

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 682 419**

51 Int. Cl.:

B60B 17/00 (2006.01)

B60B 35/02 (2006.01)

B60B 35/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **17.03.2015 PCT/IB2015/051934**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.10.2015 WO15145303**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.03.2015 E 15715438 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.05.2018 EP 3122573**

54 Título: **Árbol de conjuntos de ruedas y respectivo procedimiento para inspección con ultrasonidos**

30 Prioridad:

27.03.2014 IT BS20140074

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

20.09.2018

73 Titular/es:

**LUCCHINI RS S.P.A. (100.0%)
Via G. Paglia 45
24065 Lovere (BG), IT**

72 Inventor/es:

**CANTINI, STEFANO y
CERVELLO, STEVEN**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 682 419 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

Árbol de conjuntos de ruedas y respectivo procedimiento para inspección con ultrasonidos

Alcance de la invención

5 La presente invención pertenece al campo de los vehículos ferroviarios y, en particular, se refiere a un árbol de conjuntos de ruedas diseñado para facilitar su inspección con ultrasonidos.

Estado de la técnica

En la ingeniería ferroviaria, la expresión "conjunto de rueda" está destinada a identificar el grupo de elementos que comprenden dos ruedas y el eje de conexión correspondiente, o árbol.

10 Los conjuntos de ruedas de ferrocarril soportan el vehículo ferroviario en los raíles. Por lo tanto, se imponen tensiones mecánicas y térmicas continuas por los trenes a las ruedas y a los árboles de los respectivos conjuntos de ruedas.

15 Las cargas del vehículo, las condiciones de conducción y las pequeñas discontinuidades de la línea de ferrocarril, que pueden causar tirones en el vagón, así como colisiones contra el balasto u otro material, etc., causan tensiones mecánicas. El cambio continuo de la temperatura externa y de la humedad a que se enfrentan los trenes en su camino y entre el día y la noche provocan las tensiones térmicas.

Las tensiones mecánicas y térmicas pueden causar grietas que se propagan en el árbol. Para evitar que se genere una grieta y que se propague en un árbol hasta su fallo estructural, que puede provocar accidentes graves, en muchos países se requieren controles periódicos de la integridad del árbol por ley.

20 Un examen no invasivo se lleva a cabo mediante la inspección del conjunto de rueda por medio de ultrasonidos generados por un dispositivo específico, conocido comúnmente como "*sonda giratoria*", que comprende una pluralidad de transductores ultrasónicos de ondas longitudinales y la respectiva carcasa, llamada soporte de la sonda. Usualmente, los ultrasonidos son generados por cristales piezoeléctricos y/o electrostrictivos y/o magnetostrictivos.

25 Los transductores están dispuestos en la carcasa alrededor de un árbol longitudinal y convergen o divergen, es decir, el haz de ultrasonidos, en forma de ondas longitudinales, emitido por cada transductor se propagará en el acero del árbol, formando un ángulo correspondiente con el eje longitudinal.

30 El dispositivo está limitado temporalmente a un extremo, o "cabeza", del árbol por medio de imanes, estando en sus respectivas condiciones de uso del árbol, que está pintado, con todos los componentes montados (ruedas, discos de freno, engranajes de reducción) e integral con el boje montado debajo de la cabina de ferrocarril. En particular, el dispositivo está limitado a una cabeza de árbol, de modo que el eje de rotación del árbol colima con el eje longitudinal del propio dispositivo. En esta disposición, los haces de ultrasonidos emitidos por los transductores se propagan a través del acero del árbol; si los transductores son *convergentes*, entonces generan un haz de ultrasonidos que tiene un árbol que cruza el eje de rotación del árbol y, por el contrario, si los transductores son *divergentes*, entonces generan un haz de ultrasonidos que tiene el árbol que no cruza el eje de rotación del árbol.

35 Un ángulo de propagación del haz de ultrasonidos se asocia con cada transductor: por ejemplo, si la sonda rotativa comprende tres transductores, entonces los respectivos tres haces de ultrasonidos se propagan en el árbol de acuerdo con tres diferentes ángulos correspondientes.

Un agente de acoplamiento de ultrasonidos, por ejemplo aceite, se interpone entre los transductores y la superficie exterior del extremo de árbol para maximizar la transmisión del haz de ultrasonidos.

40 Un técnico activa un transductor a la vez y hace girar la sonda (es decir, hace girar la carcasa y los transductores en la misma), de modo que el transductor cada vez activado lleva a cabo un giro completo, cubriendo así una porción anular correspondiente del árbol con su haz de ultrasonidos. La forma de la porción interceptada por cada haz de ultrasonidos depende de la anchura del propio haz y de la profundidad de penetración del haz en el acero del árbol.

45 Los ecos generados por el árbol en respuesta a la propagación del haz de ultrasonidos en cada transductor, en múltiples posiciones angulares de la sonda, son recogidos y analizados.

La razón es la siguiente: el traspaso del haz de ultrasonidos se contrasta a través de dos materiales que tienen una permeabilidad acústica diferente (en el caso específico del acero del árbol del ferrocarril y el aire presente en las discontinuidades que aparecen en la superficie). En particular, si hay una discontinuidad, por ejemplo, en defectos del árbol, tal como grietas, muescas o fracturas, las ondas de ultrasonidos se reflejan, refractan y se difunden.

50 Por lo tanto, mediante el análisis de los ecos generados por el haz de ultrasonidos de un transductor, es posible detectar defectos en el árbol en la porción interceptada por ese transductor. La repetición del análisis de todos los transductores y para ambos extremos del árbol hace que sea posible inspeccionar el árbol a lo largo de casi toda su

longitud.

5 En la práctica, la sonda de rotación se combina con un dispositivo de lectura que permite la detección de los ecos y la visualización de los gráficos correspondientes. En los gráficos, los defectos del árbol corresponden a los picos. El análisis de los ecos permite la identificación de la posición y del tamaño de los defectos para distinguir los potencialmente peligrosos.

El procedimiento descrito anteriormente también comprende la aplicación de sondas de ultrasonidos llamadas "alineamiento en fase", formada por un conjunto de sondas alineadas que pueden proporcionar, si se suministra adecuadamente, un análisis de dos dimensiones instantáneo.

10 Por ejemplo, el documento de la técnica anterior más cercano "*Phased Array Scanner Head for Train Axle Inspection*", de Rene SICARD, Gerard LANDRY, Hussam SERHAN, presentado en la "18ª Conferencia Mundial sobre pruebas no destructivas, 16-20 de abril de 2012, Durban, Sudáfrica" describe y muestra imágenes de una técnica de verificación de ultrasonidos mediante una sonda de rotación del tipo de "alineamiento en fase".

Un inconveniente encontrado durante las inspecciones se asocia con la geometría de los árboles de los conjuntos de ruedas.

15 En los extremos del árbol se obtienen orificios ciegos roscados, que son paralelos al eje de rotación del árbol y están destinados a recibir pasadores de sujeción de los rodamientos de las ruedas. Los orificios se comportan como discontinuidades, lo que afecta negativamente a la inspección con la sonda giratoria.

20 De hecho, los orificios roscados en las cabezas del árbol están directamente en línea con las trayectorias seguidas por los transductores de la sonda girada. Inevitablemente, la propagación de los haces ultrasónicos en el acero del árbol se ve afectada negativamente.

25 Por lo tanto, el técnico que realiza la inspección del árbol tiene que ajustar la posición radial de los transductores con respecto al eje longitudinal y los respectivos ángulos de convergencia/divergencia, para evitar que los haces ultrasónicos intercepten los orificios roscados, sometidos así a reflexiones, refracciones y difusiones y provocando la lectura de falsos positivos (no lecturas relevantes). Esto lleva tiempo y requiere un poco de experiencia por parte del técnico responsable de la inspección.

Sumario de la Invención

Por lo tanto, es un objeto de la presente invención proporcionar un árbol diseñado para facilitar lo más posible la inspección por medio de sondas de ultrasonidos y maximizar la calidad de la inspección.

30 También es un objeto de la presente invención proporcionar un procedimiento para la inspección de árboles de conjuntos de ruedas de ferrocarril con sondas de ultrasonidos, en los que los falsos positivos estén ausentes o presentes en número mínimo.

Por lo tanto, un primer aspecto de la presente invención se refiere a un árbol de un conjunto de rueda de ferrocarril de acuerdo con la reivindicación 1.

35 En particular, el árbol se extiende a lo largo de un eje longitudinal entre dos extremos, cada uno destinado a soportar al menos una rueda del ferrocarril y el rodamiento respectivo para formar un conjunto de rueda.

A diferencia de las soluciones tradicionales, en cada extremo se obtiene un orificio ciego, llamado orificio principal, coaxial al árbol y dimensionado para alojar una sonda de ultrasonidos, ayudando de este modo la inspección eficaz del propio árbol.

40 Los orificios principales no deben confundirse con los avellanados que a veces se encuentran en los extremos de los árboles para el centrado del árbol durante algunas operaciones, tales como torneado, y/o para permitir que las sondas tradicionales sean alineadas con el eje del árbol. Cuando se utilizan estos avellanados también para los controles ultrasónicos, que están destinados a recibir solamente un pasador de alineación de las sondas tradicionales, los transductores permanecen siempre fuera del árbol. La función y la configuración de los orificios principales son completamente diferentes, ya que están destinados a alojar al menos la porción entera de las sondas que se proporcionan con los transductores, para la inspección desde el interior del orificio.

45 La ventaja principal proporcionada por la solución propuesta es permitir que la sonda se inserte en el extremo del árbol para una cierta longitud, de modo que los ultrasonidos son capaces de propagarse sin la interferencia dada por las discontinuidades geométricas que normalmente están presentes en los extremos del árbol. En otras palabras, la solución propuesta proporciona una reducción drástica de los falsos positivos.

50 Preferiblemente, los orificios principales son accesibles desde el exterior para permitir que el técnico inserte la sonda y, más preferiblemente, son circulares para permitir la rotación de la sonda de ultrasonidos en su interior. Cabe señalar que los pequeños avellanados descritos anteriormente no permiten la inserción de una sonda de ultrasonidos.

5 En la práctica, en los extremos del árbol se obtienen unos orificios longitudinales adicionales nombrados orificios secundarios, y acoplan los tornillos de fijación del rodamiento de la rueda respectiva. En los árboles a menudo hay tres orificios secundarios. En esta circunstancia, los orificios secundarios se obtienen alrededor del respectivo orificio principal, es decir, no son coaxiales con el árbol, pero tienen un eje paralelo al eje del árbol. Los orificios secundarios tienen un diámetro que es considerablemente menor que el diámetro de los orificios principales.

En la realización preferida, los orificios principales se extienden en el árbol más profundamente que los orificios secundarios. Gracias a esta característica, los ultrasonidos generados por la sonda no se ven afectados por la presencia de los orificios secundarios, que en realidad son anulados por los ultrasonidos, de manera que no generan falsos positivos en los ecos.

10 Al menos una porción de la superficie exterior de cada extremo, llamado cojinete, se rectifica para permitir el montaje del rodamiento de la rueda. Preferiblemente, los principales orificios se extienden profundamente en el árbol en una longitud de entre el 50 % y el 120 % de la extensión longitudinal del cojinete. De este modo, los ultrasonidos generados por la sonda no se ven afectados por la presencia de los rodamientos o se ven afectados solo parcialmente.

15 Por lo tanto, un segundo aspecto de la presente invención se refiere a un procedimiento para la inspección de los árboles de los conjuntos de ruedas de ferrocarril de acuerdo con la reivindicación 7.

En particular, el procedimiento comprende las etapas de:

- 20 a) proporcionar un conjunto de rueda según la presente invención, como se describió anteriormente, y una sonda de ultrasonidos provista de uno o más transductores;
- b) insertar la sonda de ultrasonidos alternativamente en los orificios principales de los dos extremos del árbol;
- c) activar un transductor a la vez y girar la sonda en el orificio principal, de modo que la sonda realiza una o más vueltas completas;
- d) detectar los ecos que se propagan en el árbol y analizarlos para identificar posibles defectos o discontinuidades.

25 Las técnicas para el análisis de eco son conocidas y no se detallan en este documento.

Más bien, hay que señalar que el procedimiento descrito permite la inspección eficaz de los árboles, evitando así falsos positivos normalmente causados por los orificios de fijación de los casquillos o rodamientos.

Preferiblemente, se proporciona también la aplicación de un agente de acoplamiento, por ejemplo, aceite, entre la sonda de ultrasonidos y la parte inferior de los orificios principales.

30 Preferiblemente, la sonda se hace girar a una velocidad menor que, o igual a, 30° por segundo, de manera que el transductor seleccionado a su vez cubre un cono de penetración correspondiente en el árbol.

35 Preferiblemente, la sonda está provista de una o más juntas de estanqueidad exteriores, por ejemplo, juntas tóricas. Las juntas tienen la función de adherirse a la pared lateral del orificio principal, de modo que se sella un agente de acoplamiento. Una cámara de acoplamiento, básicamente un volumen, está delimitado por la parte inferior y la pared lateral del orificio principal, mediante la sonda de ultrasonidos y las respectivas juntas. El agente de acoplamiento se hace circular en la cámara de acoplamiento y las juntas evitan que se derrame.

Un tercer aspecto de la presente invención se refiere a una sonda de rotación de acuerdo con la reivindicación 10 para la inspección de ultrasonidos de los árboles descritos anteriormente.

40 La sonda de ultrasonidos comprende un cuerpo dispuesto para acomodar uno o más transductores ultrasónicos, que pueden converger o divergir (en el sentido dado anteriormente a estos términos) o tienen un ángulo ajustable. Una o más juntas de estanqueidad exteriores están dispuestas en el cuerpo de una manera tal que el cuerpo de la sonda se puede insertar en los orificios principales del árbol, de manera que se sella el agente de acoplamiento. De acuerdo con esta disposición, el cuerpo de la sonda se comporta como un pistón insertado en uno de los orificios principales del árbol, con las juntas deslizándose en la pared interior del orificio.

45 Preferiblemente, los transductores están dispuestos en una cara frontal del cuerpo de la sonda, estando la cara destinada a apuntar hacia el fondo de un orificio principal del árbol. La sonda comprende medios de aducción de un agente de acoplamiento a la cara frontal. Por ejemplo, estos medios de aducción comprenden una bomba de recirculación, también externa, un conducto de alimentación que preferiblemente se abre en la cara frontal y un drenaje para la descarga del agente de acoplamiento desde la cara delantera, de modo que el agente de acoplamiento se distribuyera entre los transductores y el árbol, en la llamada cámara de acoplamiento, cuando se inserta la sonda en un orificio principal.

Breve descripción de los dibujos:

Otras características y ventajas de la invención serán más evidentes a partir de una revisión de la siguiente memoria de un modo de realización preferido, pero no exclusivo, que se muestra para fines de ilustración solamente y no

limitativa, con la ayuda de los dibujos adjuntos, en los que:

- La figura 1 es una vista en perspectiva de una sonda de ultrasonidos rotativa de tipo tradicional;
- La figura 2 es una vista en perspectiva de un conjunto de rueda tradicionalmente inspeccionado mediante la sonda mostrada en la figura 1;
- 5 • La figura 3 muestra una vista en perspectiva de un árbol de conjuntos de ruedas ferrocarril de acuerdo con la presente invención;
- La figura 4 muestra una vista en perspectiva de un árbol y una sonda de acuerdo con la presente invención, en uso;
- 10 • La figura 5 es una vista esquemática en sección de un árbol de acuerdo con la presente invención, durante la inspección;
- La figura 6 es a vista esquemática lateral del árbol mostrado en la figura 5;
- La figura 7 es un diagrama de los ecos detectados durante una inspección del árbol mostrado en la figura 5.

Descripción detallada de la invención

15 La figura 1 muestra una sonda de ultrasonidos giratoria 1 de tipo tradicional, provista de un cuerpo 2, a su vez equipado con un mango de sujeción 3 y un pomo giratorio 4, siendo este último operable manualmente por el técnico para girar la sonda 1 durante una inspección del árbol. Unos transductores de ultrasonidos 7 están montados en la porción de cabeza de la sonda 1 en la cara frontal 5. En el ejemplo ilustrado se muestran cuatro transductores 7, aunque pueden ser generalmente un número diferente.

20 El pasador de alineación 6 sobresale de la cara frontal 5 de la sonda, que se inserta en un avellanado correspondiente formado en la parte delantera de los extremos de los árboles tradicionales. El pasador 6 permite al técnico alinear fácilmente la sonda 1 en el eje longitudinal del árbol a inspeccionar.

Como se explicó anteriormente, los transductores 7 pueden ser convergentes o divergentes o están montados en el cuerpo 2 de la sonda 1, de modo que el técnico puede ajustar su ángulo de acuerdo con las necesidades.

25 La figura 2 muestra una porción de un conjunto de rueda de ferrocarril 8 tradicional que comprende unas ruedas 9 y un árbol 10. Un técnico movió la sonda 1 topando contra el extremo 11 del árbol 10, de manera que se acopla operativamente al árbol 10. Para girar la sonda 1 por lo menos 360°, girando así el haz de ultrasonidos generado por el transductor 7 activado, el técnico gira el pomo 4.

30 Por medio del dispositivo de detección y análisis 12, el técnico analiza los ecos generados en el árbol 10 por los ultrasonidos que se propagan en el material del propio árbol. Los picos corresponden a las discontinuidades detectadas. También mediante el aprovechamiento de su experiencia, el técnico tiene que distinguir los falsos positivos de posibles defectos reales del árbol 10.

35 La figura 3 muestra un árbol 100 según la presente invención que es diferente de la técnica anterior, ya que tiene dos orificios ciegos 103 formados cada uno en un extremo 101, 102. La superficie exterior de los extremos 101, 102 se rectifica al menos parcialmente para permitir el montaje de los rodamientos 105 de las ruedas. La superficie rectificada 107 lleva el nombre de *cojinete*.

La figura 4 explica la ventaja dada por los orificios ciegos 103, llamados a partir de ahora como orificios principales.

En cada extremo 101, 102, los orificios principales 103 son coaxiales con el árbol 100 y son radialmente internos con respecto a los orificios secundarios 104 para la fijación del casquillo del rodamiento 105 de la rueda (no mostrado).

40 Una sonda de ultrasonidos 200 de acuerdo con la presente invención se puede insertar en los orificios principales 103 para la inspección del árbol. Como se muestra en la figura 4, la sonda 200 no topa simplemente contra el extremo 101, 102, como en la técnica anterior, sino que se inserta en el árbol 100 hasta la parte inferior del orificio principal 103 y se hace girar en el mismo por parte del técnico.

Esta solución ofrece la ventaja de que el ultrasonido generado por la sonda 200 no intercepta ni los orificios secundarios 104 ni el rodamiento 105 (en la mayor parte de este último, pero solo parcialmente).

45 El solicitante llevó a cabo pruebas que demostraron que, en comparación con un árbol tradicional, la solución propuesta implica un número mucho menor de falsos positivos, lo que significa menos picos en las lecturas de los ecos.

50 Preferiblemente, como se muestra en la figura, cuando el técnico inserta la sonda, se forma una cámara de acoplamiento 300 entre la sonda 200 y la parte inferior y la pared lateral del orificio principal 103. En particular, la cámara de acoplamiento 300 está delimitada por la parte inferior y la pared lateral del orificio 103, por la cara frontal 201 de la sonda 200 (en la que se proporcionan los transductores que no se muestran por motivos de simplicidad) y por al menos una junta de estanqueidad 202, por ejemplo, una junta tórica, que rodea la sonda 200 con una configuración como un pistón con respecto al orificio 103.

Un agente de acoplamiento se hace circular dentro de la cámara de acoplamiento **300**, como se muestra mediante las flechas, por medio de conductos de alimentación **203** y desagües **204**, conectados a una bomba de recirculación exterior (no mostrada).

5 La referencia **106** indica una cubierta de la rueda que evita que los agentes de acoplamiento se derramen sobre la sonda **200**.

El rodamiento **105** está montado en el cojinete **107**. Preferiblemente, el orificio principal **103** tiene una profundidad al menos igual al **50** % de la extensión longitudinal del cojinete **107**.

10 Haciendo referencia a la figura **5**, que muestra una sección parcial del árbol **100** durante la inspección, el técnico activa un transductor **7** a la vez, entre los que se montan en la sonda **200** (no mostrada en esta figura por motivos de simplicidad). Cada transductor está montado para formar un ángulo correspondiente con el eje longitudinal X del árbol **100**. En el ejemplo mostrado en la figura, el transductor **7** forma un ángulo de **30°** con respecto al eje longitudinal X.

15 El transductor **7** genera un haz de ultrasonidos UT que se propaga en el árbol **100**, desde la parte inferior del orificio principal **103**. Mediante la rotación de la sonda **200**, el haz de ultrasonidos UT también se desplaza para inspeccionar una porción anular correspondiente del árbol **100**. Las áreas indicadas como "Puerta 1" y "Puerta 2" corresponden a dos áreas separadas en el gráfico que se muestra en la figura **7**.

La figura **6** muestra el mismo árbol **100** de la figura **5**, en una vista lateral en lugar de en sección transversal. Una muesca B, que se muestra esquemáticamente como un rectángulo negro, se hizo en el árbol a una distancia de **230** mm desde el borde del extremo **101**.

20 La figura **7** muestra el diagrama correspondiente a las lecturas de los ecos del haz de ultrasonidos UT. La distancia se indica en la coordenada x y el porcentaje de la energía de ultrasonidos reflejada con respecto a una cantidad estándar en la coordenada y. En la muesca B hay un pico que muestra al técnico que la muesca está a solo **130** mm desde cero. Los orificios secundarios **104** y el rodamiento del cojinete del árbol **100** no afectan a la lectura.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Un árbol (100) de un conjunto de rueda de ferrocarril que se extiende a lo largo de un eje longitudinal (X) entre dos extremos (101, 102), destinado tanto para soportar una rueda de ferrocarril como el respectivo rodamiento (105) para formar un conjunto de rueda, caracterizado porque en ambos extremos (101, 102) hay un orificio ciego (103), llamado *orificio principal*, coaxial al árbol (100) y dimensionado para alojar una sonda de ultrasonidos (200), ayudando de este modo a la inspección del propio árbol (100).
2. Árbol (100) según la reivindicación 1, en el que los orificios principales (103) son accesibles desde el exterior y son circulares para permitir la rotación de la sonda de ultrasonidos (200) insertada en su interior.
- 10 3. Árbol (100) según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que, en ambos extremos (101, 102), se obtienen unos orificios longitudinales adicionales (104), llamados orificios secundarios, y se acoplan con los tornillos de fijación del rodamiento (105) de la rueda respectiva, o su casquillo, y en el que los orificios secundarios (104) se obtienen alrededor del respectivo orificio principal (103), es decir, no son coaxiales con el árbol.
- 15 4. Árbol (100) según la reivindicación 3, en el que el diámetro de los orificios secundarios (104) es despreciable con respecto al diámetro de los orificios principales (103).
5. Árbol (100) según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que los orificios principales (103) se extienden en el árbol (100) más profundamente que los orificios secundarios (104), de modo que los ultrasonidos hechos por la sonda (200) no se ven afectados por la presencia de los orificios secundarios (104).
- 20 6. Árbol (100) según una cualquiera de las reivindicaciones anteriores 1 a 5, en el que al menos una porción (107) de la superficie exterior de ambos extremos, llamada *cojinete*, se rectifica para permitir que encaje el rodamiento (105) de una rueda, y en el que los orificios principales (103) se extienden profundamente en el árbol (100) en una longitud de entre el 50 % y el 120 % de la extensión longitudinal del cojinete (107), de modo que los ultrasonidos generados por la sonda (100) no se ven afectados por la presencia de los rodamientos (105) o se ven afectados solo parcialmente.
- 25 7. Un procedimiento para la inspección con ultrasonidos de un conjunto de rueda de ferrocarril, que comprende las etapas de:
 - a) proporcionar un conjunto de rueda provisto de un árbol (100) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6 y una sonda de ultrasonidos (200) provista de uno o más transductores (7);
 - b) insertar la sonda de ultrasonidos (200) alternativamente en los orificios principales (103) de los dos extremos (101, 102) del árbol;
 - 30 c) activar un transductor (7) a la vez y girar la sonda en el orificio principal, de modo que la sonda realiza una o más vueltas completas;
 - d) detectar los ecos que se propagan en el árbol (100) y analizarlos para identificar posibles defectos o discontinuidades (B).
8. Procedimiento según la reivindicación 7, que comprende una o más de las siguientes etapas adicionales:
 - 35 e) aplicar un agente de acoplamiento, preferiblemente aceite, entre la sonda de ultrasonidos (200) y la parte inferior de los orificios principales (103);
 - f) girar la sonda a una velocidad menor que, o igual a, 30° por segundo.
9. Procedimiento según la reivindicación 8, en el que la etapa e) proporciona:
 - 40 - aplicar una o más juntas de estanqueidad externas (202), por ejemplo, juntas tóricas, a la sonda de ultrasonidos (200), y
 - definir una cámara de acoplamiento (300) limitada por la parte inferior del orificio principal (103), por la pared lateral del orificio principal (103), por la sonda de ultrasonidos (200) y las respectivas juntas (202), y en el que el agente de acoplamiento se hace circular en la cámara de acoplamiento (300).
- 45 10. Una sonda de ultrasonidos (200) para la inspección de un árbol de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende un cuerpo dispuesto para acomodar uno o más transductores ultrasónicos convergentes o divergentes (7), o transductores que tienen un ángulo ajustable, y una o más juntas de estanqueidad exteriores (202), caracterizada porque la sonda (200) puede ser insertada en los orificios principales (103) del árbol (100) de manera que un agente de acoplamiento, por ejemplo un aceite, sea sellado por las juntas.
- 50 11. Sonda según la reivindicación 10, en la que los transductores (7) están dispuestos en una cara frontal (201) del cuerpo de la sonda (200) destinados a estar frente a la parte inferior de un orificio principal (103) del árbol (100), y que comprende medios de aducción de un agente de acoplamiento a dicha cara frontal (201), en la que los medios de aducción comprenden una bomba, un conducto de alimentación (203) que se abre en la cara frontal y un drenaje (204) para la descarga del agente de acoplamiento de la cara frontal, de modo que el agente de acoplamiento puede circular entre los transductores (7) y el árbol (100) cuando se inserta la sonda (200) en un orificio principal (103).



