, de tal manera que la unidad de transmisión desplaza secuencialmente en la dirección de alineamiento de los transductores 32, y por tanto realiza un escaneo en paralelo con las ondas ultrasónicas); o por el escaneo direccional (en el escaneo direccional, un determinado número de transductores 32 incluidos en la sonda 3 matricial se definen como una única unidad de transmisión, y en la transmisión de ondas ultrasónicas por unidad de transmisión, la onda ultrasónica se transmite desde cada transductor 32 en paralelo entre sí, o bien la onda ultrasónica se transmite desde cada transductor 32 en diferentes tiempos para concentrar la onda ultrasónica transmitida desde cada transductor 32 en un punto. En este estado, el ángulo de salida varía, y se realiza el escaneo de este modo).

El método de prueba por ultrasonidos de acuerdo con la presente invención tiene una característica en la posición de la disposición de la sonda 3 matricial, y por tanto la posición de la disposición de la sonda 3 matricial se describirá a continuación. Convencionalmente, en general, para el propósito de asegurar una mayor área donde la región incidente pasa en el momento de detectar un defecto mientras que la rueda se está haciendo girar, el ángulo (ángulo de ajuste de la sonda) entre la dirección de alineamiento del transductor (dirección longitudinal) de la sonda 3 matricial y la dirección radial de la rueda se ajusta para que sea 0° cuando se ve en la dirección axial.

La Figura 3 es una vista en perspectiva que muestra una posición de la disposición de la sonda matricial en un método de prueba por ultrasonidos convencional.

La Fig. 3 muestra únicamente una parte de la rueda 1.

La región incidente se extiende en la dirección radial.

Las Figuras 4A y 4B muestran una presentación visual de tipo B en la detección de defectos a un ángulo de ajuste de la sonda de 0°; la Figura 4A es una fotografía de la presentación de tipo B, y la Figura 4B es un dibujo esquemático de la presentación visual de tipo B. En ambas figuras, el eje lateral representa el tiempo de propagación de la onda ultrasónica, y el eje vertical representa la posición de escaneo de la onda ultrasónica. Específicamente, el eje lateral indica una posición profunda desde la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, y el eje vertical indica una posición en la dirección radial en la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña. En la Figura 4, la forma de la parte de la llanta está indicada por líneas continuas.

En la parte de llanta 12 formada en imágenes por esta técnica de presentación visual de tipo B, se forma dicho defecto artificial de un orificio de fondo plano de 1mm ϕ que se extiende verticalmente desde una cara de la llanta opuesta a la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña hacia la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña. Una distancia desde la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña hasta un extremo frontal del defecto artificial es de 50 mm, y se detecta un eco del extremo frontal del defecto artificial (eco de defecto) por la presentación de tipo B.

En la presentación de tipo B, un eco de la superficie de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, aparece en la cercanía de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña. El eco de forma de la textura de la superficie aparece en una región desde la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña hasta una parte más profunda que el eco de la superficie. Si el extremo frontal del defecto artificial se forma en una región donde este eco de la forma de la textura de la superficie aparece, y si la intensidad del eco de defecto de este defecto artificial es igual o menor que la intensidad del eco de la forma de la textura de la superficie, es difícil detectar este defecto artificial.

Un eco de forma de la ranura anular 17 aparece en una posición de la ranura anular 17, y además en una posición más profunda que la ranura anular 17, y un eco de forma de la cara 15 de la garganta aparece en la cercanía de la cara 15 de la garganta. Si el defecto artificial se forma en regiones donde aparecen los ecos de forma de la ranura anular 17 y de la cara 15 de la garganta, y si la intensidad del eco de defecto de este defecto artificial es igual o menor que cada intensidad de los ecos de forma de la ranura anular 17 y de la cara 15 de la garganta, es difícil detectar este defecto artificial.

Las Figuras 5A y 5B son dibujos que muestran las trayectorias de propagación de ondas ultrasónicas transmitidas a la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña; la Figura 5A es un dibujo de un corte transversal en una dirección radial de las trayectorias de propagación cuando se ven en una dirección circunferencial de la rueda 1, y la Figura 5B es una vista en planta de las trayectorias de propagación cuando se ven en una dirección axial de la rueda 1.

Cada trayectoria de propagación en la dirección circunferencial de la rueda 1 se describirá en referencia a la Figura 5A.

La textura de la superficie de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña de la rueda incluye un número de finas huellas del diente de corte generadas por una herramienta de corte en el momento de la mecanización de la superficie, y las huellas del diente de corte se forman en forma circunferencial alrededor del eje de la rueda.

Las ondas U1 de ultrasonidos transmitidas de forma oblicua desde los transductores 32 a través de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña en la dirección radial interna, se reflejan en la dirección radial hacia dentro si la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña es plana. La cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, sin embargo, tiene un número de huellas finas del diente de corte en la dirección radial. Por tanto, parte de las ondas ultrasónicas se refleja en la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, y retorna a los transductores 32 cuando se ve en la dirección circunferencial de la rueda 1. Parte de las ondas U2 de ultrasonidos que se transmite de forma oblicua desde los transductores 32 a través de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña en la dirección radial exterior también se refleja en la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, y retorna a los transductores 32 cuando se ve en la dirección circunferencial de la rueda 1.

Cada trayectoria de propagación vista en la dirección axial de la rueda 1, se describirá en referencia a la Figura 5B. En la Figura 5B, únicamente se muestran diversas huellas de la herramienta de corte por razones de conveniencia.

Debido al ángulo de ajuste de la sonda de 0°, las ondas U3 de ultrasonidos desde los transductores 32 se reflejan verticalmente en las huellas de la herramienta de corte, y retornan a los transductores 32. Si la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña tiene una superficie rugosa en la dirección circunferencial, las ondas ultrasónicas se reflejan de forma dispersa en la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña en la dirección circunferencial; pero la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña incluye las huellas de la herramienta de corte que hacen la superficie lisa en la dirección circunferencial, que son generadas por la herramienta de corte en el momento de mecanización de la superficie, y por tanto muchas de las ondas ultrasónicas retornan a los transductores 32 cuando se ven en la dirección axial de la rueda 1.

Tal como se describe anteriormente, parte de las ondas ultrasónicas transmitidas desde la sonda 3 matricial retorna a la sonda 3 matricial cuando se ve tanto en la dirección circunferencial como en la dirección axial de la rueda 1. Consecuentemente, parte de las ondas ultrasónicas transmitidas desde la sonda 3 matricial se refleja en la textura de la superficie, y retorna a la sonda 3 matricial, lo que aparece en la presentación de tipo B como el eco de la forma de la textura de la superficie.

Dicho eco de la forma de la textura de la superficie que retorna a la sonda 3 matricial no es el resultado de un eco de las ondas ultrasónicas transmitidas y recibidas en la dirección aproximadamente vertical, sino que es el resultado de un eco de las ondas ultrasónicas transmitidas de forma oblicua y recibidas a través de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña por los transductores 32, y por tanto este eco tiene un mayor tiempo de propagación que el del eco de la superficie de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña (el eco de la superficie de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña se forma por ondas ultrasónicas transmitidas y recibidas en la dirección aproximadamente vertical a

través de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña). Por tanto, en la presentación de tipo B, el eco de la forma de la textura de la superficie aparece incluso en una posición más profunda que el eco de la superficie de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña. Consecuentemente, es difícil detectar un defecto existente en una posición donde el eco de la forma de la textura de la superficie aparece en la presentación de tipo B.

Debido al ángulo de ajuste de la sonda de 0°, se reflejan ondas ultrasónicas U4 y U5 desde los transductores verticalmente sobre la cara 15 de garganta y sobre la ranura anular 17, respectivamente, y retornan a los transductores 32. Por tanto, los ecos de forma de la cara 15 de garganta y de la ranura anular 17 aparecen en la presentación de tipo B. Consecuentemente, es difícil detectar un defecto existente en las posiciones en las que los ecos de forma de la cara 15 de garganta y de la ranura anular 17 aparecen en la presentación de tipo B.

En la presente realización, la prueba por ultrasonidos se realiza utilizando el ángulo de ajuste de la sonda de más de 0°.

La Figura 6 es una vista en perspectiva que muestra una posición de la disposición de la sonda matricial. Únicamente se muestra parte de la rueda 1. La región incidente es oblicua en relación a la dirección radial. La Figura 7 es una vista del plano de las trayectorias de propagación de las ondas ultrasónicas cuando se ven en la dirección axial de la rueda 1.

En el caso del ángulo de ajuste de la sonda de más de 0°, la trayectoria de propagación de las ondas ultrasónicas vistas en la dirección circunferencial de la rueda 1, es la misma que la del ángulo de ajuste de la sonda de 0°, y de forma similar al caso descrito en referencia a la Figura 5A, parte de las ondas ultrasónicas transmitidas desde los transductores 32 en las direcciones radiales hacia dentro y hacia fuera, se refleja en la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, y retorna a los transductores 32.

En la trayectoria de propagación de las ondas ultrasónicas vistas en la dirección axial de la rueda 1, debido a que el ángulo de ajuste de la sonda es de más de 0°, tal como se muestra en la Figura 7, las ondas ultrasónicas U6 transmitidas desde los transductores 32 en la dirección radial interior se reflejan en las huellas de la herramienta de corte, y después apenas retornan a los transductores 32. Las ondas ultrasónicas U7 transmitidas desde los transductores 32 en la dirección radial hacia fuera se reflejan en las huellas de la herramienta de corte, y después apenas retornan a los transductores 32, tampoco.

Debido al ángulo de ajuste de la sonda de más de 0°, las ondas ultrasónicas U8 transmitidas desde los transductores 32 a la cara 15 de garganta se reflejan en la cara 15 de garganta, y después apenas retornan a los transductores 32. De forma similar, las ondas ultrasónicas U9 transmitidas desde los transductores 32 a la ranura anular 17 se reflejan en la ranura anular 17, y después apenas retornan a los transductores 32.

La Figura 8 es un dibujo que muestra una comparación de cada intensidad de ecos de forma de una textura de superficie, de la ranura anular 17, y de la cara 15 de garganta con intensidad de un eco de defecto de un defecto artificial formado en la parte de la llanta 12, utilizando diversos ángulos de ajuste de la sonda.

Cada una de las sondas 3 matriciales que se utilizaron tenían 128 transductores, un paso entre los transductores adyacentes de 1 mm, la cantidad de transductores que presentan una excitación simultánea es de 24, y una longitud de la sonda matricial de 128 mm. Las sondas matriciales tenían cuatro anchos diferentes de 7 mm, 9 mm, 11 mm, y 12,5 mm.

De forma similar a la presentación de tipo B que se muestra en la Figura 4, se formó un defecto artificial de un orificio de fondo plano de 1 mm ϕ que se extiende verticalmente desde la cara de la llanta opuesta a la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, hacia la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, de tal manera que una distancia desde el extremo frontal del defecto artificial hasta la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña era de 50 mm.

La sensibilidad de los transductores 32 se ajustó de tal manera que la intensidad del eco de defecto del defecto artificial es el mismo en cada ángulo de ajuste de la sonda.

Tal como se muestra en la Figura 8, con respecto a la textura de la superficie de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, la ranura anular 17, y la cara 15 de garganta, cada caso que tiene la intensidad del eco de forma suficientemente menor que la intensidad del eco de defecto del defecto artificial se indicó con la letra de referencia A; cada caso que tiene la intensidad del eco de forma menor que la intensidad del eco de defecto del defecto artificial, en el que había una pequeña diferencia en la intensidad pero se podía distinguir el defecto artificial, se indicó con la letra de referencia B; y cada caso que tiene la intensidad del eco de forma igual a o mayor que la intensidad del eco de defecto del defecto artificial se indicó con una letra de referencia C.

Para reducir cada intensidad de los ecos de forma de la textura de superficie de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, de la ranura anular 17, y de la cara 15 de garganta para que sea menor que la intensidad del eco de defecto del defecto artificial, el ángulo de ajuste de la sonda puede ajustarse tal como sigue a continuación. Aunque

se utilizaron cuatro tipos de sondas 3 matriciales con diferentes anchos, sin embargo todas las sondas 3 matriciales tuvieron el mismo resultado.

Para reducir la intensidad del eco de la forma de la textura de la superficie para que sea menor que la intensidad del eco de defecto del defecto artificial, el ángulo de ajuste de la sonda es preferiblemente de 20 a 45°, y más preferiblemente de 30 a 45°.

Para reducir la intensidad del eco de forma de la ranura anular 17, para que sea menor que la intensidad del eco de defecto del defecto artificial, el ángulo de ajuste de la sonda es preferiblemente de 20 a 45°, y más preferiblemente de 30 a 45°.

Para reducir la intensidad del eco de forma de la cara 15 de garganta para que sea menor que la intensidad del eco de defecto del defecto artificial, el ángulo de ajuste de la sonda es preferiblemente de 40 a 45°, y más preferiblemente de 45°.

Aunque el resultado utilizando el ángulo de ajuste de la sonda de más de 45° no se muestra en la Figura 8, en el ángulo de ajuste de la sonda de más de 45° a menos de 90°, cada intensidad de los ecos de forma de la textura de la superficie, la ranura anular 17, y la cara 15 de garganta fue suficientemente menor que la intensidad del eco de defecto del defecto artificial.

A medida que el ángulo de ajuste de la sonda se hace mayor, el área en la que la región incidente pasa resulta más pequeña en el momento de detectar un defecto mientras que la rueda se está haciendo girar. Por consiguiente, el ángulo de ajuste de la sonda se ajusta para que sea 60° o menor, para asegurar que el área en la que la región incidente pasa sea 1/2 o más del área que utiliza el ángulo de ajuste de la sonda de 0°. Si es aceptable tener un área menor donde pasa la región incidente, el ángulo de ajuste de la sonda puede ser de 70° o menor, o de 80° o menor.

Por consiguiente, el ángulo de ajuste de la sonda se ajusta para que sea de 20 a 60°, para realizar la prueba por ultrasonidos con la intensidad reducida del eco de la forma de la textura de la superficie, de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña. Más preferiblemente, el ángulo de ajuste de la sonda se ajusta para que sea de 30 a 60°. Mediante esta configuración, el eco de la forma de la textura de la superficie apenas retorna a la sonda matricial. Por consiguiente, la intensidad del eco de la forma de la textura de la superficie es menor que la del eco de defecto del defecto artificial, lo que facilita distinguir el eco de defecto que retorna desde la cercanía de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, del eco de la forma de la textura de la superficie.

En el caso de la rueda 1 que tiene la ranura anular 17, el ángulo de ajuste de la sonda se ajusta para que sea de 20 a 60°. Preferiblemente, el ángulo de ajuste de la sonda se ajusta para que sea de 30 a 60°. Mediante esta configuración, la intensidad del eco de forma de la ranura anular 17 es menor que la del eco de defecto del defecto artificial. Por tanto, se facilita distinguir el eco de defecto que retorna desde la cercanía de la ranura anular 17 del eco de forma de la ranura anular 17.

Por consiguiente, a la hora de detectar un defecto existente en dos regiones diferentes en la cercanía de la textura de la superficie y en la cercanía de la ranura anular 17, este defecto puede ser detectado de forma precisa con una única sonda matricial, simplemente ajustando el ángulo de ajuste de la sonda para que sea de 20 a 60°, lo que reduce las intensidades de los ecos de forma de la textura de la superficie y de la ranura anular 17.

Para realizar la prueba por ultrasonidos con la intensidad reducida del eco de forma de la cara 15 de garganta, el ángulo de ajuste de la sonda se ajusta para que sea de 40 a 60°. Más preferiblemente, el ángulo de ajuste de la sonda se ajusta para que sea de 45 a 60°. Mediante esta configuración, la intensidad del eco de forma de la cara 15 de garganta es menor que la del eco de defecto del defecto artificial. Por consiguiente, se facilita distinguir el eco de defecto que retorna de la cercanía de la cara 15 de garganta, del eco de forma de la cara 15 de garganta.

Por consiguiente, en la rueda que no tiene ninguna ranura anular 17, a la hora de detectar un defecto existente en dos regiones diferentes en la cercanía de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, y en la cercanía de la cara 15 de garganta, este defecto puede detectarse de forma precisa con una única sonda matricial simplemente ajustando el ángulo de ajuste de la sonda para que sea de 40 a 60°, lo que reduce las intensidades de los ecos de forma de la textura de la superficie y de la cara 15 de garganta.

En la rueda que tiene la ranura anular 17, a la hora de detectar un defecto existente en tres regiones diferentes en la cercanía de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, en la cercanía de la ranura anular 17, y en la cercanía de la cara 15 de garganta, este defecto puede ser detectado de forma precisa con una única sonda matricial, simplemente ajustando el ángulo de ajuste de la sonda para que sea de 40 a 60°, lo que reduce las intensidades de los ecos de forma de la textura de la superficie de la cara 16 de la llanta del lado de la pestaña, de la ranura anular 17, y de la cara 15 de garganta, respectivamente.

La presente invención no está limitada a la configuración de la realización anterior, y pueden realizarse diversas modificaciones sin alejarse del alcance de la presente invención.

[Lista de signos de referencia]

- | | | |
|---|----|--|
| 5 | 1 | Rueda |
| | 16 | Cara de la llanta del lado de la pestaña |
| | 3 | Sonda matricial |
| | 31 | Cara del transductor |

REIVINDICACIONES

1. Un método de prueba por ultrasonidos para la detección de un defecto en una parte de llanta (12) de una rueda (1) transmitiendo ondas ultrasónicas (U1, U2, U6, U7, U8, U9) desde una sonda (3) matricial a una cara (16) de la llanta del lado de la pestaña de la rueda, donde la sonda (3) matricial incluye múltiples transductores (32) dispuestos linealmente, donde el método de prueba por ultrasonidos comprende:
 - 5 disponer una cara (31) del transductor de la sonda (3) matricial enfrentada a la cara (16) de la llanta del lado de la pestaña, donde la cara (31) del transductor es la cara desde la que las ondas de ultrasonidos se transmiten;
 - 10 ajustar un ángulo entre una dirección de alineamiento del transductor de la sonda (3) matricial y una dirección radial de la rueda (1) en una parte extrema radialmente interna de la sonda (3) matricial para que sea de 20 a 60° cuando se ve en una dirección axial de la rueda;
 - 15 y detectar un defecto por la sonda (3) matricial en la que el ángulo se ajusta.
2. El método de prueba por ultrasonidos según la reivindicación 1, en donde el ángulo se ajusta para que sea de 40 a 60°.
- 20 3. El método de prueba por ultrasonidos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la rueda (1) es una rueda de ferrocarril e incluye un cubo (11) en su centro, y una parte de llanta (12) en la circunferencia de la rueda, en donde la parte de llanta (12) incluye una parte de pestaña (13) que sobresale en la dirección circunferencial exterior, y una superficie de rodadura (14) que va a estar en contacto con un raíl, en donde tanto la parte de la pestaña (13) como la superficie de rodadura (14) se extienden alrededor de la totalidad de la circunferencia exterior de la rueda.
- 25 4. El método de prueba por ultrasonidos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que además comprende hacer girar la rueda (1).
- 30 5. El método de prueba por ultrasonidos según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde la sonda (3) matricial incluye múltiples transductores (32) dispuestos linealmente, en donde la cara (31) del transductor es la cara de la sonda (3) matricial desde la que se transmiten las ondas ultrasónicas.

Figura 1

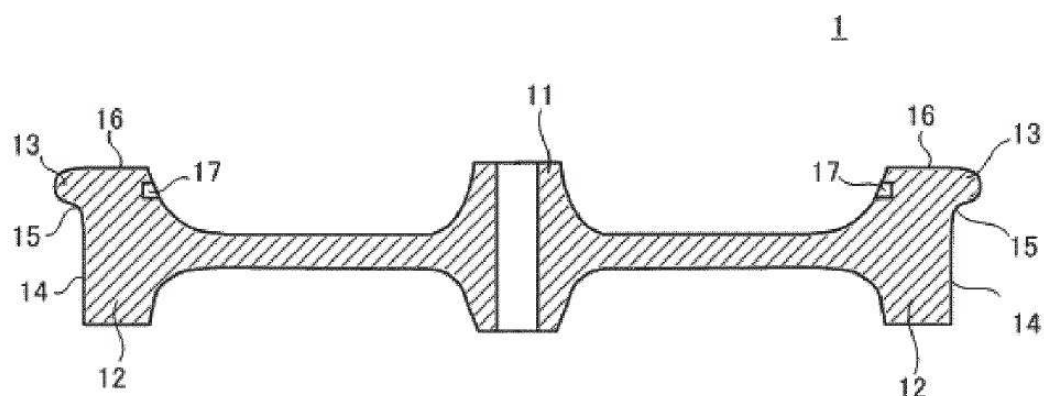


Figura 2A

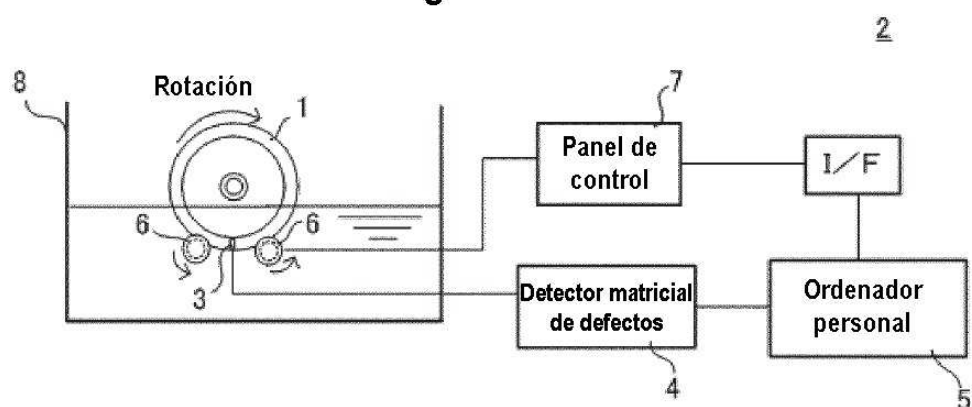


Figura 2B

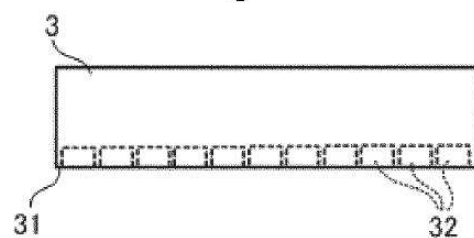


Figura 3

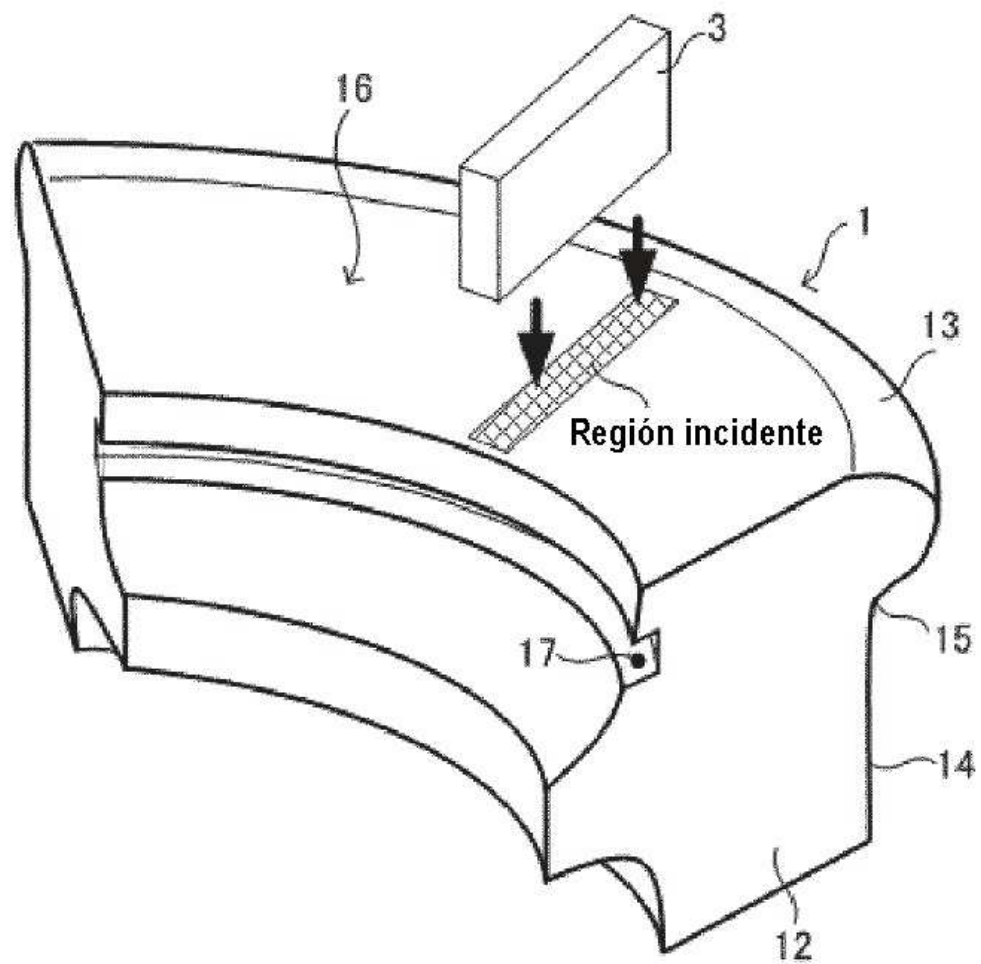


Figura 4A

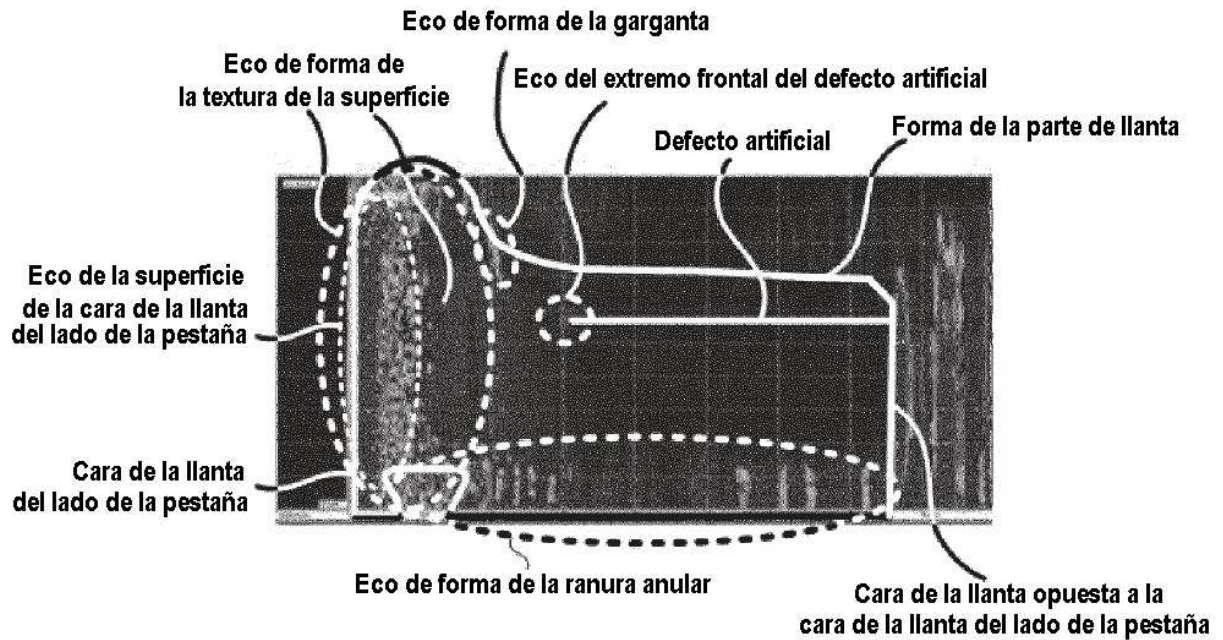


Figura 4B

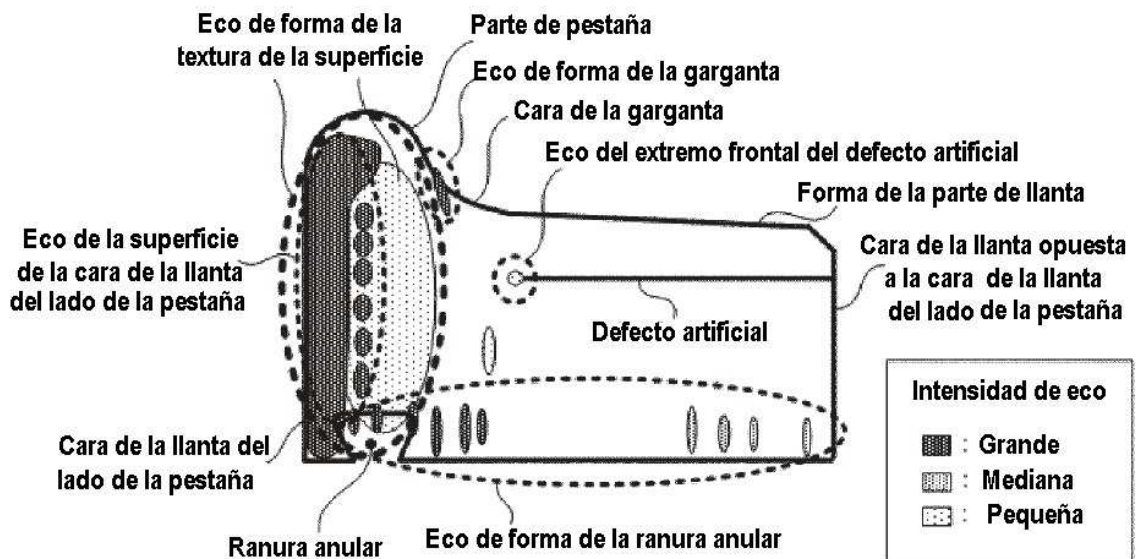


Figura 5A

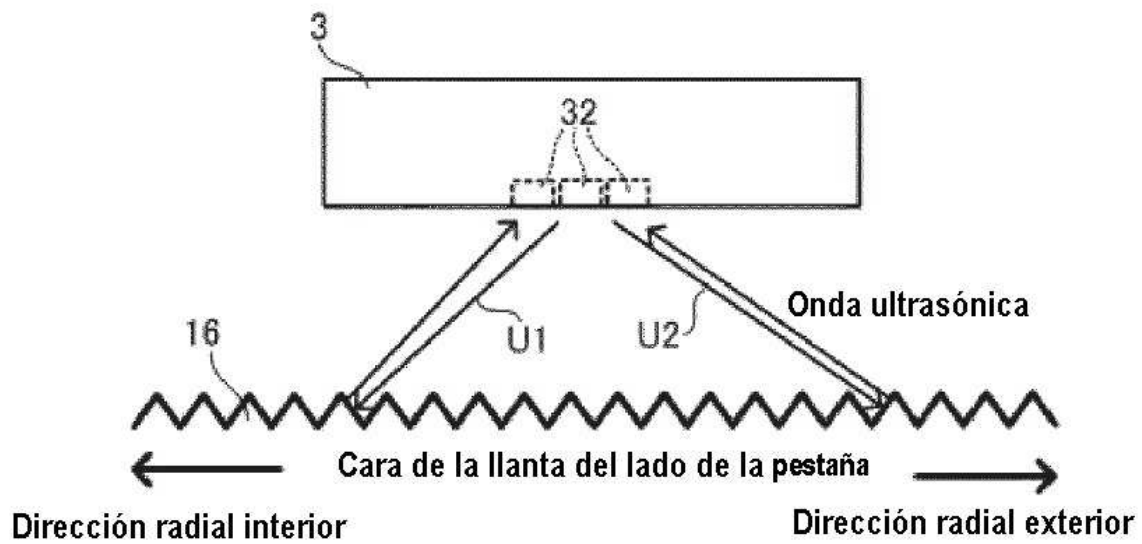


Figura 5B

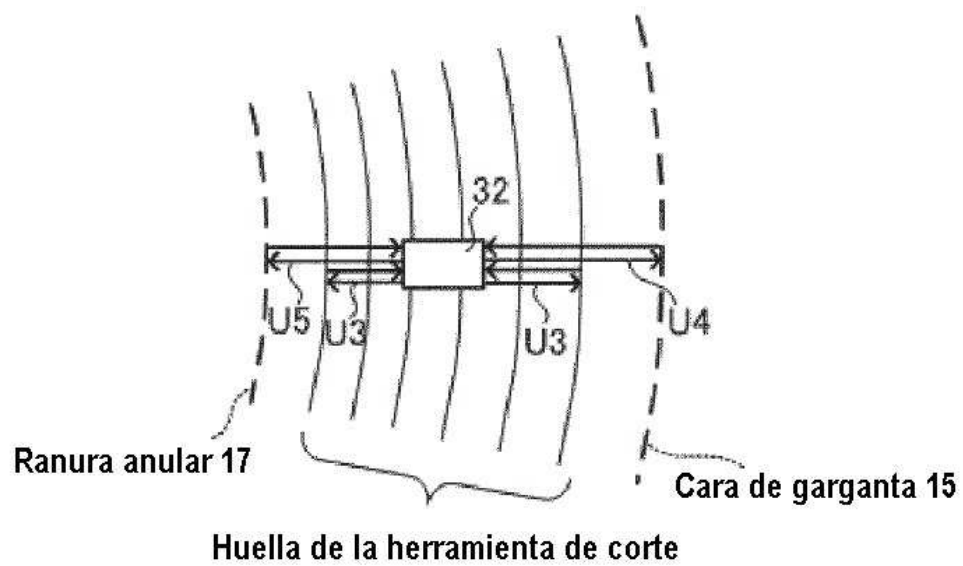


Figura 6

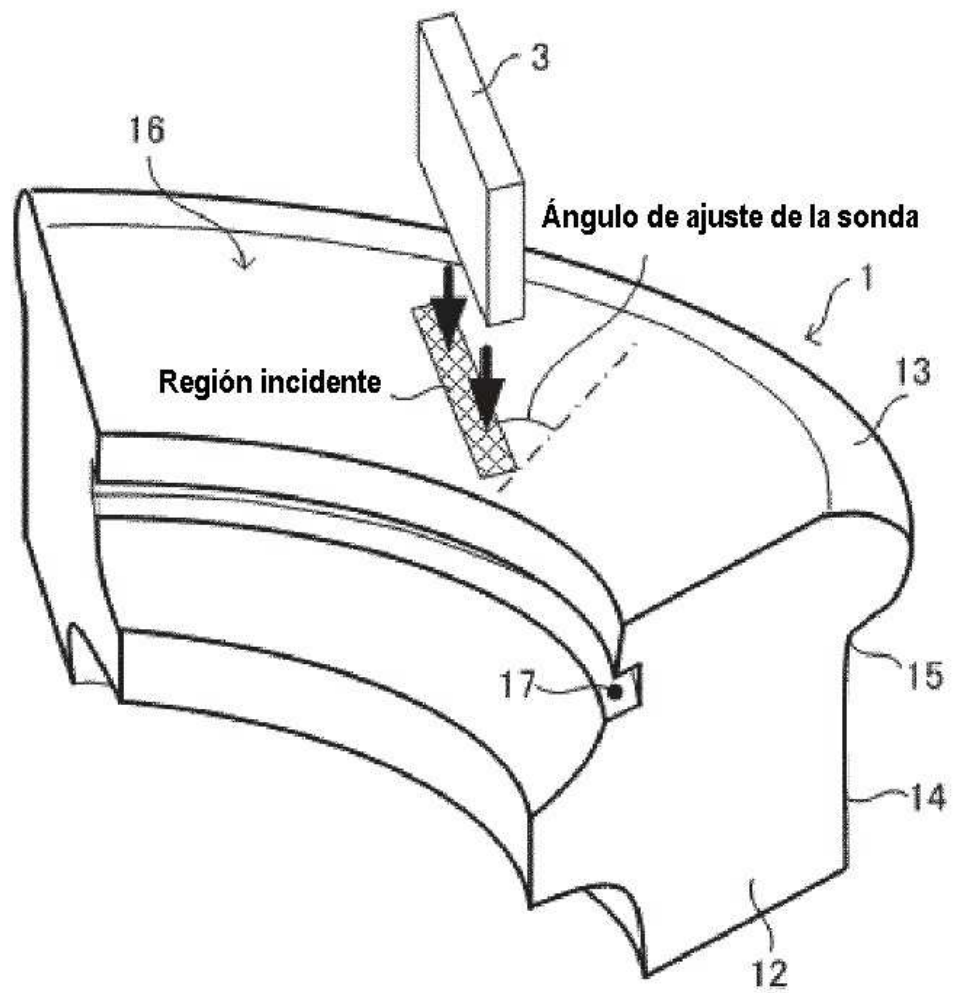


Figura 7

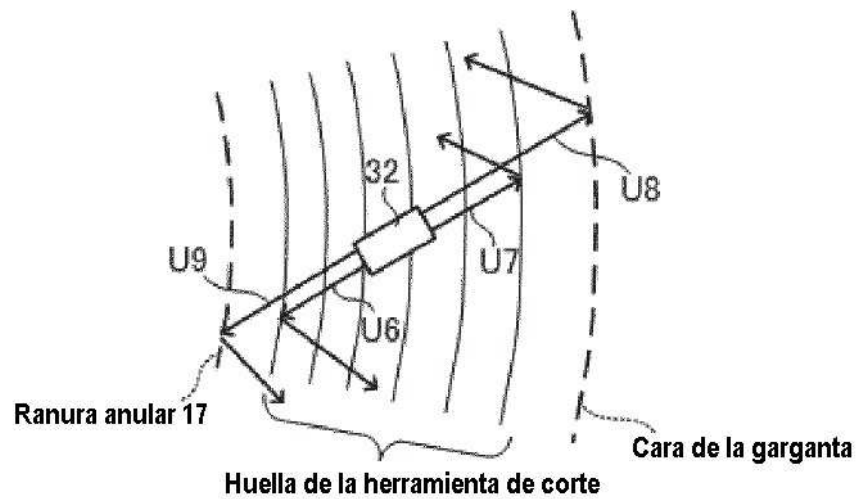


Figura 8

Ángulo de ajuste de la sonda	Intensidad del eco de forma comparada con Intensidad del eco de defecto del defecto artificial		
	Textura de la superficie	Ranura anular	Cara de la garganta
0°	C	C	C
10°	C	C	C
20°	B	B	C
30°	A	A	C
40°	A	A	B
45°	A	A	A