

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 638 218**

51 Int. Cl.:

**G01M 5/00** (2006.01)

**G01B 5/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.06.2015** E 15173116 (3)

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.08.2017** EP 2998717

54 Título: **Dispositivo para detectar deformaciones de una pala de rotor y procedimiento para el montaje de un dispositivo de este tipo**

30 Prioridad:

**16.09.2014 DE 102014218518**

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

**19.10.2017**

73 Titular/es:

**DR. JOHANNES HEIDENHAIN GMBH (100.0%)**  
**Dr. Johannes-Heidenhain-Strasse 5**  
**83301 Traunreut, DE**

72 Inventor/es:

**MEYER, HERMANN y**  
**SIGL, THOMAS**

74 Agente/Representante:

**UNGRÍA LÓPEZ, Javier**

**ES 2 638 218 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 para detectar deformaciones de una pala de rotor y procedimiento para el montaje de un dispositivo de este tipo

**Campo técnico**

5 La invención se refiere a un dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor de una turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1 de la patente así como a un procedimiento configurado para el montaje de un dispositivo de este tipo de acuerdo con la reivindicación 8 de la patente.

10 Las palas de rotor de turbinas eólicas están expuestas a las más diferentes fuerzas que conducen, naturalmente a deformaciones de las palas del rotor y las excitan, dado el caso, a oscilaciones. Ya sólo la fuerza del peso de una pala de rotor giratoria genera una deformación periódica de la pala de rotor respectiva. Estas deformaciones se superponen por otras deformaciones, que resultan, entre otras cosas, de las cargas aerodinámicas. Por ejemplo, las cargas aerodinámicas dependen del perfil de la altura de la velocidad del viento en combinación con ráfagas de viento o turbulencias del viento. De la misma manera, durante cada revolución a través del remanso previo de la torre se inicia una fuerza pulsátil en la pala del rotor. La medida de las deformaciones de palas de rotor de una turbina eólica sólo se puede prever, dado el caso, con dificultad, por lo que se han emprendido esfuerzos para registrarlas como valores reales.

20 Con respecto a la previsión de daños de fatiga, puede ser ventajoso generar sobre la base de las deformaciones o bien de las cargas medidas una información considerando una carga acumulada de la pala del rotor en un instante deseado. La disponibilidad de tales valores de la carga tiene, por lo tanto, mucha importancia con respecto a cargas máximas de corta duración o a daños de fatiga previsibles. Además, conociendo las deformaciones reales o bien las cargas reales, se puede optimizar la regulación de la turbina eólica, por ejemplo a través del ajuste del ángulo de paso.

25

**Estado de la técnica**

30 Se conoce a partir del documento DE 19847982 A1 un dispositivo para la detección de oscilaciones de una pala de rotor de una turbina eólica, a través de las cuales se establece utilizando un sensor de distancia como elemento lineal una deformación de la pala de rotor. Elementos del dispositivo se fijan con la ayuda de una junta adhesiva en una pared de la pala. En la publicación mencionada anteriormente, se indica al principio que los puntos adhesivos sólo son difíciles de reequipar manualmente en palas de rotor existentes.

35 Según el modelo de utilidad DE 297 20 741 U1, con la ayuda de un sensor de distancia se detecta un movimiento lineal de dos tacos, que están adheridos con la pared de la pala del rotor.

40 En el documento WO2013/045610 A1 se muestra un dispositivo para la detección de un valor de la distancia, que presenta un soporte, que se deforma como consecuencia de deformaciones de la pala de rotor, en el que las deformaciones del rotor son medidas por medio de un sensor sensible a la deformación. Componentes de montaje correspondientes están encolados con la pala de rotor.

El documento EP 2 876 406 A1 de la solicitante, que fue publicado después de la fecha de solicitud de esta patente, publica un dispositivo para la medición de deformaciones de la pala del rotor, que se puede encolar en el lado interior de una pala de rotor.

**Resumen de la invención**

45 La invención tiene el cometido de crear un dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor de una turbina eólica, que se puede montar de manera comparativamente fácil y precisa en la pala del rotor, por ejemplo también con relaciones de espacio estrechas y posiciones de montaje difíciles.

50 Además, a través de la invención se crea un procedimiento para el montaje sencillo y preciso de un dispositivo de este tipo en una pala de rotor.

55 Este cometido se soluciona de acuerdo con la invención por medio del dispositivo con las características de la reivindicación 1 de la patente o bien por medio de un procedimiento con las características de la reivindicación 8 de la patente.

60 De acuerdo con ello, el dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor de una turbina eólica comprende un dispositivo de medición de la posición, que presenta un primero y un segundo grupos de componentes así como un brazo. El primer grupo de componentes del dispositivo de medición de la posición es móvil con relación al segundo grupo de componentes o bien está dispuesto pivotable alrededor de un eje, de manera que a través del dispositivo de medición de la posición se puede medir la posición relativa entre el primero y el

segundo grupos de componentes. El brazo está acoplado mecánicamente con el primer grupo de componentes y presenta una primera superficie adhesiva, que está configurada de tal manera que se puede unir o bien adherir de manera duradera con la pala de rotor. El segundo grupo de componentes presenta una segunda superficie adhesiva, que está configurada de tal manera que el segundo grupo de componentes se puede unir o bien adherir de forma duradera con la pala de rotor. En el segundo grupo de componentes y en el brazo está fijado un primer elemento de montaje. El dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor presenta, además, un segundo elemento de montaje, en el que el primer elemento de montaje se puede unir de forma desprendible con el segundo elemento de montaje, de manera que éste se puede fijar por adhesión en la pala de rotor.

El dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor comprende también al menos una pareja de elementos de montaje, que comprende el primer elemento de montaje y el segundo elemento de montaje. Para la liberación de la pareja o cuando el dispositivo presenta varias parejas de elementos de montaje, para la liberación de la pluralidad de parejas, es necesaria, naturalmente, una fuerza determinada. Los elementos de montaje están configurados con ventaja de tal manera que la fuerza para la liberación es mayor que la fuerza de peso del dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor. De esta manera, se puede realizar sin otros medios auxiliares un montaje del dispositivo por encima de la cabeza en el rotor.

En otra configuración de la invención, un segundo elemento de montaje presenta una capa adhesiva, de manera que con la ayuda de la capa adhesiva se puede fijar por adhesión el segundo elemento de montaje en la pala de rotor. Con ventaja, el brazo está fabricado de un material, que comprende plástico. El plástico puede estar especialmente reforzado con fibras, por ejemplo a través de fibras de vidrio y/o fibras de carbono.

En otra configuración de la invención, el primer grupo de componentes está unido de forma articulada con el brazo, en particular a través de un componente flexible, que puede estar configurado como articulación de cuerpo sólido o bien como articulación de una pieza.

Con ventaja, el dispositivo de medición de la posición presenta un rodamiento o varios rodamientos para el alojamiento pivotable de primer grupo de componentes con relación al segundo grupo de componentes. Un alojamiento de este tipo sirve entonces también para la conducción del brazo. De manera alternativa, se puede utilizar también un cojinete de fricción o una articulación de cuerpo sólido para el alojamiento pivotable del primer grupo de componentes con relación al segundo grupo de componentes.

De acuerdo con un desarrollo de la invención, el dispositivo de medición de la posición presenta una incorporación de medición y un elemento para la exploración de la incorporación de medición. La incorporación de medición puede estar configurada en forma de anillo y entonces considerada geoméricamente es un cilindro hueco con lados envolventes circundantes. Los lados envolventes pueden presentar una altura reducida, de manera que la incorporación de medición está configurada como disco anular con superficies frontales en forma de anillo alineadas paralelas entre sí, que se pueden designar también como superficies de fondo o superficies de cubierta. La escala angular o codificación angular puede estar aplicada sobre una de las superficies frontales.

Precisamente cuando la incorporación de medición está configurada de tal forma que los lados envolventes presentan un casquillo comparativamente mayor, es decir, en el caso de una incorporación de medición más bien en forma de tambor, se puede aplicar la escala angular sobre el lado envolvente. Pero la incorporación de medición se puede aplicar sobre el lado envolvente. Pero la incorporación de medición puede estar configurada también como cinta de medición, que se fija, por ejemplo, en el lado envolvente de un cuerpo cilíndrico en su lado exterior o en su lado interior.

Además, la incorporación de medición puede estar configurada de tal manera que ésta presenta una escala sólo sobre una zona angular limitada, es decir, que no se extiende sobre 360°, sino que sólo presenta un segmento angular como zona de medición. La extensión angular de la incorporación de medición puede estar adaptada a la zona máxima de medición o bien al ángulo máximo de articulación.

De manera alternativa, el dispositivo de medición de la posición puede presentar una incorporación de medición y un elemento para la exploración de la incorporación de medición, que están configurados para medir un desplazamiento lineal entre sí. De acuerdo con ello, la incorporación de medición puede estar configurada lineal o puede estar fijada en el brazo o puede estar aplicada directamente en éste.

Con ventaja, el elemento para la exploración de la incorporación de medición puede estar configurado foto sensible o bien sensible a la luz. Por lo tanto, de acuerdo con ello, tal exploración se basa en un principio óptico.

De manera alternativa, la exploración se puede basar en un principio inductivo o magnético.

El dispositivo de medición de la posición puede suministrar especialmente señales digitales de posición y/o señales que han sido generadas por una diferencia única o múltiple de las señales de posición según el tiempo.

La transmisión de las señales respectivas se puede realizar digitalmente o en serie, de manera que es posible un procesamiento comparativamente sencillo de las señales, por ejemplo para la incorporación en una regulación altamente dinámica.

5 El dispositivo de medición de la posición presenta con ventaja una incorporación de medición con una codificación absoluta, de manera que a través del dispositivo de medición de la posición se puede medir la posición relativa (posición angular o desplazamiento lineal) entre el primer grupo de componentes y el segundo grupo de componentes como una variable absoluta (en oposición a una medición incremental). De esta manera, se puede  
10 medir en instantes discretos la deformación absoluta de la pala del rotor. Esto es especialmente ventajoso para la verificación de procesos de deposición en la estructura de la pala del rotor. Para una verificación de este tipo se desplaza la pala de rotor respectiva fuera del funcionamiento propiamente dicho a una posición horizontal. A continuación se mide la deformación en esta posición. Cuando ahora se utiliza un dispositivo de medición de la posición que trabaja de forma absoluta, se puede comparar el valor de medición absoluto directamente con mediciones anteriores (igualmente absolutas).

15 Otro aspecto de la invención se refiere a una pala de rotor de una turbina eólica con un dispositivo para la detección de deformaciones. Este dispositivo comprende, por su parte, un dispositivo de medición de la posición, que presenta un primer grupo y un segundo grupo de componentes, y un brazo. El primer grupo de componentes del dispositivo de medición de la posición es móvil con relación al segundo grupo de componentes o bien está dispuesto pivotable  
20 alrededor de un eje, siendo medible a través del dispositivo de medición de la posición la posición relativa entre el primero y el segundo grupo de componentes. El brazo está acoplado mecánicamente con el primer grupo de componentes y presenta una primera superficie adhesiva, de manera que el brazo en esta primera superficie adhesiva está unido de forma duradera con la pala de rotor. El segundo grupo de componentes presenta una segunda superficie adhesiva, a través de la cual el segundo grupo de componentes está unido de manera duradera  
25 con la pala de rotor. En el segundo grupo de componentes y/o en el brazo está fijado un primer elemento de montaje. El dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor presenta, además, un segundo elemento de montaje, de manera que el primer elemento de montaje se puede unir de forma desprendible con el segundo elemento de montaje y el segundo elemento de montaje está configurado de tal manera que éste está fijado por adhesión en la pala de rotor.

30 En otra configuración de la pala de rotor, la pala de rotor presenta varios dispositivos para la detección de deformaciones.

35 Con ventaja, el brazo está orientado en la dirección longitudinal de la pala de rotor, de manera que la pala de rotor (al menos en la zona de su raíz) presenta un eje longitudinal central que se extiende en dirección longitudinal.

40 Si el dispositivo de medición de la posición está configurado como dispositivo de medición angular, el eje (de articulación) del dispositivo de medición de la posición puede estar alineado esencialmente ortogonal a la dirección longitudinal de la pala del rotor. En este caso, el dispositivo de medición de la posición puede estar dispuesto de tal manera que el eje está orientado esencialmente paralelo a la pared interior de la pala del rotor o puede estar dispuesto de tal manera que el eje se utiliza esencialmente ortogonal a la pared interior, se puede comparar el valor de medición absoluto con mediciones anteriores (igualmente absolutas).

45 Otro aspecto de la invención se refiere a una pala de rotor de una turbina eólica con un dispositivo para la detección de deformaciones. Este dispositivo comprende, por su parte, un dispositivo de medición de la posición, que presenta un primero y un segundo grupo de componentes, y un brazo. El primer grupo de componentes del dispositivo de medición de la posición está dispuesto móvil con relación al segundo grupo de componentes o bien pivotable  
50 alrededor de un eje, con lo que a través del dispositivo de medición de la posición se puede medir la posición relativa entre el primero y el segundo grupo de componentes. El brazo está acoplado mecánicamente con el primer grupo de componentes y presenta una primera superficie adhesiva, estando conectado el brazo en esta primera superficie adhesiva de manera duradera con la pala del rotor. El segundo grupo de componentes presenta una segunda superficie adhesiva, a través de la cual el segundo grupo de componentes está conectado de forma duradera con la pala del rotor. En el segundo grupo de componentes y en el brazo está fijado un primer elemento de montaje. El dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor presenta, además, un segundo elemento de  
55 montaje, de manera que el primer elemento de montaje se puede unir de forma desprendible con el segundo elemento de montaje y el segundo elemento de montaje está configurado de tal forma que éste está fijado por adhesión en la pala del rotor.

60 En otra configuración de la pala del rotor, la pala del rotor presenta varios dispositivos para la detección de deformaciones.

Con ventaja, el brazo está orientado en la dirección longitudinal de la pala del rotor, de manera que la pala del rotor presenta (al menos en la zona de su raíz) un eje longitudinal central que se extiende en dirección longitudinal.

Si el dispositivo de medición de la posición está configurado como dispositivo de medición angular, el eje (de articulación) del dispositivo de medición de la posición puede estar alineado esencialmente ortogonal a la dirección longitudinal de la pala del rotor. En este caso, el dispositivo de medición de la posición puede estar dispuesto de tal forma que el eje está orientado esencialmente paralelo a la pared interior de la pala del rotor o puede estar dispuesto de tal forma que el eje está unido esencialmente ortogonal a la pared interior de forma desprendible antes de la fijación del segundo elemento de montaje en la pala del rotor con el primer elemento de montaje. Antes de la aplicación del adhesivo

- se presiona el dispositivo en la pala del rotor, de manera que el segundo elemento de montaje se adhiere en la pala del rotor con la ayuda de la capa adhesiva,
- se retira el dispositivo para la aplicación siguiente del adhesivo de nuevo fuera de la pala del rotor.

Después de la aplicación del adhesivo se fija de nuevo el dispositivo en la pala del rotor a través del ensamblaje del primer elemento de montaje con el segundo elemento de montaje, de manera que el adhesivo está en contacto tanto con la primera y la segunda superficies adhesivas como también con la pala del rotor. El dispositivo está configurado de esta manera de tal forma que se ajusta siempre de manera reproducible un espesor predeterminado de la capa del adhesivo.

Otras configuraciones ventajosas de la invención se pueden deducir de las reivindicaciones dependientes.

Otras características y ventajas de la invención serán evidentes en la descripción siguiente de un ejemplo de realización con la ayuda de las figuras.

#### **Breve descripción de los dibujos**

La figura 1 muestra una vista en perspectiva del dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor en una primera fase de montaje.

La figura 2 muestra una vista en perspectiva del dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor en una segunda fase de montaje.

La figura 3 muestra una vista en perspectiva del dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor en una tercera fase de montaje.

La figura 4 muestra una vista en sección del dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor.

La figura 5 muestra una vista lateral de un detalle del dispositivo.

La figura 6 muestra una vista esquemática de una pala de rotor con dispositivo para la detección de deformaciones.

#### **Descripción de las formas de realización**

En la figura 1 se muestra un dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor 3 de una turbina eólica, en el que en las figuras 1 a 4 solamente se representa un fragmento de la pala de rotor en forma de paralelepípedo. La pala de rotor 3 correspondientes es en el ejemplo de realización presentado un componente de la turbina eólica con eje horizontal, que presenta especialmente, en total, tres palas de rotor 3. El dispositivo respectivo para la detección de deformaciones de la pala de rotor 3 comprende un dispositivo de medición de la posición 1, aquí un dispositivo de medición angular y un brazo 2.

El dispositivo de medición de la posición 1 mostrado comprende un primer grupo de componentes 1.1 y un segundo grupo de componentes 1.2. El primer grupo de componentes 1.1 presenta un árbol 1.11 con un apéndice (figura 4), en el que una incorporación de medición 1.14 está unida, por ejemplo, por medio de una adhesión, fijamente y sólo con desviaciones reducidas de la tolerancia en el centro con respecto al eje A. El eje A se extiende en dirección-y. La incorporación de medición 1.14 está constituida en el ejemplo de realización presentado de vidrio y está configurado en forma de anillo. Presenta, naturalmente, dos superficies frontales, estando aplicada una escala angular sobre una de las superficies frontales. La escala angular puede estar configurada, por ejemplo, como una división incremental con trazos de escala orientados radiales, pudiendo estar previsto, no obstante, adicional o alternativamente también un código absoluto.

En el árbol 1.11 está fijado seguro contra giro con efecto de retención un elemento de arrastre 1.12, de manera que durante el movimiento del elemento de arrastre 1.12 se puede generar n movimiento de articulación del árbol 1.11. El elemento de arrastre 1.12 puede ser asociado al primer grupo de componentes 1.1. En el elemento de arrastre 1.12 está fijado con precisión un componente 1.13, que sirve como articulación del cuerpo fijo y está configurado de manera correspondiente flexible. En particular, el componente 1.13 puede estar configurado como una plaquita de acero de pared fina.

El árbol 1.11 está alojado de forma giratoria por medio de dos rodamientos 1.3 según la figura 4 dentro de un cuerpo 1.25 que se puede asociar al segundo grupo de componentes 1.2. Además, al segundo grupo de componentes 1.2 se puede asociar una fuente luminosa no representada en las figuras, que comprende, por ejemplo, un LED y una lente de colimación, de manera que se emite luz colimada a través de la fuente de iluminación. Esta luz pasa a través de la incorporación de medición 1.14 o bien su escala angular y es modulada de acuerdo con la posición angular entre el primer grupo de componentes 1.1 y el segundo grupo de componentes 1.2 o bien el árbol 1.11 y el cuerpo 1.25. La luz modulada es explorada por una instalación de exploración 1.26, que está fijada en el cuerpo 1.25. Detectores sensibles a la luz o bien fotosensibles correspondientes se encuentra sobre la instalación de exploración 1.26 configurada como placa de circuito impreso equipada. Entre otras cosas, la instalación de exploración 1.26 comprende también componentes electrónicos para la formación de señales - por ejemplo para la amplificación de la digitalización, de las señales de exploración suministradas por los detectores.

Alrededor de la instalación de exploración 1.26 está montada una carcasa 1.21, de manera que, entre otras cosas, la fuente luminosa, la incorporación de medición 1.14 y la instalación de exploración 1.26 están protegidas frente a las influencias del medio ambiente. En el cuerpo 1.25 está fijado un soporte 1.22. Este soporte 1.22 presenta una segunda superficie adhesiva 1.225 (ver la figura 1) para la adhesión duradera del soporte 1.22 con la pala del rotor 2. Además, en el soporte 1.22 están fijados primeros elementos de montaje 1.221. En el ejemplo de realización presentado, los primeros elementos de montaje 1.221 están configurados como elementos de Velcro y están unidos fijamente con la ayuda de una capa adhesiva 1.223 (figura 5) con el soporte 1.22.

Respectivamente en un primer elemento de montaje 1.221 está fijado de forma desprendible en cada caso un segundo elemento de montaje 1.222. En el ejemplo de realización presentado, los segundos elementos de montaje 1.222 están configurados de la misma manera como elementos de Velcro, de modo que los primeros elementos de montaje 1.221 están unidos con los segundos elementos de montaje 1.222, respectivamente, a través de una unión de Velcro. Los segundos elementos de montaje 1.222 presentan en las superficies alejadas de los primeros elementos de montaje 1.221 una capa adhesiva K. Durante el transporte del dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor 3, sobre estas superficies están dispuestas unas láminas de protección para la protección de la capa adhesiva K.

Por medio de un cable de conexión no mostrado en las figuras, que se conecta en un casquillo 1.24, se establece una conexión eléctrica entre el dispositivo de medición de la posición 1 y una electrónica siguiente, de manera que se pueden transmitir señales eléctricas y energía eléctrica entre la electrónica siguiente y el dispositivo de medición de la posición 1.

A través del dispositivo de medición de la posición 1 se puede determinar, por lo tanto, la posición angular relativa entre el primer grupo de componentes 1.1 y el segundo grupo de componentes 1.2 o bien entre el árbol 1.11 y el cuerpo 1.25. Tales dispositivos de medición de la posición 1 se designan también con frecuencia como generadores giratorios.

Además de la instalación secundaria 1, el dispositivo para la detección de deformaciones comprende el brazo 2. Éste está fabricado en el ejemplo de realización presentado de plástico reforzado con fibra de vidrio y presenta una primera superficie adhesiva 2.5 (ver la figura 1) y un segundo lugar de unión 2.6. El segundo lugar de unión 2.6 es en el ejemplo de realización una superficie de tope, en la que se monta el componente 1.13, por ejemplo por medio de uniones atornilladas.

La primera superficie adhesiva 2.5 del brazo 2 está configurada para encolado duradero del brazo 2 con la pala de rotor 3. Además, en el brazo 2 están fijados primeros elementos de montaje 2.1. En el ejemplo de realización presentado, los primeros elementos de montaje 2.1 están configurados como elementos de Velcro. Con la ayuda de una capa adhesiva (de manera similar a la fijación de los primeros elementos de montaje 1.221 en el soporte 1.22), también los primeros elementos de montaje 2.1 del brazo 2 están unidos fijamente con el brazo 2. Respectivamente, en un primer elemento de montaje 2.1 del brazo 2 está fijado en cada caso de forma desprendible un segundo elemento de montaje 2.2 del brazo 2. En el ejemplo de realización presentado, los segundos elementos de montaje 2.2 del brazo están configurados de la misma manera como elementos de Velcro, de modo que los primeros elementos de montaje 2.1 están unidos con los segundos elementos de montaje 2.2, respectivamente, a través de una unión de Velcro. Los segundos elementos de montaje 2.2 del brazo 2 presentan una capa adhesiva en las superficies alejadas de los primeros elementos de montaje 2.1. Durante el transporte del dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor 3 se disponen láminas de protección sobre estas superficies para la protección de la capa adhesiva K.

La pala del rotor 3 está fabricada como el brazo 2 de plástico reforzado con fibras de vidrio.

En el transcurso del montaje del dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor 3 de una turbina eólica se retiran en primer lugar las láminas de protección de los segundos elementos de montaje 1.222, 2.2, de manera que las superficies provistas con la capa adhesiva de los segundos elementos de montaje 1.222, 1.2

están liberadas. Esta fase de montaje se muestra en la figura 1. Entonces se aplica el dispositivo sobre la superficie preparada de manera correspondiente en la raíz de la pala del rotor, de manera que los segundos elementos de montaje 1.222, 2.2 se adhieren a la superficie de la pala del rotor 3.

5 A continuación se retira entonces del dispositivo fuera de la pala de rotor 3, de tal manera que los segundos elementos de montaje 1.222, 2.2 permanecen adheridos en la superficie de la pala del rotor 3, mientras que los segundos elementos de montaje 1.222, 2.2 son separados de los primeros elementos de montaje 1.221, 2.1. En particular, de acuerdo con ello, en el ejemplo de realización presentado se desprenden las uniones de Velcro entre los segundos elementos de montaje 1.222, 2.2 y los primeros elementos de montaje 1.221, 2.1. Las fuerzas de retención, que han sido generadas a través de las capas adhesivas K son, por lo tanto, tan grandes que es posible una separación o bien una retirada de la unión de Velcro sin un desprendimiento de los segundos elementos de montaje 1.222, 2.2 desde la pala del rotor 3.

15 Ahora se puede depositar el dispositivo, que está constituido por el dispositivo de medición de la posición 1 junto con el soporte 1.22 así como el brazo 2. A continuación se aplica adhesivo sobre la primera y la segunda superficie adhesiva 2.5, 1.225 (respectivamente, entre los primeros elementos de montaje (1.221, 2.1), aquí un adhesivo de dos componentes, de manera que se obtienen las capas adhesivas 4 y 5. Para conseguir una calidad de la adhesión necesaria para fines de medición, es necesario aplicar al adhesivo sobre toda la superficie y libre de burbujas.

20 A continuación, de acuerdo con la figura 1, se unen los primeros elementos de montaje 1.221, 2.1 con los segundos elementos de montaje 1.222, 2.2, de manera que se lleva el dispositivo para la detección de deformaciones a una posición definitiva con relación a la pala del rotor 3. El dispositivo para la detección de deformaciones se mantiene a través de las fuerzas de retención de los elementos de montaje 1.222, 2.2, aquí por medio de uniones de Velcro, aunque el dispositivo de monte por encima de la cabeza. El adhesivo en las capas adhesivas 4, 5 se puede endurecer sin ninguna actuación del montador. No son necesarias ya otras acciones después de esta etapa de montaje, puesto que ya antes del endurecimiento de las capas adhesivas 4, 5, están presentes uniones inseparables entre el soporte 1.22 y la pala del rotor 3 así como entre el brazo 2 y la pala del rotor 3 después de los primeros y segundos elementos de montaje 2.1, 1.221, 2.2, 1.222.

30 Además, el soporte 1.22, las capas adhesivas 1.223, los primeros y segundos elementos de montaje 1.221, 1.222 incluyendo las capas adhesivas K están dimensionados de tal manera que se establece un espesor Z predeterminado exacto de las capas adhesivas 4 después de la unión de los primeros y segundos elementos de montaje 1.221, 1.222 (ver la figura 5). El mismo hecho se aplica también para la configuración del brazo 2 con sus primeros y segundos elementos de montaje 2.1, 2.2 con respecto a la capa adhesiva 5. De esta manera, a través de la invención se puede conseguir de una manera reproducible de forma sencilla un espesor Z exacto de las capas adhesivas 4, 5, independientemente de la posición de montaje existente del dispositivo.

40 El brazo 2 está orientado, una vez realizado el montaje, de tal manera que éste se extiende en dirección-x, de manera que la dirección-x corresponde esencialmente al eje longitudinal  $\xi$  (figura 6) de la pala del rotor 3. Por lo tanto, de esta manera, el primer lugar de unión del brazo 2, es decir, aquí la primera superficie adhesiva 2.5, está dispuesto a una distancia X de la segunda superficie adhesiva 1.225 del segundo grupo de componentes 12, de manera que la distancia X está orientada ortogonal al eje A. El brazo 2 está acoplado mecánicamente con respecto al eje A a distancia radial R, en particular de forma articulada, con la instalación de medición de la posición 1. De esta manera, a través de una modificación de la distancia X, por ejemplo a través de una dilatación o a través de una contracción de la pala del rotor 3 se puede generar un movimiento de articulación relativo entre el primero y el segundo grupos de componentes 1.1, 1.2.

50 A través de la configuración del componente 1.13 como una plaquita de acero de pared fina se pueden reducir momentos de flexión en el dispositivo, sin influir de manera desfavorable sobre la exactitud de la medición. El componente 1.13 está dimensionado de tal forma que se ajusta su flexibilidad con el momento de giro o bien de resistencia necesario del dispositivo de medición de la posición.

55 Para poder realizar una manifestación sobre la deformación de la pala del rotor 3 en todas las direcciones, es ventajoso que se monten varios, por ejemplo cuatro dispositivos de este tipo para la detección de deformaciones en la raíz de la pala del rotor 3, como se representa en la figura 6. Los cuatro dispositivos para la detección de deformaciones están dispuestos con preferencia en las cuatro direcciones principales de flexión desplazados en cada caso 90° sobre la periferia de la raíz de una pala de rotor 3.

60 A través del procedimiento y del dispositivo de acuerdo con la invención es posible reequipar palas de rotor con un dispositivo para la detección de deformaciones de una manera sencilla. Para poder determinar las deformaciones de una manera fiable y segura, es importante que los dispositivos sean encolados con cuidado en la pala del rotor 3. Con la invención se pueden encolar dispositivos correspondientes también en condiciones estrechas de espacio y posiciones difíciles de montaje (hasta montaje por encima de la cabeza) de una manera precisa comparativamente sencilla.

5 En el funcionamiento de la turbina eólica se deforman las palas de rotor 3 por su propio peso y por cargas aerodinámicas. En particular, las cargas conducen a dilataciones o aplastamientos de la pala del rotor 3 en dirección-x. De manera correspondiente se modifica la distancia entre la segunda superficie adhesiva 1.225 y la primera superficie adhesiva 2-5. Cuando la distancia X es aproximadamente 500 mm, se modifica la distancia entre la primera y la segunda superficies adhesivas 2.5, 1.225 con cargas habituales aproximadamente 0,5 mm. Con un dimensionado de R con aproximadamente 30 mm, esto conduce a un movimiento de articulación entre el primer grupo de componentes 1.1 y el segundo grupo de componentes 1.2 de aproximadamente 1°. El dispositivo de medición de la posición 1 descrito anteriormente, que trabaja según un principio óptico preciso, tiene, por ejemplo, una resolución de 25 bits para la revolución (360°), esto corresponde con las condiciones geométricas marginales mencionadas a una resolución de 5,6 nm con respecto a las modificaciones longitudinales de la distancia X entre la primera superficie adhesiva 2.5 y la segunda superficie adhesiva 1.225.

15 El dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor 3 está expuesto, naturalmente, en una turbina eólica a grandes oscilaciones de la temperatura. A pesar de todo, a través del dispositivo representado anteriormente para la detección de deformaciones se consiguen exactitudes de medición extremadamente altas, también en estas condiciones ambientales severas. Esto se debe, por una parte, a que a través de la detección de posiciones angulares, la dilatación térmica de la incorporación de medición 1.14 apenas tiene ninguna importancia (las distancias entre los trazos de la escala y su anchura varían con la temperatura, pero no la posición angular). Por otra parte, el brazo 2 y la pala de rotor 3 están fabricados de mismo material, de manera que ambos presentan el mismo comportamiento de dilatación térmica. Por último, a través de la carcasa 1.21 en forma de cazoleta conductora de electricidad se puede garantizar una protección óptima, en particular para la instalación de exploración 1.26 y la electrónica correspondiente, contra sobretensiones, por ejemplo en el caso de tormentas.

25 Las señales que pueden ser emitidas sobre el casquillo 1.24 son de manera más ventajosa totalmente digitales, de modo que la electrónica siguiente mencionada anteriormente puede procesar las señales de todos los dispositivos para la detección de deformaciones de las palas de rotor sin digitalización posterior. Esto garantiza, por una parte, una transmisión segura de las señales, por otra parte, las señales se pueden procesar de manera comparativamente sencilla, de modo que las deformaciones medidas se pueden utilizar en un circuito de regulación, por ejemplo, para la regulación (separada) del ángulo de paso para cada pala de rotor 3.

35

**REIVINDICACIONES**

1.- Dispositivo para la detección de deformaciones de una pala de rotor (3) de una turbina eólica, que comprende:

- un dispositivo de medición de la posición (1) que presenta primero y segundo grupos de componentes (1.1, 1.2), en el que el primer grupo de componente (1.1) está dispuesto móvil con relación al segundo grupo de componentes (1.2) y a través del dispositivo de medición de la posición (1) se puede medir la posición relativa entre el primero y el segundo grupos de componentes (1.1, 1.2),
- un brazo (2), que está acoplado mecánicamente con el primer grupo de componentes (1.1) y presenta una primera superficie adhesiva (2.5), que está configurada de tal manera que el brazo (2) se puede conectar de forma duradera en ésta con la pala del rotor (3), en el que el segundo grupo de componentes (1.2) presenta una segunda superficie adhesiva (1.225), que está configurada de tal forma que el segundo grupo de componentes (1.2) se puede conectar de forma duradera con la pala del rotor (3), **caracterizado** porque

el dispositivo presenta, además, al menos una pareja de elementos de montaje (1.221, 2.1, 1.222, 2.2), que comprende un primer elemento de montaje (1.221, 2.1) y un segundo elemento de montaje (1.222, 2.2), en el que

el primer elemento de montaje (1.221, 2.1) está unido de forma desprendible con el segundo elemento de montaje (1.222, 2.2) así como está fijado en el segundo grupo de componentes (1.2) y en el brazo (2) acoplado con el primer grupo de componentes (1.1),

el segundo elemento de montaje (1.222, 2.2) está configurado de tal forma que éste se puede fijar por adhesión en la pala del rotor (3).

2.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el segundo elemento de montaje (1.222, 2.2) presenta una capa adhesiva (K), de manera que éste se puede fijar por adhesión en la pala del rotor (3).

3.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer elemento de montaje (1.221, 2.1) se puede conectar a través de un mecanismo de Velcro de forma desprendible con el segundo elemento de montaje (1.222, 2.2).

4.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer grupo de componentes (1.1) está dispuesto de forma pivotable con relación al segundo grupo de componentes (1.2) alrededor de un eje (A) y a través del dispositivo de medición de la posición (1) se puede medir la posición angular relativa entre el primero y el segundo grupos de componentes (1.1, 1.2) y la primera superficie adhesiva (2.5) está dispuesta a una distancia (X) de la segunda superficie adhesiva (1.225), el brazo (2) está acoplado a distancia radial (R) mecánicamente con el primer grupo de componentes (1.1), de manera que en el caso de modificación de la distancia (X) se puede generar un movimiento articulado relativo entre el primero y el segundo grupos de componentes (1.1, 1.2).

5.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer grupo de componentes (1.1) está conectado de forma articulada con el brazo (2), en particular sobre un componente flexible (1.13).

6.- Dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de medición de la posición (1) presenta una incorporación de medición (1.14) y un elemento (1.26) para la exploración de la incorporación de medición (1.14).

7.- Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, en el que el elemento (1.26) es foto sensible para la exploración de la incorporación de medición (1.14).

8.- Procedimiento para el montaje de un dispositivo de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores en la pala de rotor (3), con las siguientes etapas::

- fijación del segundo elemento de montaje (1.222, 2.2) en la pala del rotor (3),
- aplicación de un adhesivo sobre la primera y la segunda superficies adhesivas (1.225, 2.5),
- fijación del dispositivo en la pala del rotor (3) a través del ensamblaje del primer elemento de montaje (1.221,2.1) con el segundo elemento de montaje (1.222, 2.2), en el que el adhesivo está en contacto tanto con la primera y la segunda superficies adhesivas (1.225, 2.5) como también con la pala del rotor.

9.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 8, en el que el segundo elemento de montaje (1.222, 2.2) presenta una capa adhesiva (K), de manera que éste se puede fijar por adhesión en la pala del rotor (3) y antes de la fijación del segundo elemento de montaje (1.222, 2.2) en la pala del rotor (3), se conecta el segundo elemento de montaje (1.222, 2.2) de forma desprendible con el primer elemento de montaje (1.221, 2.1), en el que antes de la aplicación del adhesivo – el dispositivo es presionado en la pala del rotor (3), de manera que el segundo elemento de montaje (1.222, 2.2) se adhiere a la pala del rotor (3) – se retira de nuevo el dispositivo fuera de la pala del rotor

(3) para la aplicación siguiente del adhesivo.

Fig. 1

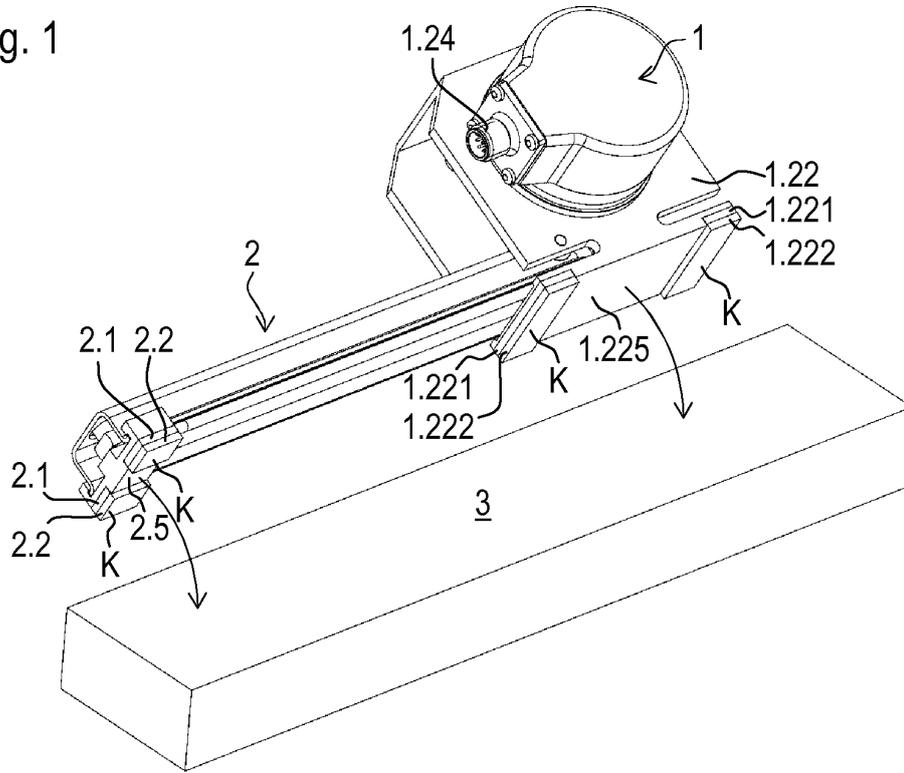


Fig. 2

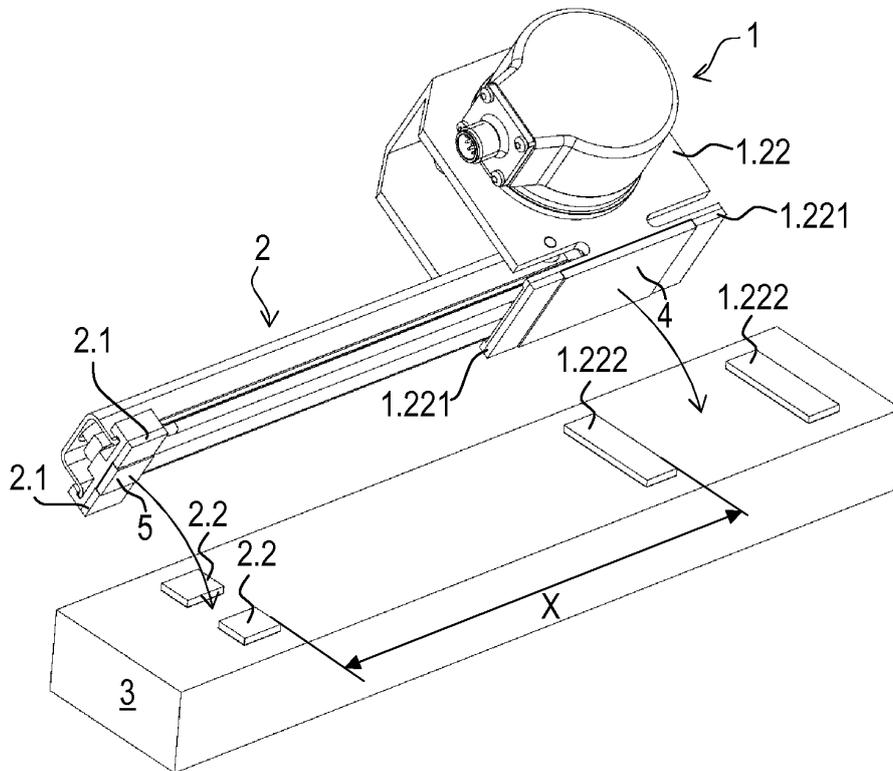


Fig. 3

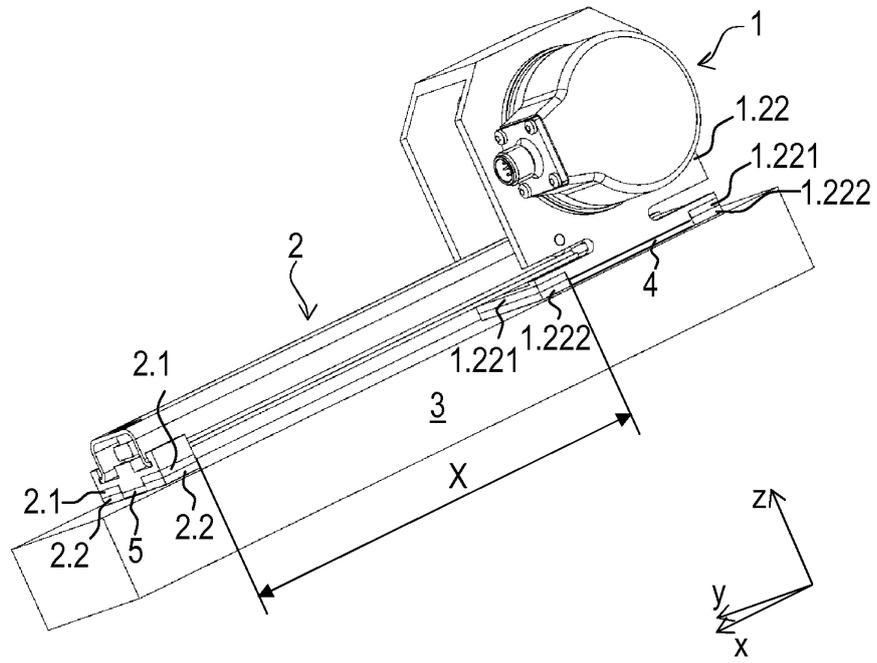


Fig. 4

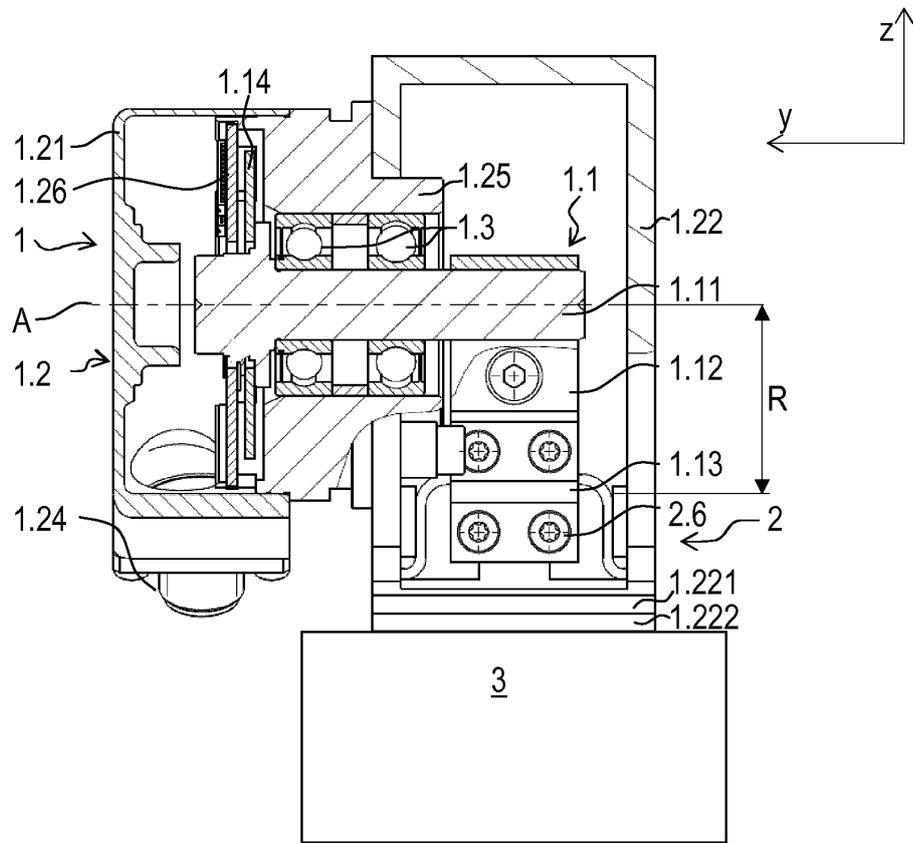


Fig. 5

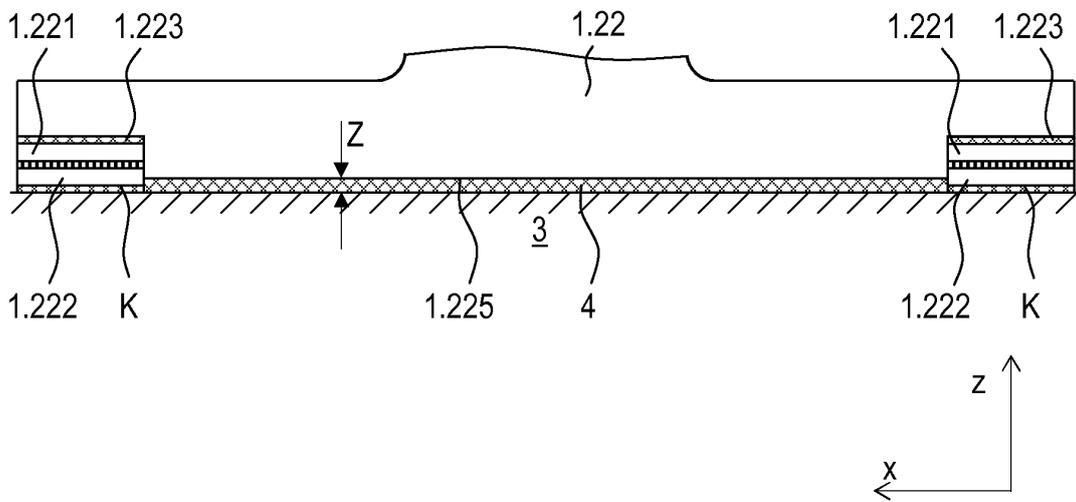


Fig. 6

