

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 765 744**

51 Int. Cl.:

G01B 21/16 (2006.01)

G01B 11/14 (2006.01)

G01B 17/02 (2006.01)

G01B 7/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.11.2016 PCT/JP2016/084834**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.07.2017 WO17126218**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.11.2016 E 16886457 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **23.10.2019 EP 3370035**

54 Título: **Dispositivo de medición de huecos y método de medición de huecos**

30 Prioridad:

20.01.2016 JP 2016009096

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

10.06.2020

73 Titular/es:

**MITSUBISHI HEAVY INDUSTRIES, LTD. (100.0%)
16-5 Konan 2-chome, Minato-ku
Tokyo 108-8215, JP**

72 Inventor/es:

**SASANO, YUICHI;
YOSHITOMI, KEI;
GOTO, TAKUYA y
KUBOTA, TAKAHIRO**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 765 744 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

Dispositivo de medición de huecos y método de medición de huecos

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un dispositivo de medición de huecos y a un método de medición de huecos.

10 Antecedentes de la técnica

15 Medidores de separación se han utilizado en las técnicas relacionadas para medir huecos que son demasiado estrechos para ser medidos mediante calibradores vernier, calibradores cónicos o similares. Un medidor de separación es una herramienta que está formada por placas metálicas delgadas llamadas "hoja" y la hoja se inserta en un hueco para medir las dimensiones del hueco. Para medir con precisión las dimensiones de un hueco, la hoja de dicho calibre de separación debe insertarse horizontalmente con respecto al hueco. El documento de patente 1 divulga un método de medición de huecos en el que las posiciones de dos triángulos formados en ambos lados de un hueco cara a cara se miden mediante la coincidencia de patrones, y el hueco se mide basándose en las posiciones de los dos triángulos.

20 El documento US 2013/228015 A1 divulga un aparato de medición y un método para medir espesores de capa de una o más capas de una pila de obleas, el aparato de medición comprende un transmisor para emitir señales en forma de ondas electromagnéticas o de ultrasonidos, un receptor para recibir las señales reflejadas en la pila de obleas y una unidad de evaluación para evaluar las señales y calcular los espesores de capa. El documento JP S64 74405 A divulga un método para medir un hueco de trabajo en el momento de la soldadura por arco proyectando un haz de luz de exploración en un par de trabajos y detectando una forma en sección según el principio del sondeo trigonométrico.

25 Sumario de la invención**Problema a resolver por la invención**

30 Sin embargo, cuando se utiliza dicho calibre de separación para medir un hueco, el grado en que la hoja está horizontal al hueco durante la inserción puede diferir entre los trabajadores que usan el calibre de separación. La hoja también puede dañar el material que forma el hueco. También se puede colocar una carga pesada sobre los trabajadores en un caso donde hay muchas áreas donde se debe medir un hueco.

35 Con el método descrito en el documento JP 06-288713 A, la forma de las entidades que forman el hueco es un requisito, por ejemplo, triángulos se forman en ambos lados del hueco. Por lo tanto, no se pueden medir los huecos en materiales formados por placas que se superponen entre sí en una dirección de espesor.

40 Después de haber sido alcanzado en vista de lo anterior, un objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo de medición de huecos y un método de medición de huecos que, al medir un hueco en un material formado de placas que se superponen entre sí en una dirección de espesor, suprime la falta de uniformidad entre los trabajadores y reduce el daño al material que forma el hueco.

45 Medios para resolver el problema

50 Para resolver el problema descrito anteriormente y lograr el objetivo, un dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la presente invención incluye las características de la reivindicación 1, que comprende, entre otras cosas, un dispositivo de medición que mide un hueco entre una placa superior y una placa inferior en un material formado por la placa superior y la placa inferior que se superponen entre sí en una dirección de espesor, e incluye: un sensor de medición de espesor de placa que mide el espesor de una placa, siendo el espesor de la placa un espesor de la placa superior; un sensor de medición de escalón que mide un escalón, siendo el escalón una distancia entre una superficie superior de la placa superior y una superficie superior de la placa inferior; y una unidad de cálculo que calcula el hueco entre la placa superior y la placa inferior restando el espesor de la placa de escalón.

55 Este dispositivo de medición de huecos calcula la diferencia restando el espesor de la placa medida por el sensor de medición de espesor de la placa del escalón medido por el sensor de medición de escalón, y por lo tanto puede suprimir no uniformidades entre trabajadores y reducir situaciones en las que el material que forma el hueco está dañado.

60 El dispositivo de medición de huecos según la presente invención incluye además: un sensor de desplazamiento que mide un primer desplazamiento, siendo el primer desplazamiento un desplazamiento en la dirección del espesor, de una porción de soporte que soporta el sensor de medición de espesor de la placa en una dirección vertical; y una unidad de determinación de disposición que determina una disposición del sensor de medición de espesor de la placa frente a la superficie superior de la placa superior, en el que el sensor de medición de espesor de la placa mide un segundo desplazamiento y un primer ángulo de disposición, siendo el segundo desplazamiento un desplazamiento del sensor de medición de espesor de la placa en la dirección del espesor, y siendo el primer ángulo de disposición un ángulo de disposición

- del sensor de medición de escalón frente a la superficie superior de la placa superior; la unidad de cálculo calcula un segundo ángulo de disposición sobre la base de una distancia entre el sensor de medición del espesor de la placa y el sensor de medición de escalón en cada uno de los puntos de medición, el primer desplazamiento y el segundo desplazamiento, siendo el segundo ángulo de disposición un componente del ángulo de disposición del sensor de medición del espesor de la placa orientado hacia la superficie superior de la placa superior; y la unidad de determinación de disposición determina la disposición sobre la base del primer ángulo de disposición y el segundo ángulo de disposición. A través de esto, se puede determinar si las disposiciones de los sensores son adecuadas para medir el hueco y, por lo tanto, las no uniformidades entre trabajadores se pueden eliminar de manera más fiable.
- 5
- 10 Preferiblemente, el dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la presente invención que incluye la unidad de determinación de disposición incluye además una platina goniométrica que sujeta el sensor de medición de espesor de la placa, el sensor de medición de escalón, y el sensor de desplazamiento de tal manera que el sensor de medición de espesor de la placa, el sensor de medición de escalón y el sensor de desplazamiento son móviles a lo largo de un plano de arco circular que ocupa una distancia de la superficie superior de la placa superior como un radio, en el que en un caso en el que se determina que la disposición no es adecuada para medir el hueco, la unidad de cálculo calcula un valor de corrección para la disposición y envía el valor de corrección a la platina goniométrica; y la platina goniométrica corrige la disposición de acuerdo con el valor de corrección recibido desde la unidad de cálculo. A través de esto, las disposiciones de los sensores pueden corregirse a disposiciones adecuadas para medir el hueco y, por lo tanto, las no uniformidades entre trabajadores pueden suprimirse de manera aún más fiable.
- 15
- 20 Preferiblemente, en el dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la presente invención, el sensor de desplazamiento también mide una presión aplicada a la placa superior por el sensor de medición de espesor de la placa. A través de esto, al medir el hueco formado entre la placa superior y la placa inferior que constituye el material con la placa superior y la placa inferior no unidas entre sí, se puede medir la presión, que es una condición para medir el hueco.
- 25
- 30 Preferiblemente, en el dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la presente invención, el sensor de medición de espesor de la placa es un sensor de ultrasonidos que emite ondas de ultrasonidos hacia la superficie superior de la placa superior desde arriba de la placa superior y detecta las ondas de ultrasonidos reflejadas por la superficie superior y una superficie inferior de la placa superior. A través de esto, el uso de ondas de ultrasonidos permite que el espesor de la placa se mida con precisión con el contacto hecho solo con la superficie superior de la placa superior, y, por lo tanto, las situaciones en las que el material que forma el hueco se daña se pueden reducir de manera más fiable, mientras que se puede mejorar la precisión de la medición de huecos.
- 35
- 40 Preferiblemente, en el dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la presente invención, el sensor de medición de espesor de la placa incluye una unidad de sensor de rodillo, estando soportada la unidad de sensor rodillo de manera que sea rotativa alrededor de un eje que se extiende en una dirección paralela al material, y girando en respuesta al movimiento a lo largo del material. A través de esto, la rotación de la unidad de sensor de rodillo sobre el material permite que los sensores se muevan continuamente a lo largo del material y, por lo tanto, se pueden medir consecutivamente una pluralidad de puntos de medición de huecos.
- 45
- 50 Preferiblemente, el dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la presente invención, en la que el sensor de medición de espesor de la placa incluye la unidad de sensor de rodillo, incluye además un rodillo proporcionado en paralelo a la unidad de sensor de rodillo, estando soportado el rodillo de manera que sea giratorio alrededor un eje paralelo a un eje de la unidad de sensor de rodillo, y girando junto con la unidad de sensor de rodillo en respuesta al movimiento a lo largo del material. A través de esto, la unidad de sensor de rodillo se puede mover continuamente de manera estable a lo largo del material y, por lo tanto, las no uniformidades entre trabajadores se pueden suprimir de manera más fiable incluso cuando la medición se realiza consecutivamente en una pluralidad de puntos de medición del hueco.
- 55
- 60 Preferiblemente, en el dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la presente invención, el sensor de medición de espesor de la placa es un sensor láser que emite un láser desde encima de la placa superior hacia una zona donde tanto la placa superior como la placa inferior están expuestas en la parte superior del material, y detecta el láser reflejado por la superficie superior de la placa superior y la superficie superior de la placa inferior. A través de esto, el uso del láser permite que el espesor de la placa se mida con precisión sin contacto con el material y, por lo tanto, las situaciones en las que el material que forma el hueco se daña se pueden reducir de manera más fiable mientras se puede mejorar la precisión de la medición del hueco.
- 65
- 70 Preferiblemente, el dispositivo de medición de huecos según la presente invención incluye además un dispositivo de accionamiento que sujeta el sensor de medición de espesor de la placa y el sensor de medición de escalón de tal manera que el sensor de medición del espesor de la placa y el sensor de medición de escalón son móviles en direcciones tridimensionales. A través de esto, los sensores se pueden mover automáticamente a lo largo del material y, por lo tanto, se puede suprimir la falta de uniformidad entre trabajadores y reducir la carga sobre los trabajadores.
- 75
- 80 Un método de medición de huecos según la presente invención para medir un hueco entre una placa superior y una placa inferior en un material formado de la placa superior y la placa inferior que se superponen entre sí en una dirección

de espesor incluye las características de la reivindicación 9, que comprende, entre otras, las etapas de: medir el espesor de una placa con un sensor de medición del espesor de la placa, siendo el espesor de la placa un espesor de la placa superior; medir un escalón con un sensor de medición de escalón, siendo el escalón una distancia entre una superficie superior de la placa superior y una superficie superior de la placa inferior; y calcular el hueco entre la placa superior y la placa inferior restando el espesor de la placa del escalón.

Este método de medición de huecos se utiliza para el cálculo de la diferencia restando el espesor de la placa medida por el sensor de medición de espesor de placa de la etapa de medición por el sensor de medición de escalón, haciendo así posible suprimir no uniformidades entre trabajadores y reducir las situaciones donde el material que forma el hueco está dañado.

El método de medición de huecos de acuerdo con la presente invención incluye además las etapas de: medir un primer desplazamiento, siendo el primer desplazamiento un desplazamiento, en la dirección del espesor, de una porción de soporte que soporta el sensor de medición de espesor de la placa en una dirección vertical; medir un segundo desplazamiento, siendo el segundo desplazamiento un desplazamiento, en la dirección del espesor, del sensor de medición de escalón; medir un primer ángulo de disposición, siendo el primer ángulo de disposición un ángulo de disposición del sensor de medición de escalón frente a la superficie superior de la placa superior; calcular un segundo ángulo de disposición sobre la base de una distancia entre el sensor de medición del espesor de la placa y el sensor de medición de escalón en cada uno de los puntos de medición, el primer desplazamiento y el segundo desplazamiento, siendo el segundo ángulo de disposición un componente del ángulo de disposición del sensor de medición de espesor de la placa frente a la superficie superior de la placa superior; y determinar la disposición sobre la base del primer ángulo de disposición y el segundo ángulo de disposición. A través de esto, se puede determinar si las disposiciones de los sensores son adecuadas para medir el hueco y, por lo tanto, las no uniformidades entre trabajadores se pueden eliminar de manera más fiable.

Preferiblemente, el método de medición de huecos de acuerdo con la presente invención, que incluye la etapa de determinar la disposición, incluye además las etapas de: calcular, en un caso donde la disposición se determina que es inadecuada para la medición del hueco, un valor de corrección para la disposición; y corregir la disposición de acuerdo con el valor de corrección. A través de esto, las disposiciones de los sensores pueden corregirse a disposiciones adecuadas para medir el hueco y, por lo tanto, las no uniformidades entre los trabajadores pueden suprimirse de manera aún más fiable.

Preferiblemente, en el método de medición de huecos de acuerdo con la presente invención, la etapa de medir un espesor de placa mide el espesor de la placa mediante la emisión de ondas de ultrasonidos hacia la placa superior desde arriba de la placa superior y la detección de las ondas de ultrasonidos reflejadas por la superficie superior y una superficie inferior de la placa superior. A través de esto, el uso de ondas de ultrasonidos permite que el espesor de la placa se mida con precisión con el contacto hecho solo con la superficie superior de la placa superior, y, por lo tanto, las situaciones en las que el material que forma el hueco se daña se pueden reducir de manera más fiable, mientras que se puede mejorar la precisión de la medición de huecos.

Preferiblemente, en el método de medición de huecos de acuerdo con la presente invención, la etapa de medir un escalón mide el escalón mediante la emisión de un láser de encima de la placa superior hacia una zona donde tanto la placa superior como la placa inferior están expuestas en la parte superior del material, y detectando el láser reflejado por la superficie superior de la placa superior y la superficie superior de la placa inferior. A través de esto, el uso del láser permite que el escalón se mida con precisión sin contacto con el material y, por lo tanto, las situaciones en las que el material que forma el hueco se daña se pueden reducir de manera más fiable mientras se puede mejorar la precisión de la medición del hueco.

Preferiblemente, el método de medición de huecos de acuerdo con la presente invención incluye además la etapa de mover un área donde el hueco se mide a lo largo de una dirección horizontal del material. A través de esto, los sensores se pueden mover automáticamente a lo largo del material y, por lo tanto, se puede suprimir la falta de uniformidad entre trabajadores y reducir la carga sobre los trabajadores.

Preferiblemente, el método de medición de separación según la presente invención incluye además las etapas de: aplicar una presión al material a lo largo de la dirección del espesor del material en la medición del hueco; y medir la presión. A través de esto, el hueco formado entre la placa superior y la placa inferior que constituye el material se puede medir incluso con la placa superior y la placa inferior no unidas entre sí, y por lo tanto el hueco así formado se puede medir de antemano antes de que el material sea fabricado. Además, al medir el hueco formado entre la placa superior y la placa inferior que constituye el material con la placa superior y la placa inferior no unidas entre sí, se puede medir la presión, que es una condición para medir el hueco.

Efecto de la invención

Según la presente invención, se puede lograr un dispositivo de medición de huecos y un método de medición de huecos que, al medir un hueco en un material formado de placas que se superponen entre sí en una dirección de espesor, suprime la falta de uniformidad entre trabajadores y reduce el daño al material que forma el hueco.

Breve Descripción de los Dibujos

La figura 1 es un diagrama que ilustra un perfil de un dispositivo de medición de huecos de acuerdo con una primera realización de la presente invención.

5 La figura 2 es un ejemplo de una vista lateral que ilustra la configuración del dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

La figura 3 es un ejemplo de una vista lateral que ilustra la configuración del dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

10 La figura 4 es un flujo de datos en el dispositivo de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

La figura 5 es un diagrama que ilustra una relación en la que la relación posicional entre una unidad de detección de ultrasonidos y una placa superior se correlaciona con una trayectoria de ondas de ultrasonidos.

La figura 6 es un diagrama que ilustra una relación en la que la relación posicional entre la unidad de detección de ultrasonidos y la placa superior se correlaciona con la trayectoria de las ondas de ultrasonidos.

15 La figura 7 es un diagrama de flujo que ilustra un método de medición de huecos de acuerdo con un ejemplo.

La figura 8 es un diagrama de flujo perteneciente a la determinación de disposición en el método de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención.

La figura 9 es un diagrama que ilustra la configuración de un dispositivo de medición de huecos de acuerdo con una segunda realización de la presente invención.

20 La figura 10 es un diagrama que ilustra la configuración de un dispositivo de medición de huecos de acuerdo con una tercera realización de la presente invención.

Descripción de las realizaciones preferidas

25 Un dispositivo de medición de huecos y un método de medición de huecos de acuerdo con realizaciones de la presente invención se describirán en detalle a continuación sobre la base de los dibujos. Debe tenerse en cuenta que la presente invención no se limita a las siguientes realizaciones, y las realizaciones pueden modificarse apropiadamente para su implementación.

30 La figura 1 es un diagrama que ilustra un perfil de un dispositivo de medición de huecos 20 de acuerdo con una primera realización de la presente invención. La figura 2 es un ejemplo de una vista lateral que ilustra la configuración del dispositivo de medición de huecos de 20 acuerdo con la primera realización de la presente invención. La figura 2 es una vista lateral vista desde una dirección ortogonal a un plano XZ, que se describirá más adelante. La figura 3 es un ejemplo de una vista lateral que ilustra la configuración del dispositivo de medición de huecos de 20 acuerdo con la primera realización de la presente invención. La figura 3 es una vista lateral vista desde una dirección ortogonal a un plano YZ, que se describirá más adelante. La figura 4 es un flujo de datos en el dispositivo de medición de huecos 20 de acuerdo con la primera realización de la presente invención. La figura 4 también ilustra un flujo de datos en un dispositivo de medición de huecos 50 de acuerdo con una tercera realización, que se describirá más adelante. El dispositivo de medición de huecos 20 se describirá a continuación con referencia a las figuras 1 a 4.

40 Como se ilustra en la figura 1, el dispositivo de medición de separación 20 se usa como un dispositivo de medición que mide una separación G entre una placa superior 12 y una placa inferior 14 (véase la figura 2). La placa superior 12 y la placa inferior 14 se superponen entre sí en una dirección de espesor correspondiente a una dirección del eje Z para formar un material 10. Específicamente, como se ilustra en la figura 2, el hueco G es una distancia entre una superficie inferior 12b de la placa superior 12 y una superficie superior 14a de la placa inferior 14. Aunque un trabajador puede usar el dispositivo de medición de huecos 20 manualmente, es preferible que el dispositivo de medición de huecos 20 se use mientras lo sostiene un brazo de robot 16 para que pueda moverse en direcciones tridimensionales, es decir, en una dirección del eje X que es ortogonal a la dirección del eje Z y en el que se extiende una superficie de extremo de la placa superior 12, una dirección del eje Y ortogonal a la dirección del eje X y la dirección del eje Z, y la dirección del eje Z, como se ilustra en la figura 1. Aunque el dispositivo de medición de huecos 20 es sostenido por el brazo de robot 16 en la presente realización, la presente invención no está limitada al mismo, y el dispositivo de medición de huecos 20 puede ser sostenido por un dispositivo de accionamiento conocido que sostiene el dispositivo de medición de huecos 20 de manera que el dispositivo de medición de huecos 20 es móvil en las direcciones tridimensionales. El brazo de robot 16 puede, bajo el control de una unidad de control de robot 18, mover automáticamente el dispositivo de medición de huecos 20 así retenido en las direcciones tridimensionales. Debido a que el dispositivo de medición de huecos 20 es sostenido por un dispositivo de accionamiento ejemplificado por el brazo de robot 16, los sensores incluidos en el dispositivo de medición de huecos 20 pueden moverse automáticamente, es decir, un área medida por un sensor de ultrasonidos 22 y un área medida por un sensor láser 26 se puede mover automáticamente, por encima del material 10. Por lo tanto, el dispositivo de medición de huecos 20 puede mover automáticamente un área de medición de huecos. Debe tenerse en cuenta que el área medida por el sensor de ultrasonidos 22 y el área medida por el sensor láser 26 pueden ser procesadas por un ordenador 30 conectado comunicativamente a la unidad de control del robot 18. Además, las diferencias en las coordenadas entre el área medida por el sensor de ultrasonidos 22 y el área medida por el sensor láser 26 pueden ser corregidas por el ordenador 30. Esto permite que el dispositivo de medición de huecos 20 suprima las no uniformidades en la medición del hueco G entre trabajadores y reduzca la carga sobre los trabajadores involucrados en la medición del hueco G.

65

Un material de aeronave en una parte vuelta o similares en la piel exterior de una aeronave, en el que tanto la placa superior 12 como la placa inferior 14 están formadas de placas de aleación de aluminio, se puede dar como un ejemplo preferido específico del material 10. Preferiblemente, la placa superior 12 y la placa inferior 14 son elementos de placa sólidos hechos de un único material, como se ejemplifica por las placas de aleación de aluminio usadas en este material de aeronave. La placa superior 12 y la placa inferior 14 pueden tener recubrimientos de un espesor que puede ignorarse con respecto al espesor de esas placas. El material 10 puede tener la forma de un material en el que la placa superior 12 y la placa inferior 14 ya han sido unidas por elementos de unión utilizados como materiales de aeronaves, tal como remaches, o puede tener la forma de un material en el que la placa superior 12 y la placa inferior 14 aún no se han unido mediante un material de unión. En otras palabras, el dispositivo de medición de huecos 20 puede medir el hueco G antes de que se unan la placa superior 12 y la placa inferior 14, y puede medir el hueco G después de que la placa superior 12 y la placa inferior 14 se hayan unido. Cuando el hueco G se mide antes de que la placa superior 12 y la placa inferior 14 se unan entre sí, es preferible que el dispositivo de medición de huecos 20 mida el hueco G mientras se aplica presión a una superficie superior 12a de la placa superior 12 desde arriba. En la presente realización, la presión es de 30 kPa, por ejemplo. Una unidad de sensor de rodillo 22a del sensor de ultrasonidos 22 puede presionarse sobre la superficie superior 12a de la placa superior 12 desde arriba del material 10 para aplicar la presión. Alternativamente, se puede usar un dispositivo de presurización proporcionado cerca del dispositivo de medición de huecos 20 para aplicar la presión. En este caso, el hueco G así formado se puede medir de antemano antes de que el material 10 se una.

Como se ilustra en las figuras 2 y 3, el dispositivo de medición de huecos 20 incluye el sensor de ultrasonidos 22, que funciona como un sensor de medición de espesor de placa; un sensor de desplazamiento 24, que mide un primer desplazamiento que es un desplazamiento en una dirección vertical de una parte de soporte que soporta el sensor de ultrasonidos 22, es decir, en la dirección del eje Z; el sensor láser 26, que funciona como un sensor de medición de escalón; y el ordenador 30. El ordenador 30 está conectado comunicativamente al sensor de ultrasonidos 22, el sensor de desplazamiento 24 y el sensor láser 26, y controla y soporta las mediciones de los sensores. El ordenador 30 incluye una unidad de cálculo 32 que realiza operaciones de cálculo predeterminadas sobre la información obtenida de las mediciones para obtener nueva información numérica, y una unidad de determinación de disposición 34 que determina una disposición del sensor de ultrasonidos 22 frente a la superficie superior 12a de la placa superior 12.

El sensor de ultrasonidos 22 incluye la unidad de sensor de rodillo 22a, elementos de la superficie lateral 22b, 22c un elemento de soporte de árbol, y un elemento de soporte vertical 22d. La unidad de sensor de rodillo 22a está conformada como un rodillo, y está soportada para que pueda girar alrededor de un eje que se extiende en una dirección paralela al material 10, para ser más específico, un eje que se extiende en la dirección del eje Y. La unidad de sensor de rodillo 22a incluye una unidad de detección de ultrasonidos 22s (véanse las figuras 5 y 6) que genera y emite ondas de ultrasonidos en una dirección circunferencial y detecta ondas de ultrasonidos que entran desde la dirección circunferencial. Los elementos de superficie lateral 22b son elementos proporcionados en ambas superficies laterales de la unidad de sensor de rodillo 22a. En los elementos de superficie lateral 22b, las superficies laterales enfrentadas a las superficies laterales de la unidad de sensor de rodillo 22a tienen forma plana, y las superficies laterales en los lados opuestos de los lados orientados hacia la unidad de sensor de rodillo 22a tienen, en regiones centrales de la misma, porciones salientes de árbol cilíndrico que se extienden en una dirección axial de la unidad de sensor de rodillo 22a. El elemento de soporte de árbol 22c es un elemento que tiene forma de U para encerrar las superficies laterales de los elementos de superficie lateral 22b que no se enfrentan a las superficies laterales de la unidad de sensor de rodillo 22a. El elemento de soporte del árbol 22c tiene orificios de ajuste, en los que se ajustan las porciones salientes de los elementos de superficie lateral 22b, en áreas que corresponden a las posiciones de las porciones salientes. El elemento de soporte del árbol 22c soporta la unidad de sensor de rodillo 22a y los elementos de superficie lateral 22b proporcionados en ambas superficies laterales de la misma de manera que la unidad de sensor de rodillo 22a y los elementos de superficie lateral 22b pueden girar alrededor de un eje. El elemento de soporte vertical 22d es un elemento en forma de barra que se extiende en la dirección del eje Z, y está fijado a un área del elemento de soporte del árbol 22c que abarca la unidad de sensor de rodillo 22a y los elementos de superficie lateral 22b, es decir, un área central de la forma de U. El elemento de soporte vertical 22d soporta el elemento de soporte del árbol 22c desde arriba en la dirección del eje Z. El sensor de ultrasonidos 22 está configurado como se describe anteriormente, y está soportado desde arriba en la dirección del eje Z mediante un mecanismo de soporte compartido con el sensor láser 26. En el sensor de ultrasonidos 22, la unidad de sensor de rodillo 22a y los elementos de superficie lateral 22b funcionan como porciones móviles del rodillo, y el elemento de soporte del árbol 22c y el elemento de soporte vertical 22d funcionan como porciones fijas del rodillo. En el sensor de ultrasonidos 22, la unidad de sensor de rodillo 22a gira a medida que el dispositivo de medición de huecos 20 se mueve en la dirección del eje X a lo largo del material 10. En otras palabras, con el sensor de ultrasonidos 22 soportado desde arriba en la dirección del eje Z, la unidad de sensor de rodillo 22a se mueve en la dirección del eje X a lo largo de la superficie superior 12a de la placa superior 12 mientras gira.

En el sensor de ultrasonidos 22, la unidad de detección de ultrasonidos 22s dentro de la unidad de sensor de rodillo 22a genera y emite ondas de ultrasonidos de US hacia la superficie superior 12a de la placa superior 12 desde un puerto de emisión de ondas de ultrasonidos 22o situada por encima de la placa superior 12. En el sensor de ultrasonidos 22, la unidad de detección de ultrasonidos 22s dentro de la unidad de sensor de rodillo 22a detecta las ondas de ultrasonidos US reflejadas por la superficie superior 12a y la superficie inferior 12b de la placa superior 12. Cuando se generan y emiten las ondas de ultrasonidos US, el área donde se detectan las ondas de ultrasonidos

reflejadas US corresponde a un área de medición del sensor de ultrasonidos 22. El sensor de ultrasonidos 22 obtiene así información sobre las ondas de ultrasonidos US generadas y las ondas de ultrasonidos US detectadas. La información sobre las ondas de ultrasonidos US generadas por el sensor de ultrasonidos 22 y las ondas de ultrasonidos US detectadas por el sensor de ultrasonidos 22 se usa para medir el espesor de la placa T, que es el espesor de la placa superior 12. En otras palabras, el sensor de ultrasonidos 22 mide el espesor de la placa T. Aunque el sensor de medición del espesor de la placa es el sensor de ultrasonidos 22 en la presente realización, el sensor no está limitado al mismo. En su lugar, se puede usar un sensor de medición conocido que emplea un medio parcialmente transmitido a través de la placa superior 12 y reflejado por la superficie superior 12a y la superficie inferior 12b de la placa superior 12.

Al igual que el sensor de ultrasonidos 22, el sensor de desplazamiento 24 está soportado desde arriba en la dirección del eje Z. Una parte de la punta del sensor de desplazamiento 24 está fijada para contactar con una superficie superior del elemento de soporte del árbol 22c. Aunque se usa un amortiguador como sensor de desplazamiento 24 en la presente realización, el sensor no está limitado al mismo, y se puede usar un sensor de desplazamiento conocido. El sensor de desplazamiento 24 mide un primer desplazamiento $\Delta Z1$, que es un desplazamiento del elemento de soporte del árbol 22c y el elemento de soporte vertical 22d en la dirección del eje Z. La información sobre el primer desplazamiento $\Delta Z1$ incluye información sobre un ángulo de disposición, que es un ángulo sólido del sensor de ultrasonidos 22 orientado hacia la superficie superior 12a de la placa superior 12. En otras palabras, la información sobre el primer desplazamiento $\Delta Z1$ incluye información en la que se mezclan un primer ángulo de disposición θ , que es un primer componente del ángulo de disposición, y un segundo ángulo de disposición ϕ , que es un segundo componente del ángulo de disposición. Como se ilustra en la figura 3, el primer ángulo de disposición θ es un ángulo, en una dirección de rotación alrededor del eje X, del sensor láser 26 frente a la superficie superior 12a de la placa superior 12, y basado en la forma en que el sensor de ultrasonidos 22 y el sensor láser 26 está soportado y similares, es lo mismo que un ángulo, en la dirección de rotación alrededor del eje X, del sensor de ultrasonidos 22 frente a la superficie superior 12a de la placa superior 12. Como se ilustra en la figura 2, el segundo ángulo de disposición ϕ es un ángulo, en una dirección de rotación alrededor del eje Y, del sensor de ultrasonidos 22 frente a la superficie superior 12a de la placa superior 12.

La información sobre el primer desplazamiento $\Delta Z1$ también incluye información sobre la presión aplicada por el dispositivo de medición de huecos 20 a la superficie superior 12a de la placa superior 12 desde arriba con la unidad de sensor de rodillo 22a del sensor de ultrasonidos 22. En otras palabras, cuando se mide el hueco G, el sensor de desplazamiento 24 puede medir la presión, que es una condición para medir el hueco G.

El sensor láser 26 está soportado desde arriba en la dirección del eje Z por el mecanismo de soporte compartido con el sensor de ultrasonidos 22. El sensor láser 26 emite un rayo láser LB desde un puerto de emisión láser 26o por encima de la placa superior 12, hasta la proximidad de una superficie extrema de la placa superior 12, es decir, en un área donde tanto la superficie superior 12a de la placa superior 12 como la superficie superior 14a de la placa inferior 14 está expuesta en la parte superior del material 10. El sensor láser 26 detecta el haz láser LB reflejado por la superficie superior 12a de la placa superior 12 y la superficie superior 14a de la placa inferior 14. Por lo tanto, el sensor láser 26 obtiene información sobre el rayo láser emitido LB y sobre el rayo láser detectado LB. Cuando se emite el haz láser LB, el área donde se detecta el haz láser reflejado LB corresponde a un área de medición del sensor láser 26. La información sobre el haz láser LB emitido por el sensor láser 26 y sobre el haz láser LB detectado por el sensor láser 26 incluye información sobre la superficie superior 12a de la placa superior 12, e información sobre la superficie superior 14a de la placa inferior 14, medido con el rayo láser LB. En consecuencia, la información sobre el rayo láser LB emitido por el sensor láser 26 y sobre el rayo láser LB detectado por el sensor láser se usa para medir un escalón D, que es una distancia entre la superficie superior 12a de la placa superior 12 y la superficie superior 14a de la placa inferior 14. En otras palabras, el sensor láser 26 mide el escalón D.

La información sobre el haz de láser LB emitido por el sensor de láser 26 y el rayo láser LB detectada por el sensor láser 26 se utiliza para la medición de la distancia entre el puerto de emisión láser 26o y la superficie superior 12a de la placa superior 12, permitiendo que la información se use para medir un segundo desplazamiento $\Delta Z2$, que es un desplazamiento del sensor láser 26 en la dirección del eje Z. En otras palabras, el sensor láser 26 mide el segundo desplazamiento $\Delta Z2$. La información sobre el segundo desplazamiento $\Delta Z2$ incluye la información sobre el primer ángulo de disposición θ . En otras palabras, el sensor láser 26 mide el primer ángulo de disposición θ . Aunque el sensor de medición de escalón es el sensor láser 26 en la presente realización, el sensor no está limitado al mismo. En su lugar, se puede utilizar un sensor de medición conocido que emplea un medio reflejado por la superficie superior 12a de la placa superior 12 y la superficie superior 14a de la placa inferior 14.

Como se ilustra en la figura 4, la unidad de cálculo 32 obtiene información sobre el espesor de placa T del sensor de ultrasonidos 22 e información sobre el escalón D del sensor láser 26. Como se indica en la Ecuación 1, la unidad de cálculo 32 calcula el hueco G restando el espesor de placa T del escalón D. La unidad de cálculo 32 puede hacer que el valor calculado del hueco G se muestre en una unidad de visualización conectada al ordenador 30, o puede registrar el valor calculado del hueco G haciendo que ese valor se almacene en una unidad de almacenamiento dentro del ordenador 30 o se conecte externamente al ordenador 30.

$$\text{hueco G} = \text{escalón D} - \text{espesor de la placa T} \quad \text{Ecuación 1}$$

La unidad de cálculo 32 obtiene información sobre el primer desplazamiento $\Delta Z1$ desde el sensor de desplazamiento 24, y obtiene información sobre el segundo desplazamiento $\Delta Z2$ desde el sensor láser 26. La unidad de cálculo 32 también obtiene, de una unidad de almacenamiento conectada al ordenador 30, información sobre una distancia L entre el sensor de ultrasonidos 22 y el sensor láser 26 en cada uno de los puntos de medición. Esta información es un tipo de datos almacenados. Como se indica en la Ecuación 2, la unidad de cálculo 32 calcula el segundo ángulo de disposición ϕ sobre la base de la distancia L, el primer desplazamiento $\Delta Z1$ y el segundo desplazamiento $\Delta Z2$. La unidad de cálculo 32 envía la información sobre el segundo ángulo de disposición ϕ a la unidad de determinación de disposición 34.

$$\text{Segundo ángulo de disposición } \phi = \text{sen}^{-1} \left(\frac{\text{primer desplazamiento } \Delta Z1 - \text{segundo desplazamiento } \Delta Z2}{\text{distancia L}} \right)$$

Ecuación 2

La figura 5 es un diagrama que ilustra una relación en la que la relación posicional entre la unidad de detección de ultrasonidos 22s y la placa superior 12 se correlaciona con la trayectoria de las ondas de ultrasonidos US. La figura 6 es un diagrama que ilustra una relación en la que la relación posicional entre la unidad de detección de ultrasonidos 22s y la placa superior 12 se correlaciona con la trayectoria de las ondas de ultrasonidos US. La disposición del dispositivo de medición de huecos 20, es decir, la disposición adecuada del dispositivo de medición de huecos 20 para medir el hueco G, se describirá con referencia a las figuras 5 y 6. Como se ilustra en la figura 5, con el dispositivo de medición de huecos 20, cuando el sensor de ultrasonidos 22 está orientado en la dirección del eje Z con respecto a la superficie superior 12a de la placa superior 12, la unidad de detección de ultrasonidos 22s emite ondas de emisión US1 a lo largo de la dirección del eje Z hacia la superficie superior 12a de la placa superior 12. Las ondas de emisión US1 se reflejan en la superficie inferior 12b de la placa superior 12 y se convierten en ondas de reflexión US2 que progresan a lo largo de la dirección del eje Z. Las ondas de reflexión US2 son detectadas por la unidad de detección de ultrasonidos 22s, y el espesor de placa T puede medirse adecuadamente; como tal, esta disposición es una disposición adecuada para medir el hueco G. Sin embargo, como se ilustra en la figura 6, con el dispositivo de medición de huecos 20, cuando el sensor de ultrasonidos 22 está inclinado con respecto a la dirección del eje Z con respecto a la superficie superior 12a de la placa superior 12, la unidad de detección de ultrasonidos 22s emite ondas de emisión US3, en una dirección inclinada con relación a la dirección del eje Z, hacia la superficie superior 12a de la placa superior 12. Las ondas de emisión US3 se reflejan en la superficie inferior 12b de la placa superior 12 y se convierten en ondas de reflexión US4 que progresan en una dirección inclinada con respecto a la dirección del eje Z. Las ondas de reflexión US4 no son detectadas por la unidad de detección de ultrasonidos 22s, y el espesor de placa T no puede medirse adecuadamente; como tal, esta disposición es una disposición inadecuada para medir el hueco G. En otras palabras, cuando se mide el hueco G, colocando el dispositivo de medición de huecos 20 en una disposición en la que el sensor de ultrasonidos 22 no está inclinado en relación con la dirección del eje Z con respecto a la superficie superior 12a de la placa superior 12, es posible medir la distancia del hueco con precisión.

La unidad de determinación de disposición 34 determina la disposición del dispositivo de medición de huecos 20, es decir, determina si la disposición del dispositivo de medición de huecos 20 es una disposición adecuada para medir el hueco G. Como se ilustra en la figura 4, la unidad de determinación de disposición 34 obtiene la información sobre el segundo ángulo de disposición ϕ desde la unidad de cálculo 32. La unidad de determinación de disposición 34 obtiene la información sobre el primer ángulo de disposición θ desde el sensor láser 26. La unidad de determinación de disposición 34 determina la disposición del dispositivo de medición de huecos 20 sobre la base del primer ángulo de disposición θ y el segundo ángulo de disposición ϕ . Específicamente, la unidad de determinación de disposición 34 determina primero si el primer ángulo de disposición θ está dentro de un intervalo definido por un valor umbral, por ejemplo, dentro de un intervalo de $-0,5^\circ$ a $0,5^\circ$, como lo indica la Relación 3. La unidad de determinación de disposición 34 determina si el segundo ángulo de disposición ϕ está dentro de un intervalo definido por un valor umbral, por ejemplo, dentro de un intervalo de $-0,5^\circ$ a $0,5^\circ$, como lo indica la Relación 4. En un caso en el que la unidad de determinación de disposición 34 determina que tanto el primer ángulo de disposición θ como el segundo ángulo de disposición ϕ están dentro de los intervalos predeterminados, se determina que la disposición es adecuada, es decir, una disposición adecuada para que el dispositivo de medición de huecos 20 mida el hueco G. Sin embargo, en un caso donde la unidad de determinación de disposición 34 determina que al menos uno del primer ángulo de disposición θ y el segundo ángulo de disposición ϕ no está dentro del intervalo predeterminado, se determina que la disposición no es adecuada, es decir, una disposición inadecuada para que el dispositivo de medición de huecos 20 mida el hueco G. La unidad de determinación de disposición 34 genera los resultados de la determinación de la disposición hacia la unidad de cálculo 32.

$$-0,5^\circ \leq \text{primer ángulo de disposición } \theta \leq 0,5^\circ \quad \text{Relación 3}$$

$$-0,5^\circ \leq \text{segundo ángulo de disposición } \phi \leq 0,5^\circ \quad \text{Relación 4}$$

La unidad de cálculo 32 obtiene los resultados de la determinación de la disposición de la unidad de determinación de disposición 34. En el caso de que el valor del hueco G se muestre o almacene, la unidad de cálculo 32 también puede hacer que los resultados de determinar la disposición a partir de la unidad de determinación de disposición 34 se muestren o almacenen. Alternativamente, la unidad de cálculo 32 puede hacer que el valor del hueco G se muestre o almacene solo cuando los resultados de la determinación indican que la disposición es adecuada; cuando los

resultados de la determinación indican que la disposición no es adecuada, en lugar de hacer que se visualice o almacene el valor del hueco G, la unidad de cálculo 32 puede hacer que se vuelva a medir el hueco G después de que se haya corregido la disposición del dispositivo de medición de huecos 20.

5 A continuación, se describirán las acciones del dispositivo de medición de huecos 20 según la primera realización que tiene la configuración anterior. El dispositivo de medición de huecos 20 ejecuta un método de medición de huecos según la primera realización de la presente invención. La figura 7 es un diagrama de flujo que muestra el método de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención. La figura 8 es un diagrama de flujo perteneciente a la determinación de disposición en el método de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención. El método de medición de huecos ejecutado por el dispositivo de medición de huecos 20 se describirá con referencia a las figuras 7 y 8.

15 Como se ilustra en la figura 7, el método de medición de huecos de acuerdo con un ejemplo incluye una etapa de medición del espesor de la placa S12, una etapa de medición del escalón S14 y una etapa de cálculo del hueco S16. Primero, en el dispositivo de medición de huecos 20, la unidad de sensor de rodillo 22a del sensor de ultrasonidos 22 está dispuesta cerca de la superficie de extremo de la placa superior 12, para que pueda moverse a lo largo de la superficie superior 12a de la placa superior 12 en la dirección del eje X en el que se extiende la superficie de extremo. Por consiguiente, en el dispositivo de medición de huecos 20, el puerto de emisión láser 26o del sensor láser 26 está dispuesto por encima de la proximidad de la superficie de extremo de la superficie superior 12a de la placa superior 20 12.

25 En el sensor de ultrasonidos 22, la unidad de detección de ultrasonidos 22s emite las ondas de ultrasonidos US desde el puerto de emisión de ondas de ultrasonidos 22o hacia la placa superior 12. En el sensor de ultrasonidos 22, la unidad de detección de ultrasonidos 22s detecta las ondas de ultrasonidos US reflejadas por la superficie superior 12a y la superficie inferior 12b de la placa superior 12. El sensor de ultrasonidos 22 mide el espesor de placa T basándose en la información sobre las ondas de ultrasonidos US emitidas y las ondas de ultrasonidos US detectadas (etapa S12).

30 El sensor láser 26 emite el haz de láser LB desde el puerto de emisión de láser 26o hacia la placa superior 12 y la placa inferior 14. El sensor láser 26 detecta el haz láser LB reflejado por la superficie superior 12a de la placa superior 12 y la superficie superior 14a de la placa inferior 14. El sensor láser 26 mide el escalón D sobre la base de la información sobre el rayo láser emitido LB y el rayo láser detectado LB (etapa S14).

35 Obsérvese que la etapa de medición del espesor de la placa S12 y la etapa de medición del escalón S14 pueden llevarse a cabo en este orden, al mismo tiempo, o en el orden inverso.

40 Tras realizar la etapa de medición del espesor de la placa S12 y la etapa de medición del escalón S14, la unidad de cálculo 32 obtiene la información sobre el espesor de la placa T desde el sensor de ultrasonidos 22 y obtiene la información sobre el escalón D del sensor láser 26. La unidad de cálculo 32 calcula el hueco G restando el espesor de la placa T del escalón D (etapa S16). La unidad de cálculo 32 puede hacer que el valor calculado del hueco G se muestre en una unidad de visualización conectada al ordenador 30, o puede registrar el valor haciendo que el valor se almacene en una unidad de almacenamiento dentro del ordenador 30 o conectado externamente al ordenador 30.

45 Como se ha descrito anteriormente, el método de medición de huecos realizado por el dispositivo de medición de huecos 20 según la primera realización incluye las etapas S12 a S16. En otras palabras, el método de medición de huecos realizado por el dispositivo de medición de huecos 20 de acuerdo con la primera realización calcula el hueco G restando el espesor de la placa T medido por el sensor de medición del espesor de la placa del escalón D medido por el sensor de medición del escalón, que permite suprimir la falta de uniformidad entre trabajadores y reducir situaciones en las que el material que forma el hueco está dañado.

50 De acuerdo con la primera realización de la presente invención, el método de medición de huecos incluye además una primera etapa de medición de desplazamiento S22, una segunda etapa de medición de desplazamiento S24, una primera etapa de medición del ángulo de disposición S26, una segunda etapa de cálculo del ángulo de disposición S28, y una etapa de determinación de disposición S30, como se ilustra en la figura 8.

55 El sensor de desplazamiento 24 mide el primer desplazamiento $\Delta Z1$, que es el desplazamiento del elemento de soporte del árbol 22c y el elemento de soporte vertical 22d en la dirección del eje Z (etapa S22). El sensor láser 26 mide el segundo desplazamiento $\Delta Z2$ sobre la base de la información sobre el rayo láser emitido LB y el rayo láser detectado LB (etapa S24).

60 Obsérvese que la primera etapa de medición de desplazamiento S22 y la segunda etapa de medición de desplazamiento S24 pueden realizarse en este orden, al mismo tiempo, o en el orden inverso.

65 El sensor láser 26 mide el primer ángulo de orientación θ sobre la base de la información en el segundo desplazamiento $\Delta Z2$ (etapa S26).

Después de que se han realizado la primera etapa de medición de desplazamiento S22 y la segunda etapa de medición

- de desplazamiento S24, la unidad de cálculo 32 obtiene la información sobre el primer desplazamiento $\Delta Z1$ desde el sensor de desplazamiento 24 y obtiene la información sobre el segundo desplazamiento $\Delta Z2$ desde el sensor láser 26. La unidad de cálculo 32 también obtiene, de la unidad de almacenamiento conectada al ordenador 30, información sobre la distancia L entre el sensor de ultrasonidos 22 y el sensor láser 26 en cada uno de los puntos de medición. La
- 5 unidad de cálculo 32 calcula el segundo ángulo de disposición φ sobre la base de la distancia L, el primer desplazamiento $\Delta Z1$ y el segundo desplazamiento $\Delta Z2$ (etapa S28). La unidad de cálculo 32 emite la información sobre el primer ángulo de disposición θ y la información sobre el segundo ángulo de disposición φ a la unidad de determinación de disposición 34.
- 10 Obsérvese que la primera etapa de medición del ángulo de disposición S26 y la segunda etapa de cálculo del ángulo de disposición S28 pueden llevarse a cabo en este orden, al mismo tiempo, o en el orden inverso.
- La unidad de determinación de disposición 34 obtiene la información sobre el segundo ángulo de disposición φ desde la unidad de cálculo 32. La unidad de determinación de disposición 34 obtiene la información sobre el primer ángulo de disposición θ desde el sensor láser 26. La unidad de determinación de disposición 34 determina la disposición del dispositivo de medición de huecos 20 sobre la base del primer ángulo de disposición θ y el segundo ángulo de disposición φ . Específicamente, la unidad de determinación de disposición 34 determina primero si el primer ángulo de disposición θ está dentro de un intervalo definido por un valor umbral, por ejemplo, dentro de un intervalo de $-0,5^\circ$ a $0,5^\circ$. La unidad de determinación de disposición 34 determina entonces si el segundo ángulo de disposición φ está dentro de un intervalo definido por un valor umbral, por ejemplo, dentro de un intervalo de $-0,5^\circ$ a $0,5^\circ$. En un caso en el que la unidad de determinación de actitud 34 determina que tanto el primer ángulo de actitud θ como el segundo ángulo de actitud φ están dentro de los intervalos predeterminados, se determina que la actitud es adecuada, es decir, una actitud adecuada para que el dispositivo de medición de huecos 20 mida el hueco G. Sin embargo, en un caso donde la unidad de determinación de actitud 34 determina que al menos uno del primer ángulo de actitud θ y el segundo ángulo de actitud φ no está dentro del intervalo predeterminado, se determina que la actitud no es adecuada, es decir, una actitud inadecuada para que el dispositivo de medición de huecos 20 mida el hueco G (etapa S30). La unidad de determinación de disposición 34 genera los resultados de determinar la disposición a la unidad de cálculo 32.
- 15
- 20
- 25
- 30 La unidad de cálculo 32 obtiene los resultados de la determinación de la disposición de la unidad de determinación de disposición 34. En el caso de que el valor del hueco G se muestre o almacene, la unidad de cálculo 32 también puede hacer que los resultados de determinar la disposición a partir de la unidad de determinación de disposición 34 se muestren o almacenen. Alternativamente, la unidad de cálculo 32 puede hacer que el valor del hueco G se muestre o almacene solo cuando los resultados de la determinación indican que la disposición es adecuada; cuando los resultados de la determinación indican que la disposición no es adecuada, en lugar de hacer que se visualice o almacene el valor del hueco G, la unidad de cálculo 32 puede hacer que se vuelva a medir el hueco G después de que se haya corregido la disposición del dispositivo de medición de huecos 20.
- 35
- 40 Como se ha descrito anteriormente, el método de medición de huecos realizado por el dispositivo de medición de huecos 20 según la primera realización también incluye las etapas S22 a S30. En otras palabras, el método de medición de huecos realizado por el dispositivo de medición de huecos 20 de acuerdo con la primera realización puede determinar si las disposiciones de los sensores del dispositivo de medición de huecos 20 son adecuadas para medir el hueco y, por lo tanto, las no uniformidades entre trabajadores se pueden suprimir de manera más fiable.
- 45 Es preferible que el método de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención incluya además la etapa de mover un área donde se mide el hueco, en el que un dispositivo de accionamiento tal como el brazo de robot 16 se mueve en el área medida por el sensor de ultrasonidos 22 y el área medida por el sensor láser 26, moviendo así el área donde se mide el hueco G en una dirección de plano XY, que es una dirección paralela a la dirección horizontal del material 10, para ser más específico, una dirección paralela a la dirección del eje X. A través de esto, el método de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención puede suprimir las no uniformidades en la medición del hueco G entre trabajadores y reducir la carga sobre los trabajadores involucrados en la medición del hueco G.
- 50
- 55 Es preferible que el método de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención incluya además una etapa de aplicación de presión que aplica presión en una dirección paralela a la dirección del espesor del material 10, es decir, en la dirección del eje Z. La unidad de sensor de rodillo 22a del sensor de ultrasonidos 22 puede presionarse sobre la superficie superior 12a de la placa superior 12 desde arriba del material 10 para aplicar la presión. Alternativamente, se puede usar un dispositivo de presurización proporcionado cerca del dispositivo de medición de huecos 20 para aplicar la presión.
- 60
- 65 A través de esto, el hueco G se puede medir antes de que la placa superior 12 y la placa inferior 14 se unan. Es preferible que el método de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención incluya además una etapa de medición de presión para medir la presión. La presión puede ser medida por el sensor de desplazamiento 24. A través de esto, cuando se mide el hueco G formado entre la placa superior 12 y la placa inferior 14, se puede medir la presión, que es una condición para medir el hueco G.

La figura 9 es un diagrama que ilustra la configuración de un dispositivo de medición de huecos 40 de acuerdo con una segunda realización de la presente invención. El dispositivo de medición de huecos 40 según la segunda realización corresponde al dispositivo de medición de huecos 20 según la primera realización, que incluye adicionalmente una unidad de rodillo 42. Como resultado, el dispositivo de medición de huecos 40 según la segunda realización corresponde al dispositivo de medición de huecos 20 según la primera realización con un elemento de carga 44, un elemento de soporte del árbol 46, un cojinete 48a y un elemento de árbol 48b proporcionado entre el elemento de soporte del árbol 22c y el elemento de soporte vertical 22d. Además, como resultado, el dispositivo de medición de huecos 40 de acuerdo con la segunda realización corresponde al dispositivo de medición de huecos 20 de acuerdo con la primera realización, en el que la posición donde se fija la porción de punta del sensor de desplazamiento 24 se ha cambiado desde un área donde la porción de la punta contacta la superficie superior del elemento de soporte del árbol 22c con un área donde la porción de punta contacta una superficie superior del elemento de carga 44. Los componentes en el dispositivo de medición de huecos 40 según la segunda realización que son los mismos que los componentes en la primera realización se indicarán como el mismo grupo de signos de referencia que en la primera realización, y se omitirán las descripciones detalladas de los mismos.

La unidad de rodillo 42 tiene sustancialmente los mismos componentes que tiene el sensor de ultrasonidos 22, excepto que el sensor de ultrasonidos 22 se proporciona con la unidad de detección de ultrasonidos 22s que emite y detecta ondas de ultrasonidos. En otras palabras, la unidad de rodillo 42 incluye un rodillo 42a, elementos de superficie lateral 42b y un elemento de soporte del árbol 42c. El elemento de soporte vertical 22d incluido en el sensor de ultrasonidos 22 es un componente compartido por el sensor de ultrasonidos 22 y la unidad de rodillo 42.

El rodillo 42a tiene la misma forma de rodillo que la unidad de sensor de rodillo 22a, y está soportado de manera que sea rotativo alrededor de un eje que se extiende en una dirección paralela a un eje de la unidad de sensor de rodillo 22a, para ser más específicos, un eje que se extiende en la dirección del eje Y. Los elementos de superficie lateral 42b son, como los elementos de superficie lateral 22b del sensor de ultrasonidos 22, elementos proporcionados en ambas superficies laterales del rodillo 42a. En otras palabras, en los elementos de superficie lateral 42b, las superficies laterales orientadas hacia las superficies laterales del rodillo 42a tienen forma plana, y las superficies laterales en los lados opuestos de los lados orientados hacia el rodillo 42a tienen, en regiones centrales, porciones salientes de árbol cilíndrico que se extienden en una dirección axial del rodillo 42a. Al igual que el elemento de soporte del árbol 22c del sensor de ultrasonidos 22, el elemento de soporte del árbol 42c es un elemento que tiene forma de U para encerrar las superficies laterales de los elementos de superficie lateral 42b que no se enfrentan a las superficies laterales del rodillo 42a. En otras palabras, el elemento de soporte del árbol 42c tiene orificios de ajuste, en los que se ajustan las porciones salientes de los elementos de superficie lateral 42b, en áreas que corresponden a las posiciones de las porciones salientes. El elemento de soporte del árbol 42c soporta el rodillo 42a y los elementos de superficie lateral 42b proporcionados en ambas superficies laterales de la misma de manera que el rodillo 42a y los elementos de superficie lateral 42b pueden girar alrededor de un eje. En la unidad de rodillo 42, el rodillo 42a y los elementos de superficie lateral 42b funcionan como una porción móvil del rodillo, y el elemento de soporte del árbol 42c funciona como una porción fija del rodillo. En la unidad de rodillo 42, el rodillo 42a gira junto con el sensor de ultrasonidos 22 a medida que el dispositivo de medición de huecos 40 se mueve en la dirección del eje X a lo largo del material 10. En otras palabras, con la unidad de rodillo 42 soportada desde arriba en la dirección del eje Z, el rodillo 42a se mueve en la dirección del eje X a lo largo de la superficie superior 12a de la placa superior 12 mientras gira, junto con el sensor de ultrasonidos 22.

El elemento de carga 44 es un elemento en forma de placa que se extiende en la dirección del plano XY, con una superficie inferior fijada a una superficie del elemento de soporte del árbol 22c que atraviesa la unidad de sensor de rodillo 22a y los elementos de superficie lateral 22b, es decir, una superficie en el área central de la forma de U, y un área del elemento de soporte del árbol 42c que abarca el rodillo 42a y los elementos de superficie lateral 42b, es decir, una superficie en el área central de la forma de U. El elemento de carga 44 soporta el elemento de soporte del árbol 22c y el elemento de soporte del árbol 42c desde arriba en la dirección del eje Z, y funciona como una porción fija compartida por el sensor de ultrasonidos 22 y la unidad de rodillo 42. El elemento de carga 44 se mueve a lo largo de la placa superior 12 en una dirección plana a lo largo del plano XY a medida que la unidad de sensor de rodillo 22a del sensor de ultrasonidos 22 y el rodillo 42a de la unidad de rodillo 42 se mueven, mientras giran, a lo largo de la superficie superior 12a de la placa superior 12.

La unidad de rodillo 42 puede estabilizar el dispositivo de medición de huecos 40 en la superficie superior 12a de la placa superior 12, y reducir la inclinación de los sensores del dispositivo de medición de huecos 40 con respecto a la superficie superior 12a de la placa superior 12. En otras palabras, la unidad de rodillo 42 facilita poner la disposición del dispositivo de medición de huecos 40 en una disposición adecuada para medir el hueco G. Aunque una unidad de rodillo 42 se ilustra en la figura 9, puede haber dos o más. Preferiblemente, el dispositivo de medición de huecos 40 tiene dos unidades de rodillo 42, y las dos unidades de rodillo 42 y el sensor de ultrasonidos 22 forman un triángulo. En este caso, el dispositivo de medición de huecos 40 está soportado por el sensor de ultrasonidos 22 y las dos unidades de rodillo 42 en tres puntos, lo que proporciona mayor estabilidad. Proporcionar al dispositivo de medición de huecos 40 una pluralidad de unidades de rodillo 42 en una dirección ortogonal a la dirección de desplazamiento, es decir, en la dirección del eje Y, hace posible suprimir situaciones en las que el dispositivo de medición de huecos 40 se inclina en una dirección θ .

Es preferible que la unidad de rodillo 42 esté más lejos del sensor láser 26 que el sensor de ultrasonidos 22. En otras palabras, es preferible que el sensor de ultrasonidos 22 esté más cerca del sensor láser 26 que la unidad de rodillo 42. En este caso, las diferencias en las coordenadas entre el área medida por el sensor de ultrasonidos 22 y el área medida por el sensor láser 26 pueden corregirse con precisión.

El elemento de soporte del árbol 46 está fijado a una superficie superior del elemento de carga 44. El elemento de soporte del árbol 46 soporta el elemento de árbol 48b a través del cojinete 48a de modo que el elemento de árbol 48b pueda girar alrededor de un eje que se extiende en una dirección paralela al material 10, para ser más específico, un eje que se extiende en la dirección del eje Y. El elemento de soporte del árbol 46 soporta el elemento de árbol 48b, a través del cojinete 48a, en un lado superior del mismo en la dirección del eje Z y en el centro del mismo en la dirección del eje X.

El elemento de árbol 48b es un elemento en forma de varilla que se extiende en una dirección paralela al material 10, y más específicamente es un elemento en forma de varilla que se extiende en la dirección del eje Y. El elemento de árbol 48b está soportado por el elemento de soporte del árbol 46, a través del cojinete 48a, para que pueda girar alrededor de un eje que se extiende en una dirección paralela al material 10, para ser más específico, un eje que se extiende en la dirección del eje Y. El elemento de soporte vertical 22d está fijado al elemento de árbol 48b. El elemento de soporte vertical 22d y el elemento de eje 48b funcionan como porciones fijas, y el elemento de soporte de eje 46, el elemento de carga 44 y similares funcionan como elementos móviles, alrededor del elemento de árbol 48b.

A pesar de la posición donde la porción de punta del sensor de desplazamiento 24 está fijado se ha cambiado de un área donde la porción de punta contacta con la superficie superior del elemento de soporte del árbol 22c a un área donde la porción de punta contacta con la superficie superior del elemento de carga 44, el primer desplazamiento $\Delta Z1$, que es el desplazamiento en la dirección del eje Z, del elemento de soporte vertical 22d se mide de la misma manera que en la primera realización. El primer desplazamiento $\Delta Z1$ es una cantidad de medición que incluye la misma información que en la primera realización.

El dispositivo de medición de huecos 40 según la segunda realización está configurado como se describe anteriormente, y por lo tanto la unidad de sensor de rodillo 22a se puede mover continuamente de una manera estable a lo largo del material 10. En consecuencia, las no uniformidades entre trabajadores pueden suprimirse de manera más fiable incluso cuando la medición se realiza consecutivamente en una pluralidad de puntos de medición del hueco.

La figura 10 es un diagrama que ilustra la configuración de un dispositivo de medición de huecos 50 de acuerdo con una tercera realización de la presente invención. El dispositivo de medición de huecos 50 según la tercera realización corresponde al dispositivo de medición de huecos 20 según la primera realización que incluye adicionalmente una platina goniométrica 54, y una carcasa 52 que soporta y acomoda el sensor de ultrasonidos 22, el sensor de desplazamiento 24 y el sensor láser 26. Los componentes en el dispositivo de medición de huecos 50 según la tercera realización que son los mismos que los componentes en la primera realización se indicarán como el mismo grupo de signos de referencia que en la primera realización, y se omitirán las descripciones detalladas de los mismos.

La platina goniométrica 54 incluye una parte de platina 54a y una parte de accionamiento de platina 54b. La parte de platina 54a sujeta la carcasa 52 de tal manera que la carcasa 52 es móvil a lo largo de un plano de arco circular que tiene un radio R y está centrado en el puerto de emisión de ondas de ultrasonidos 22o del sensor de ultrasonidos 22. Aquí, el radio R es una distancia entre una parte central de la parte de platina 54a de la platina goniométrica 54 y la superficie superior 12a de la placa superior 12. En otras palabras, la parte de platina 54a sujeta la carcasa 52 de tal manera que la carcasa 52 es móvil con respecto a la superficie superior 12a de la placa superior 12 en la dirección del primer ángulo de disposición θ y la dirección del segundo ángulo de disposición ϕ , central al puerto de emisión de ondas de ultrasonidos 22o. La parte de accionamiento de platina 54b es una parte de accionamiento que acciona la parte de platina 54a, y está comunicativamente conectada al ordenador 30. Como se ilustra en la figura 4, cuando la unidad de determinación de disposición 34 ha determinado que la disposición del dispositivo de medición de huecos 50 es una disposición inadecuada para medir el hueco G, la parte de accionamiento de platina 54b puede corregir la disposición del dispositivo de medición de huecos 50 accionando la parte de platina 54a de acuerdo con un valor corregido para la disposición calculada por la unidad de cálculo 32 sobre la base de la información sobre el primer ángulo de disposición θ y el segundo ángulo de disposición ϕ . La platina goniométrica 54 está configurada como se describió anteriormente, y por lo tanto funciona como un dispositivo de control de disposición que controla la disposición del dispositivo de medición de huecos 50.

En el dispositivo de medición de huecos 50 según la tercera realización, la unidad de cálculo 32 y la unidad de determinación de disposición 34 tienen más funciones que la unidad de cálculo 32 y la unidad de determinación de disposición 34 tiene en el dispositivo de medición de huecos 20 según la primera realización. En un caso en el que se determina que la disposición del dispositivo de medición de huecos 50 es una disposición inadecuada para medir el hueco G, la unidad de determinación de disposición 34 emite información sobre ese resultado de determinación a la unidad de cálculo 32. Al obtener información sobre el resultado de la determinación de la unidad de determinación de disposición 34 que indica que la disposición del dispositivo de medición de huecos 50 es una disposición inadecuada para medir el hueco G, la unidad de cálculo 32 calcula un valor de corrección de disposición sobre la base de la información sobre el primer ángulo de disposición θ y el segundo ángulo de disposición ϕ , y envía el valor de corrección

de disposición calculado a la parte de accionamiento de platina 54b de la platina goniométrica 54.

5 A continuación, se describirán las acciones del dispositivo de medición de huecos 50 según la tercera realización que tiene la configuración anterior. Además del método de medición de huecos de acuerdo con la primera realización de la presente invención, el dispositivo de medición de huecos 50 ejecuta además una etapa de cálculo del valor de corrección de disposición y una etapa de corrección de disposición. La etapa de cálculo del valor de corrección de disposición es una etapa en la que, al obtener información sobre el resultado de una determinación de la unidad de determinación de disposición 34 que indica que la disposición del dispositivo de medición de huecos 50 es una disposición inadecuada para medir el hueco G, la unidad de cálculo 32 calcula el valor de corrección de disposición sobre la base de la información sobre el primer ángulo de disposición θ y el segundo ángulo de disposición ϕ . La etapa de corrección de disposición es una etapa, llevada a cabo después de la etapa de cálculo del valor de corrección de disposición, en el que la parte de accionamiento de platina 54b corrige la disposición del dispositivo de medición de huecos 50 accionando la parte de platina 54a de acuerdo con el valor de corrección de disposición recibido desde la unidad de cálculo 32.

15 Como se ha descrito anteriormente, el método de medición de huecos realizado por el dispositivo de medición de huecos 50 según la tercera realización tiene, además, la etapa de cálculo del valor de corrección de disposición y la etapa de control de disposición. En otras palabras, el método de medición de huecos realizado por el dispositivo de medición de huecos 50 de acuerdo con la tercera realización puede corregir las disposiciones de los sensores a las disposiciones adecuadas para medir el hueco G, y, por lo tanto, las no uniformidades entre trabajadores pueden suprimirse de manera aún más fiable.

Números de referencia

- 25 10 Material
- 12 Placa superior
- 12a Superficie superior
- 12b Superficie inferior
- 14a Superficie superior
- 30 14 Placa inferior
- 16 Brazo de robot
- 18 Unidad de control de robot
- 20, 40, 50 Dispositivo de medición de huecos
- 22 Sensor de ultrasonidos (sensor de medición de espesor de placa)
- 35 22a Unidad de sensor de rodillo
- 22b Elemento de superficie lateral
- 22c Elemento de soporte del árbol
- 22d Elemento de soporte vertical
- 22o Puerto de emisión de ondas de ultrasonidos
- 40 22s Unidad de detección de ultrasonidos
- 24 Sensor de desplazamiento
- 26 Sensor láser (sensor de medición de escalón)
- 26o Puerto de emisión láser
- 30 Ordenador
- 45 32 Unidad de cálculo
- 34 Unidad de determinación de disposición
- 42 Unidad de rodillo
- 42a Rodillo
- 42b Elemento de superficie lateral
- 50 42c Elemento de soporte del árbol
- 44 Elemento de carga
- 46 Elemento de soporte de árbol
- 48a Rodamiento
- 48b Elemento de árbol
- 55 52 Carcasa
- 54 Platina goniométrica
- 54a Parte de platina
- 54b Parte de accionamiento de platina

REIVINDICACIONES

1. Un dispositivo de medición de huecos (20; 40; 50) que está configurado para medir un hueco (G) entre una placa superior (12) y una placa inferior (14) en un material (10) formado por la placa superior (12) y la placa inferior (14) que se superponen entre sí en una dirección de espesor, comprendiendo el dispositivo (20; 40; 50):
- un sensor de medición de espesor de placa (22) que está configurado para medir un espesor de placa (T), siendo el espesor de placa (T) un espesor de la placa superior (12);
 - un sensor de medición de escalón (26) que está configurado para medir un escalón (D), siendo el escalón (D) una distancia entre una superficie superior (12a) de la placa superior (12) y una superficie superior (14a) de la placa inferior (14);
 - una unidad de cálculo (32) que calcula el hueco (G) entre la placa superior (12) y la placa inferior (14) restando el espesor de la placa (T) del escalón (D);
 - un sensor de desplazamiento (24) que está configurado para medir un primer desplazamiento ($\Delta Z1$), siendo el primer desplazamiento ($\Delta Z1$) un desplazamiento, en la dirección del espesor, de una porción de soporte que soporta el sensor de medición del espesor de la placa (22) en una dirección vertical; y
 - una unidad de determinación de disposición (34) que está configurada para determinar una disposición del sensor de medición del espesor de la placa (22) orientado hacia la superficie superior (12a) de la placa superior (12), en donde el sensor de medición de escalón (26) está configurado para medir un segundo desplazamiento ($\Delta Z2$) y un primer ángulo de disposición (θ), siendo el segundo desplazamiento ($\Delta Z2$) un desplazamiento del sensor de medición de escalón (26) en la dirección del espesor, y siendo el primer ángulo de disposición (θ) un ángulo de disposición del sensor de medición del escalón (26) orientado hacia la superficie superior (12a) de la placa superior (12),
 - la unidad de cálculo (32) está configurada para calcular un segundo ángulo de disposición (ϕ), basado en una distancia entre el sensor de medición del espesor de la placa (22) y el sensor de medición del escalón (26) en cada uno de los puntos de medición, el primer desplazamiento ($\Delta Z1$) y el segundo desplazamiento ($\Delta Z2$), siendo el segundo ángulo de disposición (ϕ) un componente de un ángulo de disposición del sensor de medición del espesor de la placa (22) orientado hacia la superficie superior (12a) de la placa superior (12), y
 - la unidad de determinación de disposición (34) está configurada para determinar la disposición, basándose en el primer ángulo de disposición (θ) y al segundo ángulo de disposición (ϕ).
2. El dispositivo de medición de huecos (20; 40; 50) de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende, además:
- una platina goniométrica (54) que está configurada para sujetar el sensor de medición del espesor de la placa (22), el sensor de medición de escalón (26) y el sensor de desplazamiento (24), de modo que el sensor de medición del espesor de la placa (22), el sensor de medición del escalón (26) y el sensor de desplazamiento (24) se pueden mover a lo largo de un plano de arco circular que toma como radio la distancia desde la superficie superior (12a) de la placa superior (12),
 - en donde en un caso en el que se determina que la disposición no es adecuada para medir el hueco (G), la unidad de cálculo (32) está configurada para calcular un valor de corrección para la disposición y para enviar el valor de corrección a la platina goniométrica (54), y
 - la platina goniométrica (54) está configurada para corregir la disposición de acuerdo con el valor de corrección recibido desde la unidad de cálculo (32).
3. El dispositivo de medición de huecos (20; 40; 50) de acuerdo con las reivindicaciones 1 o 2, en el que el sensor de desplazamiento (24) está configurado además para medir una presión aplicada a la placa superior (12) mediante el sensor de medición del espesor de la placa (22).
4. El dispositivo de medición de huecos (20; 40; 50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el sensor de medición del espesor de la placa (22) incluye una unidad de sensor de rodillo (22a), estando soportada la unidad de sensor de rodillo (22a) para que pueda girar alrededor de un eje paralelo al material (10) y girar en respuesta a un movimiento a lo largo del material (10).
5. El dispositivo de medición de huecos (20; 40; 50) de acuerdo con la reivindicación 4, que comprende además un rodillo (42a) proporcionado paralelo a la unidad de sensor de rodillo (22a), soportando el rodillo (42a) para que pueda girar alrededor de un eje que se extiende en una dirección paralela a un eje de la unidad de sensor de rodillo (22a), y girando junto con la unidad de sensor de rodillo (22a) en respuesta al movimiento a lo largo del material (10).
6. El dispositivo de medición de huecos (20; 40; 50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el sensor de medición del escalón (26) es un sensor láser que está configurado para emitir un rayo láser (LB) desde arriba de la placa superior (12) hacia un área donde tanto la placa superior (12) como la placa inferior (14) están expuestas en la parte superior del material (10), y para detectar el rayo láser (LB) reflejado por la superficie superior (12a) de la placa superior (12) y la superficie superior (14a) de la placa inferior (14).
7. El dispositivo de medición de huecos (20; 40; 50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, que comprende, además:

un dispositivo de accionamiento (16) que está configurado para sujetar el sensor de medición del espesor de la placa (22) y el sensor de medición del escalón (26) de modo que el sensor de medición del espesor de la placa (22) y el sensor de medición del escalón (26) se pueden mover en direcciones tridimensionales.

5 8. El dispositivo de medición de huecos (20; 40; 50) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el sensor de medición del espesor de la placa (22) es un sensor de ultrasonidos que está configurado para emitir ondas de ultrasonidos (US) hacia la superficie superior (12a) de la placa superior (12) desde arriba de la placa superior (12) y para detectar las ondas de ultrasonidos (US) reflejadas por la superficie superior (12a) y una superficie inferior (12b) de la placa superior (12).

10 9. Un método de medición de huecos para medir un hueco (G) entre una placa superior (12) y una placa inferior (14) en un material (10) formado por la placa superior (12) y la placa inferior (14) que se superponen entre sí en una dirección de espesor, comprendiendo el método las etapas de:

15 medir un espesor de placa (T) con un sensor de medición de espesor de placa (22), siendo el espesor de placa (T) un espesor de la placa superior (12);

medir un escalón (D) con un sensor de medición de escalón (26), siendo el escalón (D) una distancia entre una superficie superior (12a) de la placa superior (12) y una superficie superior (14a) de la placa inferior (14);

20 calcular el hueco (G) entre la placa superior (12) y la placa inferior (14) restando el espesor de la placa (T) del escalón (D);

medir un primer desplazamiento ($\Delta Z1$), siendo el primer desplazamiento ($\Delta Z1$) un desplazamiento, en la dirección del espesor, de una porción de soporte que soporta el sensor de medición del espesor de la placa (22) en una dirección vertical;

25 medir un segundo desplazamiento ($\Delta Z2$), siendo el segundo desplazamiento ($\Delta Z2$) un desplazamiento, en la dirección del espesor, del sensor de medición del escalón (26);

medir un primer ángulo de disposición (θ), siendo el primer ángulo de disposición (θ) un ángulo de disposición del sensor de medición del escalón (26) orientado hacia la superficie superior (12a) de la placa superior (12);

30 calcular un segundo ángulo de disposición (φ), basado en una distancia entre el sensor de medición del espesor de la placa (22) y el sensor de medición del escalón (26) en cada uno de los puntos de medición, el primer desplazamiento ($\Delta Z1$) y el segundo desplazamiento ($\Delta Z2$), siendo el segundo ángulo de disposición (φ) un

componente de un ángulo de disposición del sensor de medición del espesor de la placa (22) orientado hacia la superficie superior (12a) de la placa superior (12); y

35 determinar la disposición, basándose en el primer ángulo de disposición (θ) y el segundo ángulo de disposición (φ).

10. El método de medición de huecos de acuerdo con la reivindicación 9, que comprende, además, las etapas de:

40 calcular, en un caso en el que se determina que la disposición no es adecuada para medir el hueco (G), un valor de corrección para la disposición; y

corregir la disposición de acuerdo con el valor de corrección.

11. El método de medición de huecos de acuerdo con las reivindicaciones 9 o 10,

45 en el que la etapa de medir el espesor de una placa (T) mide el espesor de la placa (T) emitiendo ondas de ultrasonidos (US) hacia la placa superior (12) desde arriba de la placa superior (12) y detectando las ondas de ultrasonidos (US) reflejadas por la superficie superior (12a) y una superficie inferior (12b) de la placa superior (12).

12. El método de medición de huecos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11,

50 en el que la etapa de medir un escalón (D) mide el escalón (D) emitiendo un rayo láser (LB) desde arriba de la placa superior (12) hacia un área donde tanto la placa superior (12) como la placa inferior (14) están expuestas en la parte superior del material (10) y detectando el rayo láser (LB) reflejado por la superficie superior (12a) de la placa superior (12) y la superficie superior (14a) de la placa inferior (14).

13. El método de medición de huecos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 12, que comprende además la etapa de mover un área donde se mide el hueco (G) a lo largo de una dirección horizontal del material (10).

55 14. El método de medición de huecos de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, que comprende, además, las etapas de:

60 aplicar una presión al material (10) a lo largo de la dirección del espesor del material (10) cuando se mide el hueco (G); y

medir la presión.

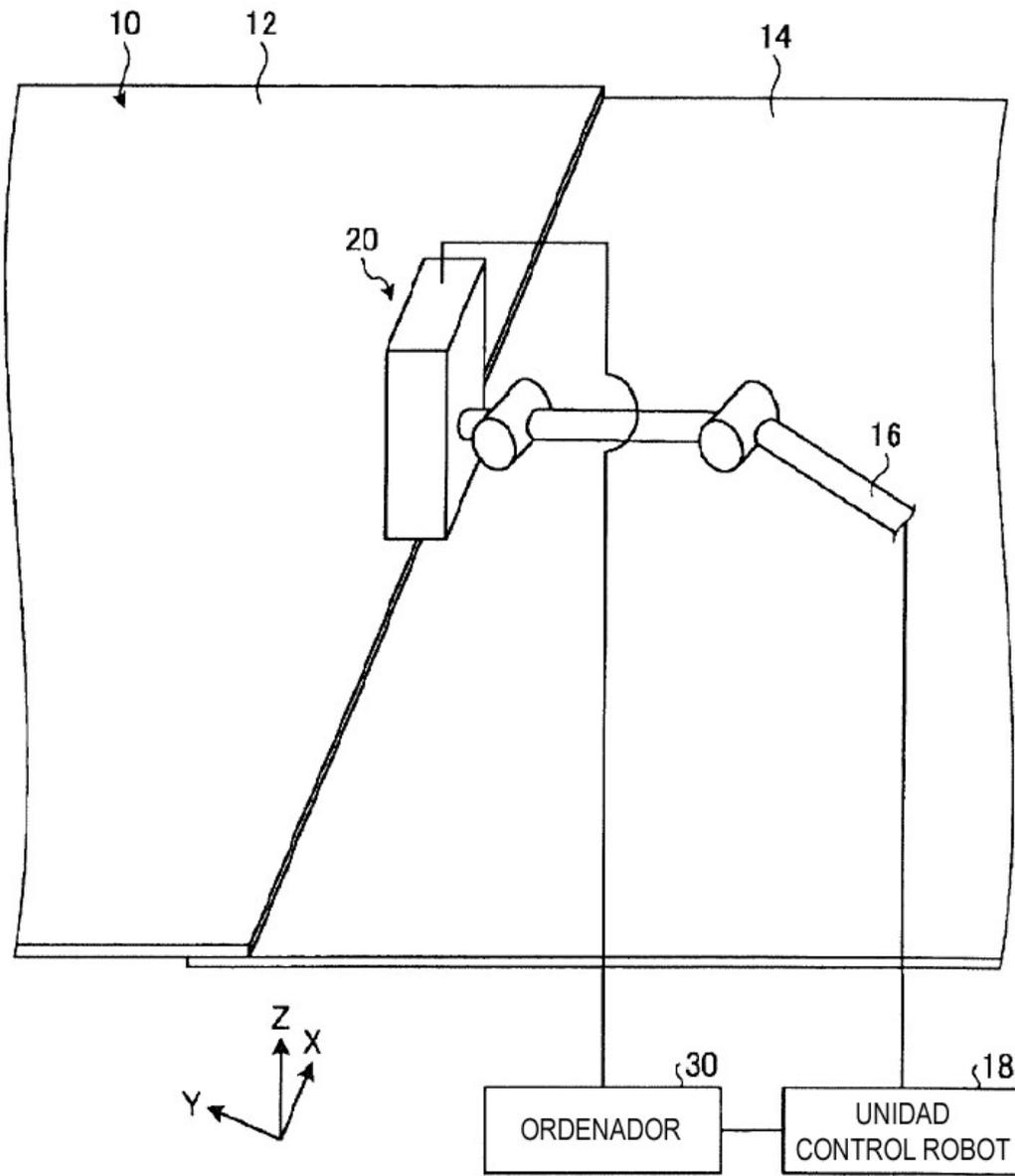


FIG. 1

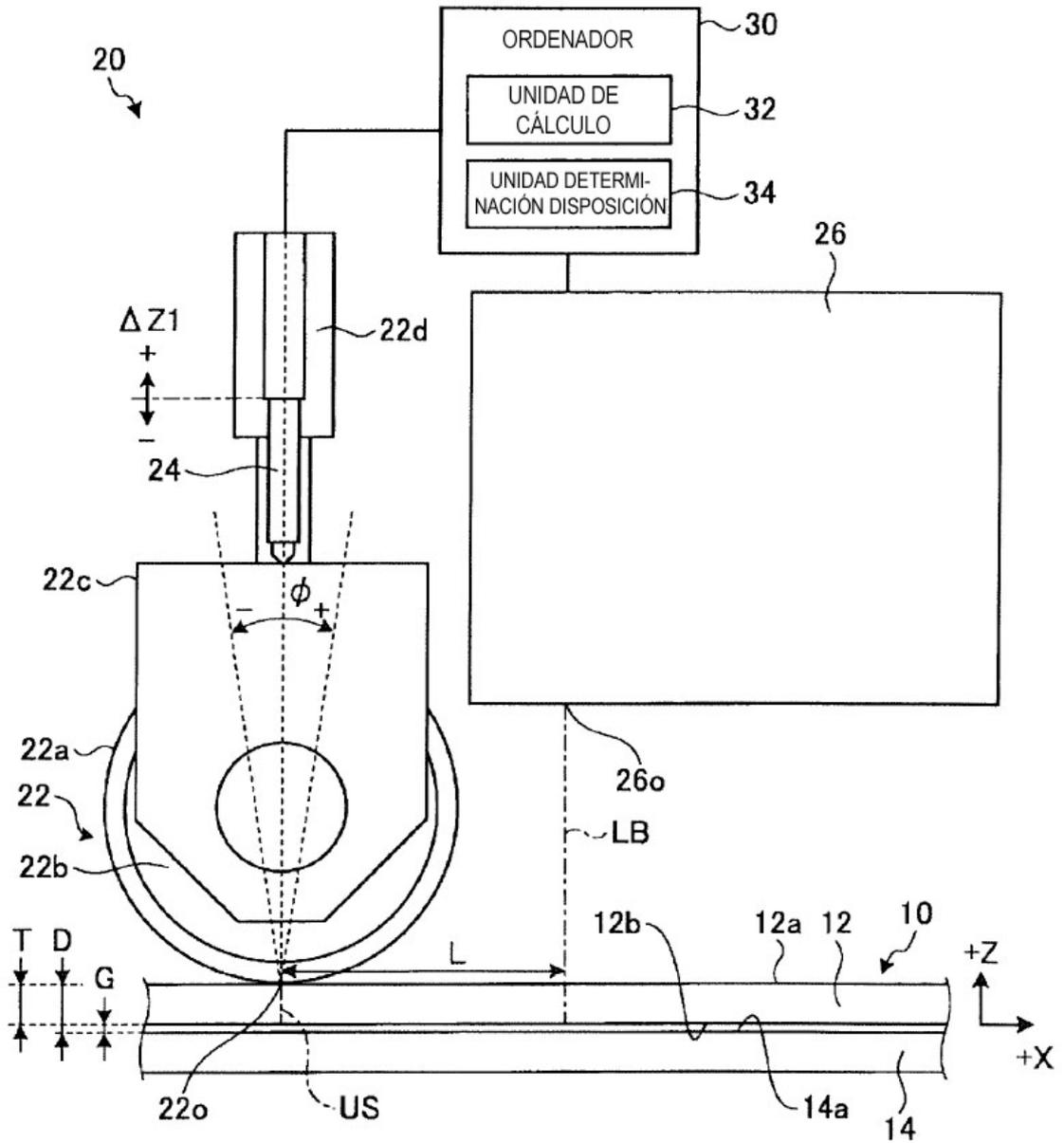


FIG. 2

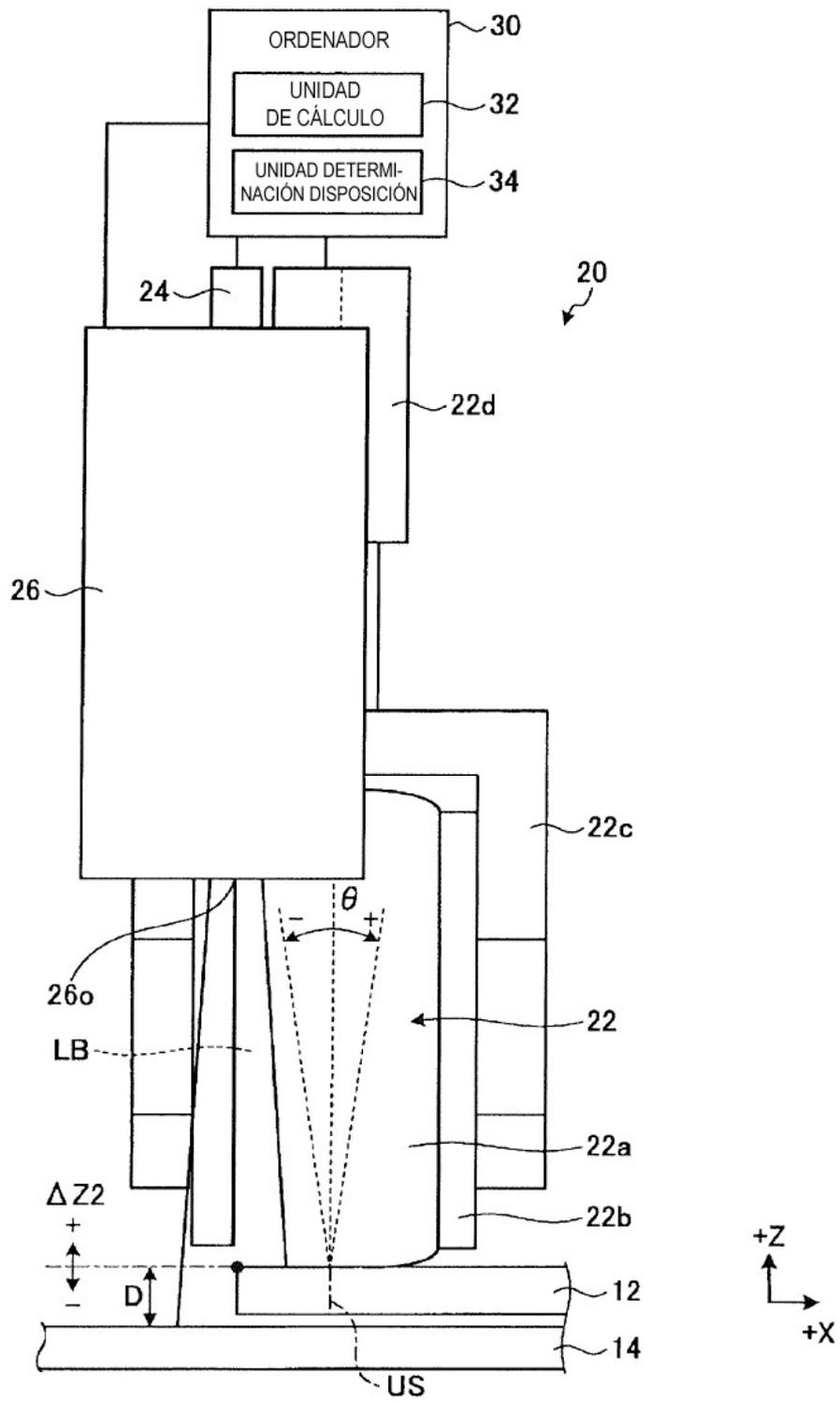


FIG. 3

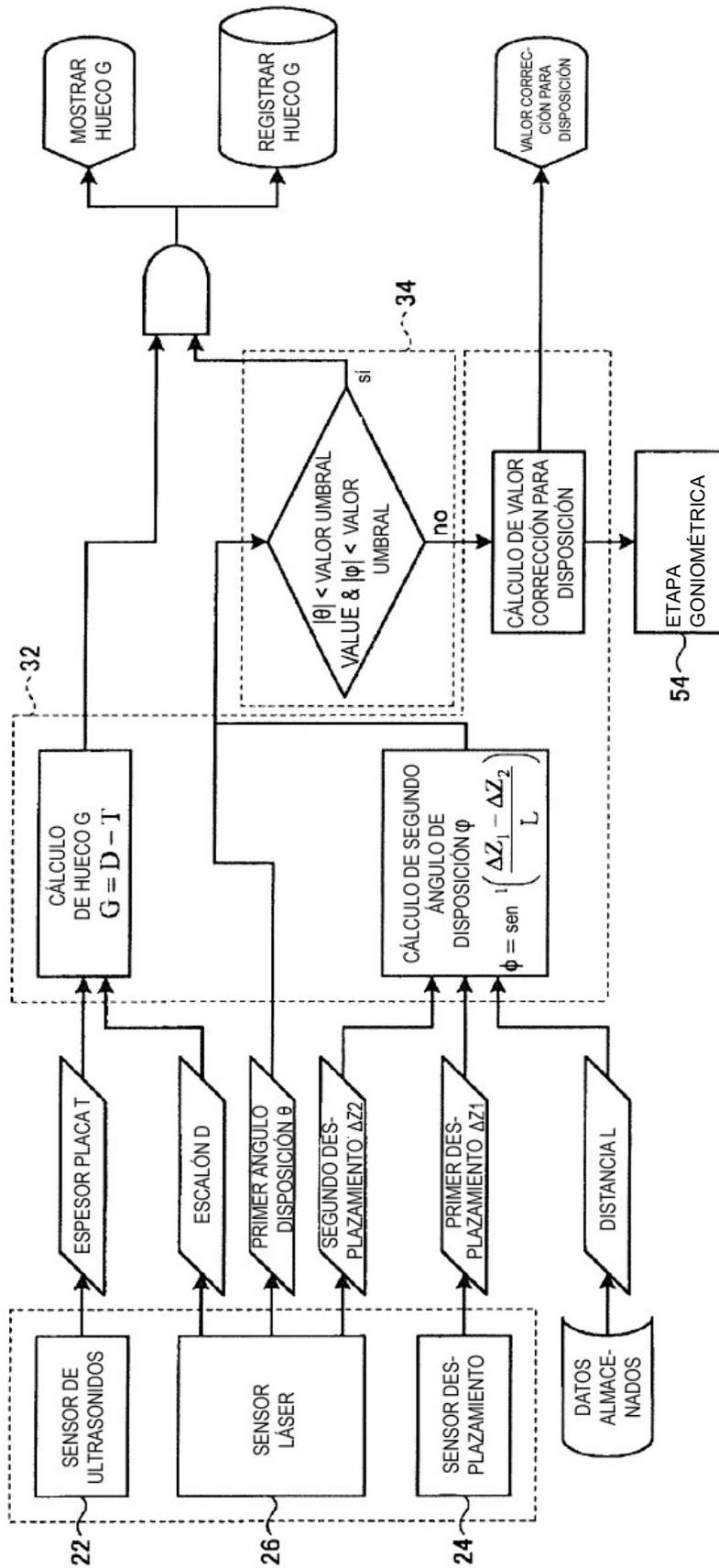


FIG. 4

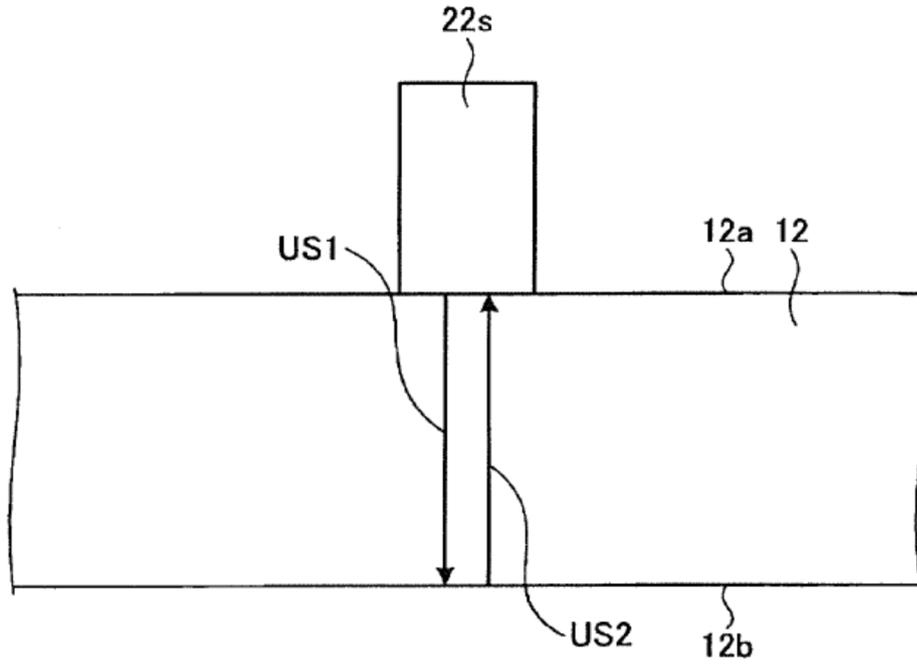


FIG. 5

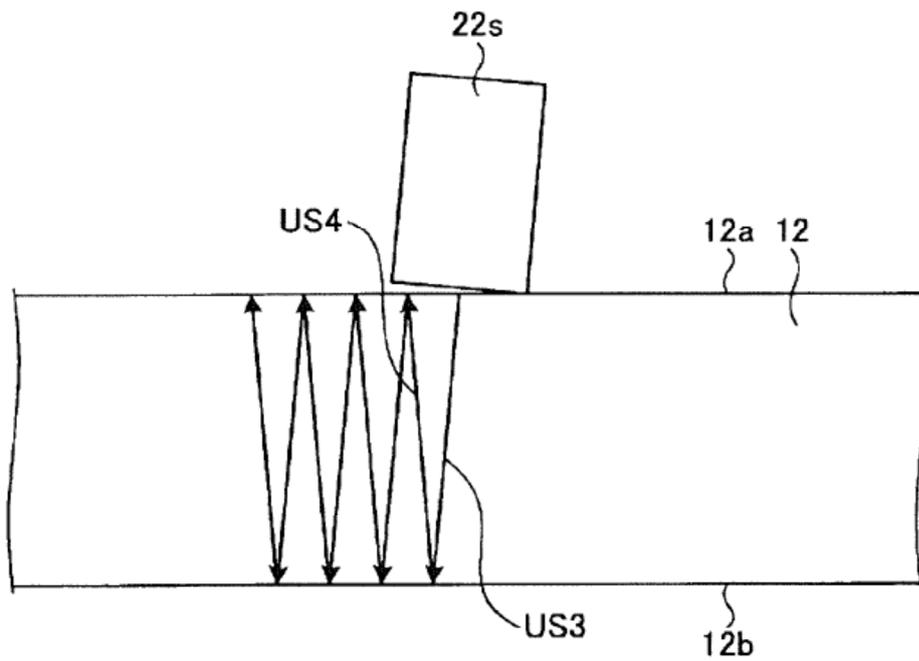


FIG. 6

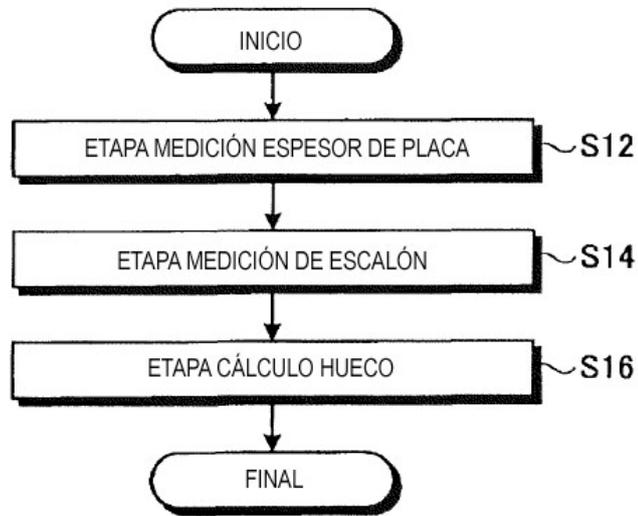


FIG. 7

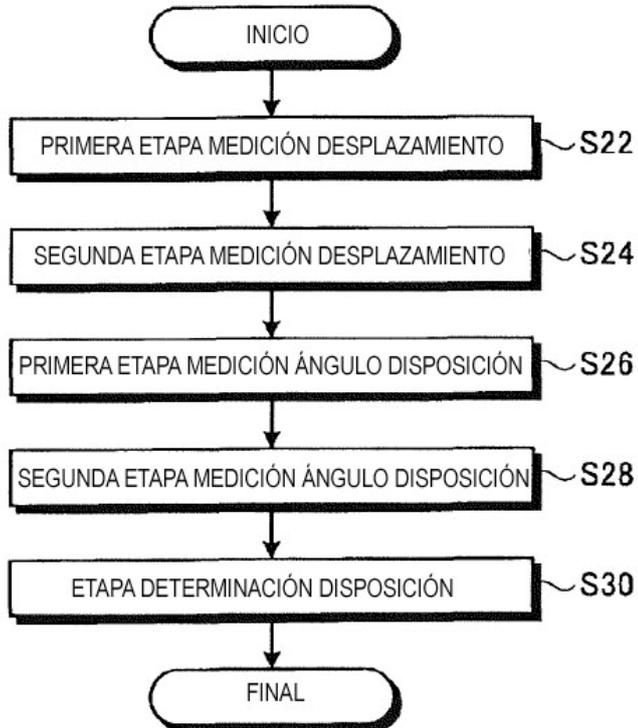


FIG. 8

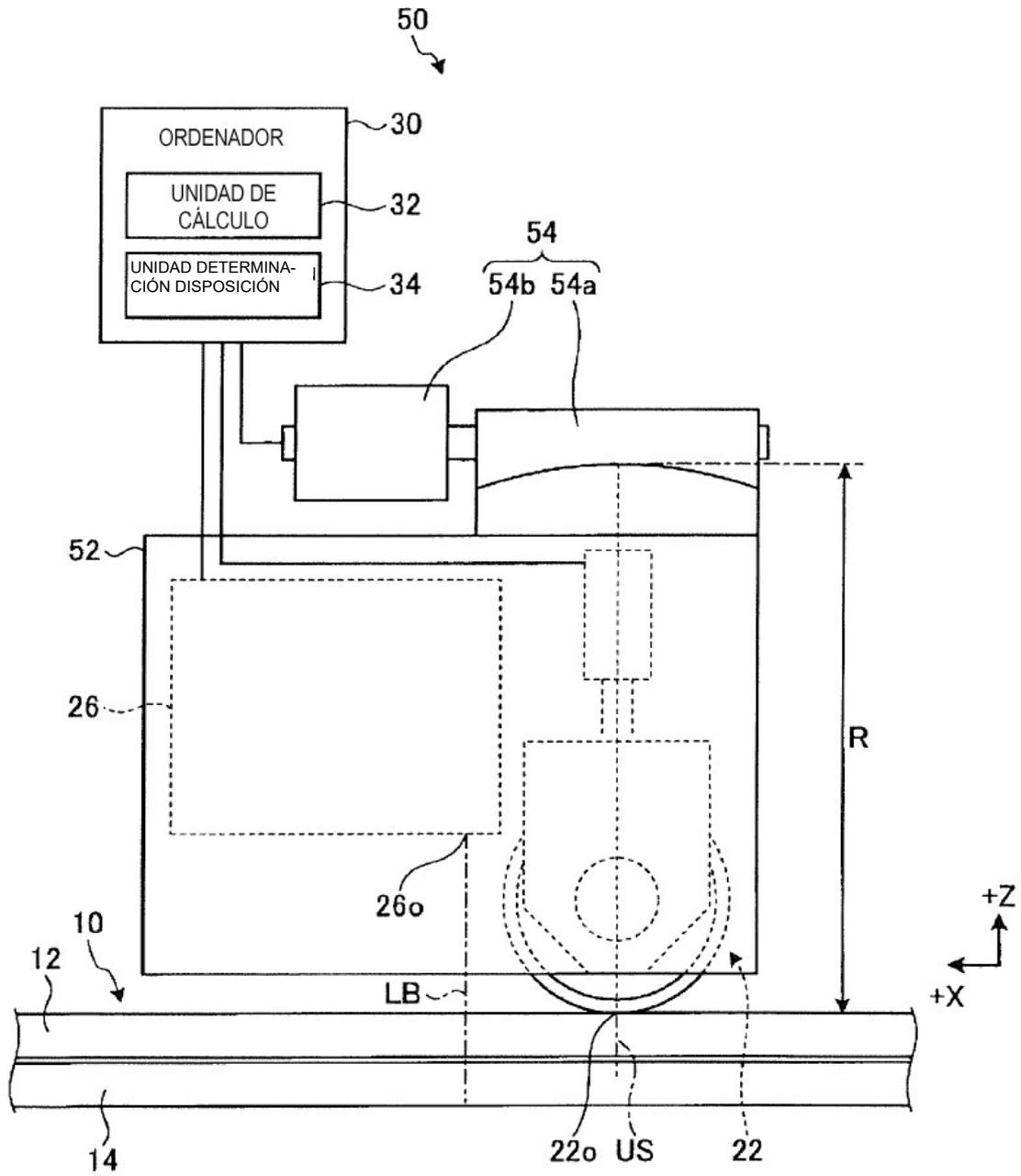


FIG. 10