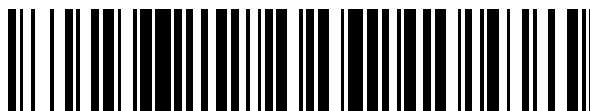


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 742 423**

51 Int. Cl.:

G01N 29/22 (2006.01)

G01N 29/265 (2006.01)

G01N 29/28 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **09.04.2015** **E 15163016 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.06.2019** **EP 2930508**

54 Título: **Procedimiento para inspeccionar componentes por medio de ultrasonidos y dispositivo de inspección con un manipulador**

30 Prioridad:

10.04.2014 DE 102014105110

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

14.02.2020

73 Titular/es:

**DEUTSCHES ZENTRUM FÜR LUFT- UND
RAUMFAHRT E.V. (100.0%)**

**Linder Höhe
51147 Köln, DE**

72 Inventor/es:

**SCHMIDT, THOMAS;
HUBER, ARMIN y
NUSCHELE, STEFAN**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 742 423 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

Procedimiento para inspeccionar componentes por medio de ultrasonidos y dispositivo de inspección con un manipulador

5 La invención se refiere a un procedimiento para la inspección no destructiva de componentes, en particular componentes compuestos de fibras, con ayuda de un dispositivo de inspección, presentando el dispositivo de inspección un soporte, un dispositivo de transmisión dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para transmitir ultrasonidos y un dispositivo de recepción dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para recibir ultrasonidos, pudiendo ajustarse el dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción en cada caso por separado en traslación y/o en rotación. Además la invención se refiere a un dispositivo de inspección para la inspección no destructiva de componentes, en particular componentes compuestos de fibras.

15 Por el documento DE 10 2008 021 248 A1 se conoce un procedimiento para determinar un estado estructural de un material compuesto de fibras, reforzado en particular de manera unidireccional, en el que el material compuesto de fibras se inspecciona sin destrucción y en el que se provocan y miden ondas de Lamb en el material compuesto de fibras, determinándose propiedades del material viscoelástico del material compuesto de fibras. Las ondas de Lamb se provocan por medio de al menos un transmisor aplicado en particular sobre la superficie del material compuesto de fibras y/o integrado en el material compuesto de fibras. Las ondas de Lamb provocadas se miden por medio de al menos un receptor aplicado en particular sobre la superficie del material compuesto de fibras y/o integrado en el material compuesto de fibras.

25 Por el documento EP 2 362 213 A1 se conoce un procedimiento para monitorizar o verificar componentes en forma de placa en el que con al menos dos sensores dispuestos a una distancia conocida entre sí se detectan ondas de ultrasonidos y a este respecto, conociendo las velocidades del sonido de ondas acústicas elásticas que se propagan por/en el respectivo componente con un modo de onda diferente para al menos una frecuencia seleccionada, tras la determinación del modo de onda real de las ondas acústicas detectadas con los sensores se realiza una determinación de posición de errores en el componente, mediante una determinación de las diferencias del tiempo de propagación de las ondas acústicas, que se detectan con los sensores. A este respecto, dos sensores están colocados a una distancia constante conocida entre sí en un componente en forma de placa o una vez se disponen dos sensores y una vez tres sensores en un componente con una distancia correspondiente entre sí o se pegan dos transductores piezoeléctricos dispuestos separados a una distancia como sensores sobre una placa de aluminio.

35 Por el documento US 2013/145850 A1 se conocen un sistema y un procedimiento para inspeccionar un componente, que comprende dos dispositivos de robot multiaxiales con efectores finales y una disposición de deslizamiento con dos carriles de deslizamiento para los dispositivos de robot. Los carriles de deslizamiento están dispuestos a ambos lados del componente que va a inspeccionarse, para permitir un movimiento lineal independiente uno de otro de los dispositivos de robot. Para la inspección, según el documento US 2013/145850 A1 se proponen instrumentos de ultrasonidos que pueden hacerse funcionar en un procedimiento de examen ultrasónico. Los instrumentos de ultrasonidos se orientan exactamente para transmitir señales de ultrasonidos sin errores desde un dispositivo de robot a través del componente al otro dispositivo de robot. A partir de un modelo tridimensional del componente se genera un trayecto de inspección. Los efectores finales se colocan en lados opuestos del componente y en cada caso se guían a lo largo del trayecto de inspección para obtener datos de ultrasonidos. El trayecto de inspección comprende una pluralidad de puntos de inspección.

50 Por el documento DE 102 59 653 B3 se conocen un sistema y un procedimiento para la inspección sin destrucción de materiales de un componente por medio de ultrasonidos, en el que se aplican ultrasonidos al componente que va a inspeccionarse por medio de una disposición de al menos dos cabezales de ultrasonidos. Según el documento DE 102 59 653 B3 los cabezales de ultrasonidos se sitúan enfrentados en lados diferentes del componente y se mueven sobre una trayectoria predeterminada sobre el componente y por medio de un chorro de líquido se acoplan de manera acústica al componente. Los cabezales de ultrasonidos se mueven independientemente uno de otro, pero de manera sincronizada, siempre sobre los diferentes lados del componente que va a inspeccionarse exactamente enfrentados más allá del contorno del componente. La sincronización también puede producirse mediante una comparación de las posiciones actuales de los cabezales de ultrasonidos con datos almacenados de un modelo tridimensional del componente que va a inspeccionarse. Alternativamente el documento DE 102 59 653 B3 propone disponer los cabezales de ultrasonidos a una distancia predeterminada enfrentados entre sí de manera estacionaria y mover el componente que va a inspeccionarse de manera controlada entre los cabezales de ultrasonidos y con su contorno de componente a lo largo de los cabezales de ultrasonidos.

65 La invención se basa en el objetivo de mejorar el procedimiento mencionado al principio. Además se mejorará el dispositivo de inspección mencionado al principio desde el punto de vista constructivo y/o funcional. En particular se simplificará una inspección. En particular se prescindirá de un medio de acoplamiento por separado. En particular se aumentarán las posibilidades de evaluación y/o la calidad de evaluación. En particular se mejorará la posibilidad de inspección de componentes laminados. En particular se mejorará la posibilidad de inspección de componentes de

material tanto cuasi-isotrópico como altamente anisotrópico. En particular se mejorará la posibilidad de inspección de componentes con diferentes grosores de material. En particular se mejorará la posibilidad de inspección de componentes curvados.

5 El objetivo se alcanza con un procedimiento para la inspección no destructiva de componentes, en particular componentes compuestos de fibras, con ayuda de un dispositivo de inspección, presentando el dispositivo de inspección un soporte, un dispositivo de transmisión dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para transmitir ultrasonidos y un dispositivo de recepción dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para recibir ultrasonidos, pudiendo ajustarse el dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción en cada caso por separado en traslación y/o en rotación, ajustándose en primer lugar el dispositivo de transmisión y/o el dispositivo de recepción teniendo en cuenta una representación digital de un componente que va a inspeccionarse y de manera adaptada a una respectiva posición de inspección e introduciéndose a continuación ultrasonidos sin contacto en el componente, disponiéndose el dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción en el mismo lado de componente y generándose ondas de Lamb en el componente con ayuda de los ultrasonidos introducidos.

20 El procedimiento puede realizarse de manera automatizada. El procedimiento puede realizarse en el marco de una fabricación en serie. La inspección puede comprender un reconocimiento y una localización de defectos. El procedimiento puede realizarse como procedimiento de reflexión de sonido. El procedimiento puede realizarse como procedimiento de examen ultrasónico. El procedimiento puede realizarse en un procedimiento combinado. Para la realización del procedimiento el dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción están dispuestos según la invención en el mismo lado de componente.

25 El componente puede estar presente en un estado de fabricación acabado, parcialmente acabado o no acabado. El componente puede ser una parte de avión. El componente puede ser por ejemplo una parte de fuselaje o una parte del timón de dirección. El componente puede ser una parte de vehículo. El componente puede ser por ejemplo una parte de carrocería. El componente puede estar curvado. El componente puede estar curvado de manera simple o múltiple. El componente puede presentar un material cerámico. El componente puede presentar un material metálico. El componente puede presentar un material derivado de la madera.

35 El componente compuesto por fibras puede presentar fibras. El componente compuesto por fibras puede presentar fibras de vidrio, fibras de carbono, fibras cerámicas, fibras de aramida, fibras naturales y/o fibras sintéticas. Las fibras pueden estar dirigidas. El componente compuesto por fibras puede ser una pieza de trabajo laminada. Las fibras pueden estar presentes como tejido, malla o estera. El componente compuesto por fibras puede fabricarse con un procedimiento de plegado, procedimiento de prensado, procedimiento de preimpregnado, procedimiento de infusión en vacío, procedimiento de enrollado o procedimiento de inyección. El componente compuesto por fibras puede ser un componente moldeado por inyección, componente de moldeo por transferencia, componente de pultrusión o componente de compuesto de moldeo en láminas. Las fibras pueden estar incorporadas en un material de matriz.

45 El dispositivo de transmisión y/o el dispositivo de recepción puede/n ajustarse a una respectiva posición de inspección de tal modo que sea posible una introducción optimizada de ultrasonidos en el componente y/o una recepción optimizada de ultrasonidos.

50 Con una introducción sin contacto de ultrasonidos el dispositivo de transmisión puede estar distanciado de una superficie de componente. Una introducción sin contacto de ultrasonidos puede producirse sin un medio de acoplamiento por separado, como gel o agua. Con una introducción sin contacto de ultrasonidos el aire puede servir de medio de acoplamiento.

El dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción se ajustan con respecto a una superficie de componente en cada caso con una distancia adaptada y un ángulo adaptado. El dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción puede/n ajustarse en traslación y/o en rotación.

55 El dispositivo de inspección puede moverse a lo largo de una trayectoria de inspección y a este respecto el dispositivo de transmisión y/o el dispositivo de recepción puede/n regularse sincronizados con respecto a la trayectoria. Una regulación sincronizada con respecto a la trayectoria puede significar que a diferentes puntos de trayectoria está asociado en cada caso un ajuste predeterminado del dispositivo de transmisión y/o del dispositivo de recepción y el dispositivo de transmisión y/o el dispositivo de recepción se ajusta/n a los respectivos puntos de trayectoria sincronizados con este/estos ajuste/s. El/los ajuste/s del dispositivo de transmisión y/o del dispositivo de recepción puede/n sincronizarse con los respectivos puntos de trayectoria. El dispositivo de transmisión y/o el dispositivo de recepción puede/n ajustarse con un movimiento a lo largo de la trayectoria de inspección de manera continua, de manera cuasi-continua o de manera discreta.

65 La representación digital del componente que va a inspeccionarse puede comprender datos CAD y/o datos FEM. La representación digital puede crearse con un procedimiento de modelado. La representación digital puede

comprender datos CAD en 3D. La representación digital puede ser un modelo de borde, modelo de alambre, modelo de superficie, modelo sólido, modelo de cuerpo o modelo paramétrico. Los datos FEM pueden servir para la simulación de estado sólido. La representación digital puede presentar información sobre una geometría de componente, una estructura interna, una construcción tipo sándwich, una construcción en capas y/o una orientación de fibras.

Las ondas de Lamb también pueden denominarse ondas en placas. Con ayuda de los ultrasonidos introducidos en el componente que va a inspeccionarse es posible provocar vibraciones en las que se producen desviaciones tanto en perpendicular a la superficie de componente como en la dirección de propagación en paralelo a la superficie de componente. Las ondas de Lamb pueden ser ondas de presión y cizallamiento mixtas. Las ondas de Lamb pueden ser simétricas. En el caso de ondas de Lamb simétricas las superficies de componente enfrentadas en una posición del componente pueden alejarse de un centro del componente y al mismo tiempo volver a acercarse al centro del componente. Las ondas de Lamb pueden ser antisimétricas. En el caso de ondas de Lamb antisimétricas las superficies de componente enfrentadas en una posición del componente pueden moverse al mismo tiempo en la misma dirección. En el caso de ondas de Lamb antisimétricas en una posición del componente una superficie de componente puede alejarse de un centro del componente, mientras que al mismo tiempo una superficie de componente enfrentada se acerca al centro del componente y al revés.

Una longitud de onda puede ser larga con respecto a un grosor de componente. Entonces las ondas de Lamb simétricas pueden ser esencialmente ondas longitudinales con una dirección de propagación en el plano del componente, mediante contracciones transversales puede producirse un movimiento transversalmente al respecto. Entonces las ondas de Lamb antisimétricas pueden ser vibraciones de flexión del componente.

Una longitud de onda puede ser corta con respecto a un grosor de componente. Entonces para una longitud de onda pueden aparecer varios modos de vibración. Con modos de vibración más altos en la dirección de grosor del componente pueden aparecer varias zonas que vibran una respecto a otra. Cuando la longitud de onda es esencialmente menor que el grosor de componente, la onda de Lamb puede convertirse en una superposición de dos ondas de Rayleigh. Este tipo de ondas también pueden denominarse ondas de Lamb-Rayleigh.

Las ondas de Lamb pueden ser dispersivas. Entonces una velocidad de propagación, es decir, una velocidad de fase y una velocidad de grupo, puede depender de una longitud de onda. Las ondas de Lamb pueden presentar una velocidad de propagación cuasi-constante.

Además el objetivo en el que se basa la invención se alcanza con un dispositivo de inspección para la inspección no destructiva de componentes, en particular componentes compuestos de fibras, presentando el dispositivo de inspección un soporte, un dispositivo de transmisión dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para transmitir ultrasonidos, un dispositivo de recepción dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para recibir ultrasonidos y un dispositivo de control eléctrico para controlar el dispositivo de transmisión y/o el dispositivo de recepción y para ajustar una respectiva posición de inspección teniendo en cuenta una representación digital de un componente que va a inspeccionarse y pudiendo ajustarse el dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción en cada caso por separado en traslación y/o en rotación, estando configurado el dispositivo de inspección para la disposición del dispositivo de transmisión y del dispositivo de recepción en el mismo lado de componente y pudiendo generarse ondas de Lamb en el componente con ayuda de los ultrasonidos introducidos.

El dispositivo de inspección puede disponerse en un manipulador de un robot industrial. El dispositivo de inspección puede servir de efector de un robot industrial. El robot industrial puede presentar un dispositivo de control. El dispositivo de control del robot industrial puede servir para controlar el dispositivo de inspección. El dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción pueden moverse en conjunto a lo largo de una trayectoria de inspección. El dispositivo de inspección puede moverse con ayuda de un robot industrial a lo largo de una trayectoria de inspección.

El dispositivo de transmisión puede presentar al menos un transmisor de ultrasonidos. El dispositivo de recepción puede presentar al menos un receptor de ultrasonidos.

El dispositivo de inspección presenta un soporte. El dispositivo de transmisión está dispuesto de manera que puede ajustarse en el soporte. El dispositivo de transmisión puede ajustarse durante una operación de inspección. El dispositivo de transmisión puede desplazarse, deslizarse y/o pivotar con respecto al soporte. El dispositivo de transmisión puede ajustarse con respecto a un eje o varios ejes en traslación y/o en rotación.

El dispositivo de inspección presenta un soporte. El dispositivo de recepción está dispuesto de manera que puede ajustarse en el soporte. El dispositivo de recepción puede ajustarse durante una operación de inspección. El dispositivo de recepción puede desplazarse, deslizarse y/o pivotar con respecto al soporte. El dispositivo de recepción puede ajustarse con respecto a un eje o varios ejes en traslación y/o en rotación.

Para el ajuste el dispositivo de inspección, el dispositivo de transmisión y/o el dispositivo de recepción pueden ajustarse en cada caso individualmente y/o en cualquier combinación.

5 El dispositivo de inspección puede presentar una interfaz de señal eléctrica para ajustar el dispositivo de inspección teniendo en cuenta una representación digital de un componente que va a inspeccionarse y una posición de inspección respectiva.

10 El dispositivo de inspección puede presentar un dispositivo de ajuste electromotor, hidráulico y/o neumático para el ajuste del dispositivo de transmisión y/o del dispositivo de recepción. El dispositivo de ajuste puede presentar al menos un actuador. El dispositivo de ajuste puede presentar al menos un engranaje. El dispositivo de inspección puede presentar un dispositivo de control eléctrico para controlar el dispositivo de ajuste. El dispositivo de control también puede servir para controlar el dispositivo de transmisión y/o el dispositivo de recepción. Como dispositivo de control puede servir un dispositivo de control de un robot industrial. Como dispositivo de control puede servir un dispositivo de control separado de manera constructiva y/o funcional.

15 Por tanto, resumiendo y dicho de otro modo, mediante la invención se obtiene entre otras cosas un efector final adaptativo para una inspección ultrasónica de aire para la compensación de varianzas.

20 Es posible combinar una posibilidad de regulación sincronizada con respecto a la trayectoria así como accionada y un uso de un modelo FEM para el cálculo de un ángulo de irradiación acústica necesario.

25 El ángulo de irradiación acústica puede calcularse con el modelo FEM en cualquier lugar. El modelo FEM puede comprender una definición de laminado correspondiente. Un efector final regulable puede permitir una adaptación, concretamente en cualquier instante en una trayectoria programada anteriormente. La combinación de la construcción del efector final y del procedimiento para la determinación del ángulo de irradiación acústica puede permitir en cualquier lugar de un componente una inspección completa, unilateral con una tecnología de ultrasonidos acoplados por aire con ondas de Lamb también para componentes geoméricamente complejos con una construcción laminada diferenciada. El método puede aplicarse en principio para una inspección por transmisión y reflexión.

30 Característica 1: efector final cinemático. Es posible mover dos cabezales de inspección tanto en un eje en traslación como en un eje en rotación. Es posible una regulación con respecto a otro eje en cada caso. La regulación puede producirse sincronizada con respecto a la trayectoria. Es decir, en cualquier momento en una trayectoria arbitraria es posible ajustar una distancia y un ángulo correspondiente de los dos cabezales de inspección uno respecto a otro. A este respecto, la regulación puede producirse de diferentes maneras. Pueden ser accionamientos eléctricos de construcción adecuada, como un servomotor, motor paso a paso o similar. Alternativamente la regulación también puede producirse de manera hidráulica o neumática.

35 Característica 2: modelo FEM para la determinación de un ángulo de irradiación acústica necesario. El diseño y la configuración de estructuras compuestas de fibras pueden realizarse en un entorno CAD y con cálculo FE. Es decir, para los componentes pueden existir tanto un modelo geométrico (CAD) como una definición de compuesto de fibras basándose en el método de elementos finitos (malla, propiedades, cargas, condiciones límite, modelos de fallo). El modelo FEM puede utilizarse mediante un cálculo de matrices de rigidez de elementos de cada elemento para la generación de una matriz de rigidez general y con ello para la configuración de componentes. Por otro lado, una rigidez de elementos puede dar información sobre una amplitud necesaria de una señal sonora, porque una forma y amplitud de ondas de Lamb puede depender de una energía de excitación y las propiedades del material subyacente. Si ahora se utiliza la información disponible (geometría + definición de laminado), adicionalmente es posible calcular una velocidad de propagación de ondas de Lamb en placas con un comportamiento del material anisotrópico. A partir de la información ahora es posible calcular un ángulo de ajuste necesario en cualquier punto del componente. De este modo es posible reaccionar ante cualquier discontinuidad en una geometría y una construcción laminada. Las dos características 1 y 2 pueden combinarse. La característica 2 puede proporcionar los parámetros necesarios para un uso mediante la característica 1.

40 Con "puede" se indican en particular características opcionales de la invención. Por consiguiente, en cada caso hay un ejemplo de realización de la invención, que presenta la respectiva característica o las respectivas características.

45 Con la invención se simplifica una inspección. Puede prescindirse de un medio de acoplamiento por separado. Se aumentan las posibilidades de evaluación y/o la calidad de evaluación. Se mejora la posibilidad de inspección de componentes laminados. Se mejora la posibilidad de inspección de componentes de un material tanto cuasi-isotrópico como altamente anisotrópico. Se mejora la posibilidad de inspección de componentes con diferentes grosores de material. Se mejora la posibilidad de inspección de componentes curvados. Es posible en cada caso la introducción óptima de ultrasonidos en un componente que va a inspeccionarse. A este respecto puede tenerse en cuenta una respectiva calidad del componente en una posición de inspección.

50 A continuación se describirá en más detalle un ejemplo de realización/ejemplos de realización de la invención haciendo referencia a las figuras. A partir de esta descripción se obtienen características y ventajas adicionales.

Características concretas de estos ejemplos de realización/este ejemplo de realización pueden representar características generales de la invención. Características relacionadas con otras características de estos ejemplos de realización/este ejemplo de realización también pueden representar características individuales de la invención.

5 Muestran esquemáticamente y a modo de ejemplo:

la figura 1, un dispositivo de inspección con un dispositivo de transmisión ajustable y un dispositivo de recepción ajustable para la inspección por ultrasonidos sin contacto de componentes y

10 la figura 2, un dispositivo de transmisión y un dispositivo de recepción en dos posiciones de inspección.

La figura 1 muestra un dispositivo de inspección 100 con un dispositivo de transmisión ajustable 102 y un dispositivo de recepción ajustable 104 para la inspección por ultrasonidos sin contacto de componentes, como componentes compuestos de fibras. El dispositivo de transmisión 102 presenta un transmisor de ultrasonidos. El dispositivo de recepción 104 presenta un receptor de ultrasonidos.

El dispositivo de inspección 100 presenta un soporte 106. El soporte 106 presenta en el este caso varias partes de soporte regulables entre sí, que están unidas entre sí de manera separable, para permitir un ajuste previo. Sin embargo, en otra realización el soporte 106 también puede estar realizado de una sola pieza y/o de manera no ajustable en sí mismo.

El soporte 106 presenta una brida de unión 108. La brida de unión 108 sirve para unir el dispositivo de inspección 100 con un manipulador de un robot industrial. El dispositivo de inspección 100 sirve entonces de efector del robot industrial y puede moverse con ayuda del robot industrial.

El dispositivo de transmisión 102 está dispuesto en el soporte 106 de manera que puede ajustarse en el sentido de la flecha a en traslación y en el sentido de la flecha b en rotación. El dispositivo de recepción 104 está dispuesto en el soporte 106 de manera que puede ajustarse en el sentido de la flecha c en traslación y en el sentido de la flecha d en rotación. Para el ajuste del dispositivo de transmisión 102 y del dispositivo de recepción 104 sirven unos accionamientos. Los accionamientos son por ejemplo accionamientos electromotores, hidráulicos y/o neumáticos. Los accionamientos se controlan con ayuda de un aparato de control eléctrico. Con ayuda de los accionamientos el dispositivo de transmisión 102 y/o el dispositivo de recepción 104 pueden ajustarse antes y/o durante una operación de inspección. En el sentido en traslación el dispositivo de transmisión 102 y el dispositivo de recepción 104 pueden ajustarse de tal modo que un punto de entrada y un punto de salida para ultrasonidos están distanciados entre sí en un componente que va a inspeccionarse aproximadamente de 1 cm a aproximadamente 15 cm, en particular de aproximadamente 2 cm a aproximadamente 12 cm.

El robot industrial presenta un dispositivo de control. El dispositivo de control del robot industrial sirve en el este caso también para controlar el dispositivo de inspección 100. Con ayuda del dispositivo de control del robot industrial se ajustan el dispositivo de transmisión 102 y/o el dispositivo de recepción 104 y se controlan las operaciones de inspección.

Para la realización de las operaciones de inspección el dispositivo de inspección 100 se guía con ayuda del robot industrial a lo largo de una trayectoria de inspección sobre una superficie de un componente que va a inspeccionarse.

Mientras que el dispositivo de inspección 100 se guía a lo largo de la trayectoria de inspección, el dispositivo de transmisión 102 y/o el dispositivo de recepción 104 se ajustan sincronizados con respecto a la trayectoria, para permitir una inspección ultrasónica de aire con compensación de varianzas del componente. En cada caso puede ajustarse un ángulo del dispositivo de transmisión 102 y del dispositivo de recepción 104 entre sí así como una distancia del dispositivo de transmisión 102 y del dispositivo de recepción 104 entre sí. Para determinar los ajustes necesarios en cada caso se recurre a datos CAD y/o datos FEM del componente. Los datos FEM del componente comprenden en cada caso una definición de laminado correspondiente. Por consiguiente puede utilizarse información tanto sobre una geometría como sobre una definición de laminado del componente. Así puede calcularse una velocidad de propagación de ondas de Lamb en el componente también con un comportamiento del material anisotrópico. Con ayuda de esta información ahora es posible calcular un ajuste necesario del dispositivo de inspección 100 en cualquier punto del componente. Así puede reaccionarse ante cualquier discontinuidad en una geometría y de una construcción laminada. Así, en cualquier punto del componente es posible una inspección completa, unilateral con una tecnología de ultrasonidos acoplados por aire con ondas de Lamb también para componentes geoméricamente complejos con una construcción laminada diferenciada.

La figura 2 muestra un dispositivo de transmisión 200 y un dispositivo de recepción 202 de un dispositivo de inspección, como el dispositivo de inspección 100 según la figura 1, en dos posiciones de inspección 204, 206. A este respecto, se guía el dispositivo de inspección a lo largo de una trayectoria de inspección 208, que discurre a lo largo de una superficie de un componente que va a inspeccionarse.

ES 2 742 423 T3

5 En la posición de inspección 204 la superficie del componente presenta una curvatura convexa. En la posición de inspección 204 el dispositivo de transmisión 200 y el dispositivo de recepción 202 están ajustados entre sí con un ángulo α y distanciados entre sí con una distancia e. El ángulo α asciende en el este caso a de aproximadamente 110° a aproximadamente 115° . Con este ajuste, los ultrasonidos introducidos sin contacto pueden atravesar un segmento 210 del componente e inspeccionarse el componente en esta posición.

10 En la posición de inspección 206 la superficie del componente presenta una superficie aproximadamente plana. En la posición de inspección 206 el dispositivo de transmisión 200 y el dispositivo de recepción 202 están ajustados entre sí con un ángulo β y distanciados entre sí con una distancia f. El ángulo β asciende en el este caso a de aproximadamente 80° a aproximadamente 85° . Con este ajuste, los ultrasonidos introducidos sin contacto pueden atravesar un segmento 212 del componente e inspeccionarse el componente en esta posición.

Números de referencia

- 15 100 dispositivo de inspección
- 102 dispositivo de transmisión
- 20 104 dispositivo de recepción
- 106 soporte
- 108 brida de unión
- 25 200 dispositivo de transmisión
- 202 dispositivo de recepción
- 30 204 posición de inspección
- 206 posición de inspección
- 208 trayectoria de inspección
- 35 210 segmento
- 212 segmento

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para la inspección no destructiva de componentes, en particular componentes compuestos de fibras, con ayuda de un dispositivo de inspección (100), presentando el dispositivo de inspección (100) un soporte, un dispositivo de transmisión (102, 200) dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para transmitir ultrasonidos y un dispositivo de recepción dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para recibir ultrasonidos, pudiendo ajustarse el dispositivo de transmisión (102, 200) y el dispositivo de recepción en cada caso por separado en traslación y/o en rotación, ajustándose en primer lugar el dispositivo de transmisión (102, 200) y/o el dispositivo de recepción (104, 202) teniendo en cuenta una representación digital de un componente que va a inspeccionarse y de manera adaptada a una respectiva posición de inspección e introduciéndose a continuación ultrasonidos sin contacto en el componente, caracterizado por que el dispositivo de transmisión y el dispositivo de recepción se disponen en el mismo lado de componente y se generan ondas de Lamb en el componente con ayuda de los ultrasonidos introducidos.
- 20 2. Procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que el dispositivo de transmisión (102, 200) y/o el dispositivo de recepción (104, 202) se ajustan con respecto a una superficie de componente en cada caso con una distancia adaptada (e, f) y un ángulo adaptado (α , β).
- 25 3. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que el dispositivo de inspección (100) se mueve a lo largo de una trayectoria de inspección (208) y a este respecto se regulan el dispositivo de transmisión (102, 200) y/o el dispositivo de recepción (104, 202) sincronizados con respecto a la trayectoria.
- 30 4. Procedimiento según al menos una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por que la representación digital del componente que va a inspeccionarse comprende datos CAD y/o datos FEM.
- 35 5. Dispositivo de inspección (100) para la inspección no destructiva de componentes, en particular componentes compuestos de fibras, presentando el dispositivo de inspección un soporte, un dispositivo de transmisión (102, 200) dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para transmitir ultrasonidos y configurado para la introducción sin contacto de ultrasonidos en el componente, un dispositivo de recepción (104, 202) dispuesto en el soporte de manera que puede ajustarse con respecto a una superficie de componente con una distancia adaptada y un ángulo adaptado para recibir ultrasonidos y un dispositivo de control eléctrico para controlar el dispositivo de transmisión y/o el dispositivo de recepción y para ajustar una respectiva posición de inspección teniendo en cuenta una representación digital de un componente que va a inspeccionarse, pudiendo ajustarse el dispositivo de transmisión (102, 200) y el dispositivo de recepción en cada caso por separado en traslación y/o en rotación, caracterizado por que el dispositivo de inspección (100) está configurado para la disposición del dispositivo de transmisión y del dispositivo de recepción en el mismo lado de componente y pueden generarse ondas de Lamb en el componente con ayuda de los ultrasonidos introducidos.
- 40 6. Dispositivo de inspección (100) según la reivindicación 5, caracterizado por que el dispositivo de inspección (100) presenta un dispositivo de ajuste electromotor, hidráulico y/o neumático para el ajuste del dispositivo de transmisión (102, 200) y/o del dispositivo de recepción (104, 202).
- 45 7. Dispositivo de inspección (100) según la reivindicación 6, caracterizado por que el dispositivo de control eléctrico está configurado para controlar el dispositivo de ajuste.
- 50 8. Dispositivo de inspección (100) según al menos una de las reivindicaciones 5-7, caracterizado por que el dispositivo de transmisión (102, 200) y el dispositivo de recepción (104, 202) pueden moverse en conjunto a lo largo de una trayectoria de inspección (208).

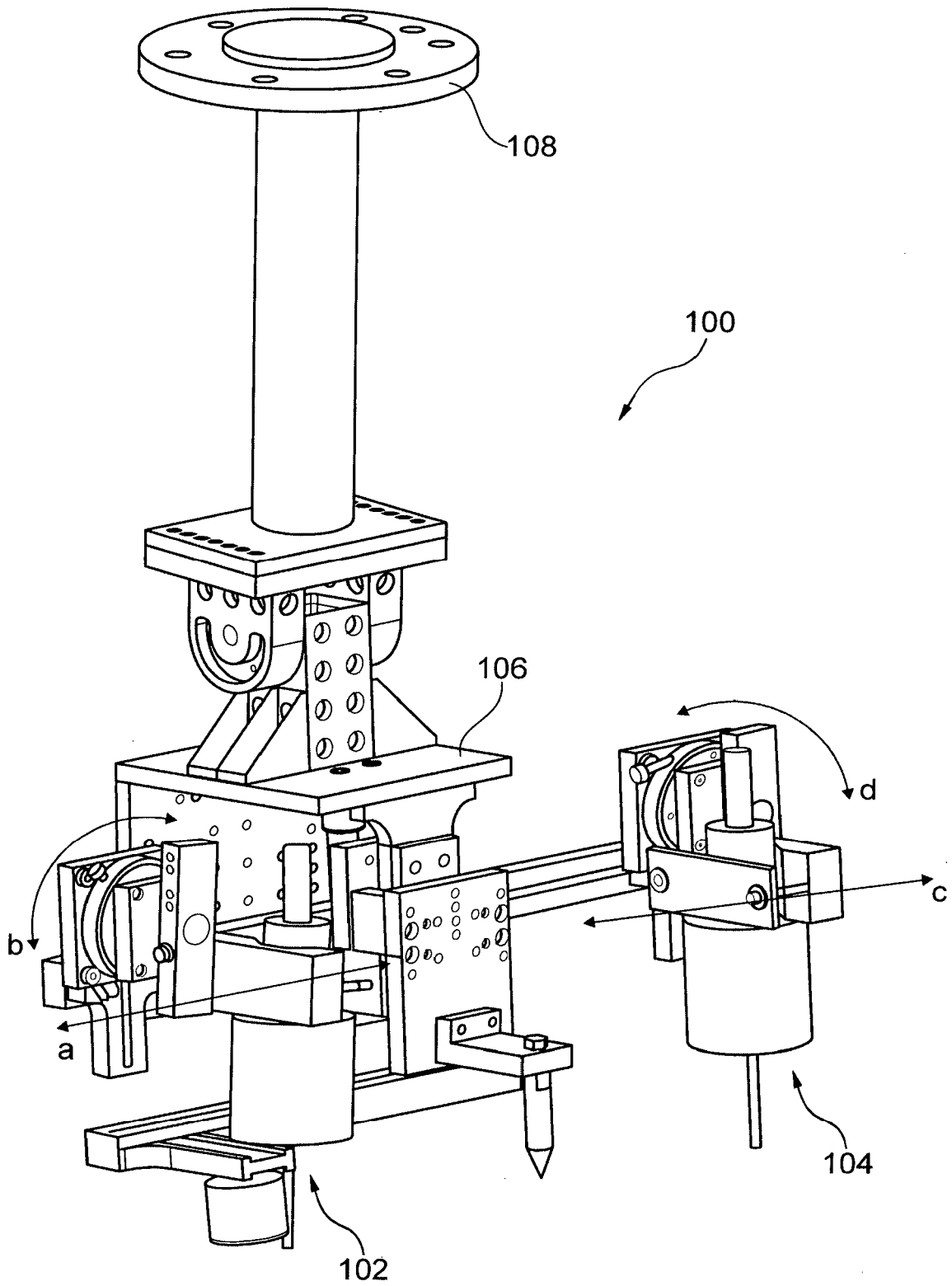


Fig. 1

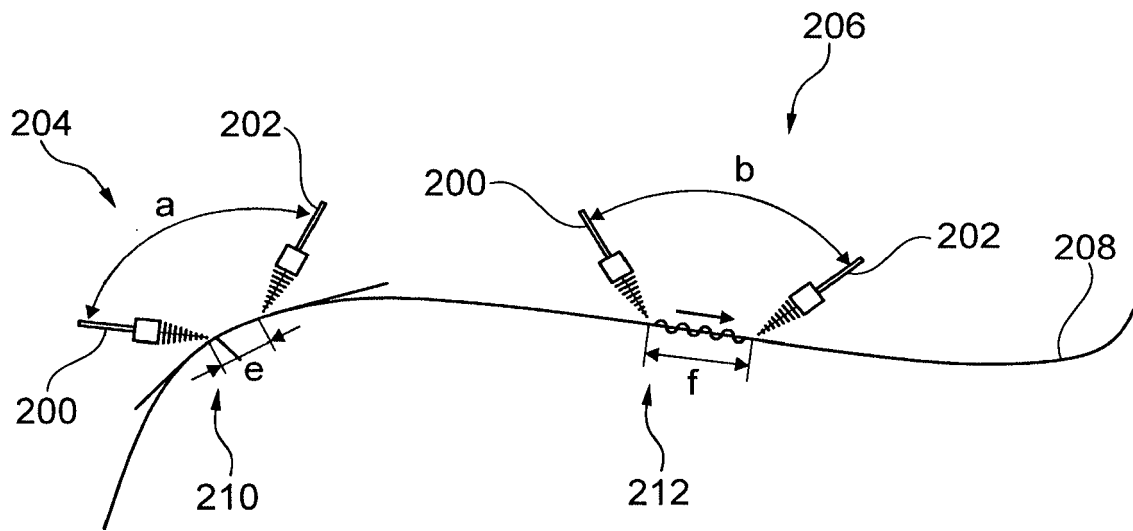


Fig. 2