

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 403 486**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

G01B 11/16 (2006.01)

G01B 11/27 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.08.2010** **E 10382230 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.03.2013** **EP 2418377**

54 Título: **Método para la determinación de defectos en la sujeción de la raíz de la pala de un aerogenerador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.05.2013

73 Titular/es:

ALSTOM WIND, S.L.U. (100.0%)
C/ Roc Boronat, 78
08005 Barcelona, ES

72 Inventor/es:

BULACIO BOSSIO, HORACIO

74 Agente/Representante:

ZEА CHECA, Bernabé

ES 2 403 486 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Método para la determinación de defectos en la sujeción de la raíz de la pala de un aerogenerador

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método para determinar los defectos en la sujeción de la raíz de la pala de un aerogenerador.

ESTADO DE LA TÉCNICA

10 Las palas de un aerogenerador son miembros muy largos que se exponen a una gran tensión. Las palas se unen, ya sea directamente o a través de un extensor de la pala, al buje del rotor en una porción de las mismas conocida como raíz y a través de una sujeción de la raíz de la pala. La sujeción de la raíz de la pala cuenta con un número de orificios formados en la raíz de la pala y una serie de orificios formados en el extensor de la pala y/o en el buje. Los orificios son adecuados para la recepción de pernos de sujeción, los cuales se usan para fijar la raíz de la pala al extensor de la pala o al buje. Pueden disponerse casquillos o insertos metálicos dentro de los orificios para la recepción de los pernos.

15 La gran tensión a la que son sometidas las palas dan lugar a deformaciones. Aunque esto puede ser mitigado mediante la variación de la inclinación de las palas, se ha encontrado que los pernos se ven, por lo menos desviados, e incluso algunas veces rotos a cierta distancia de la superficie del extensor causando una grieta longitudinal en el borde de ataque de la pala. La inspección visual durante las operaciones de mantenimiento resulta por lo general en la detección de una desviación del perno y el casquillo. La desviación es generalmente debida a una interferencia con el orificio del extensor de la pala, lo cual se confirma en el
20 proceso de desmontaje de los pernos. Cuando el perno se quita del casquillo, se detectan también arañazos en la tuerca que se enrosca en el perno y, muy especialmente, en una mitad de la arandela empleada. La desviación del casquillo implica un desplazamiento lateral que representa un problema de calidad importante que tiene que ser solucionado mediante la comprobación de todos los pernos y casquillos y mediante la sustitución individual de los que desvían. La operación de reparación para la sustitución de pernos y
25 casquillos desviados y/o rotos hace necesario el uso de herramientas especiales. Sin embargo, se ha encontrado que los pernos y casquillos sustituidos suelen romperse de nuevo.

En consecuencia, sería útil obtener información precisa sobre la deformación de pernos y casquillos. A este respecto, sería útil obtener información sobre el posicionamiento y alineación del casquillo en la raíz de las pala del aerogenerador y/o el extensor de la pala.

30 En el estado del arte se conocen métodos de medición de las cargas que actúan sobre la raíz de la pala del aerogenerador y de caracterización de cómo esta carga afecta a la sujeción de la raíz de la pala. Estos métodos se basan principalmente en el uso de sensores.

35 Por ejemplo, en US2006000269 se describe un método en el que un primer extremo de una viga se acopla a la pala del rotor y un segundo extremo de la viga se coloca junto al buje. La deflexión de la viga se mide usando al menos un sensor, y la deflexión de la pala se determina sobre la base de la desviación de la viga.

Como otro ejemplo, en EP2037213 se presenta un método para medir la deformación de un miembro alargado en un aerogenerador. Esto se lleva a cabo midiendo las variaciones de la distancia entre dos puntos de dicho miembro alargado a través del uso de, por ejemplo, un sensor láser.

40 El principal inconveniente de los métodos conocidos es que los sensores son costosos y no ofrecen mediciones tales como en el eje de la rosca del casquillo, que es de hecho uno de los parámetros más relevantes para caracterizar los posibles problemas de fiabilidad en las palas del aerogenerador. Además, los métodos conocidos no pueden ser empleados para la medición de la perpendicularidad del eje de la rosca del casquillo respecto a la superficie de contacto entre la tuerca atornillada en el perno y la raíz de la pala del aerogenerador.

45 El documento US2009129925A1 describe un método para determinar defectos en la sujeción de la raíz de la pala de un aerogenerador de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

50 La presente invención dispone un método fiable, preciso y rentable para la determinación de defectos en la raíz de la pala del aerogenerador como se define en la reivindicación 1, a través del cual los problemas antes mencionados por el estado anterior de la técnica pueden superarse o, al menos, aliviarse.

La sujeción de la raíz de la pala comprende una serie de orificios en la raíz de la pala espaciados y formados en una superficie del extremo o en una brida de la periferia de la raíz de la pala y un número de orificios de

referencia formados en el extensor de la pala o en el buje de rotor del aerogenerador. Tanto la raíz de la pala como los orificios de referencia son aptos para recibir los pernos de fijación en los mismos, los cuales permiten fijar la raíz de la pala al extensor de la pala o al buje mediante el uso de tuercas y arandelas. Pueden también proporcionarse casquillos o insertos metálicos, insertados en al menos algunos de los orificios de la raíz de la pala. Los pernos se pueden montar en dichos casquillos. Los casquillos pueden tener una parte interior roscada.

De acuerdo con el método de la presente invención, por lo menos un perno de sujeción es quitado del orificio donde se hallen instalados. Si el perno está instalado dentro de un casquillo en el orificio, el perno será entonces quitado del casquillo. Entonces, se seleccionan dos o más orificios de referencia en el extensor de la pala o en el buje. Los orificios de referencia tienen una pared interior que es perpendicular a la superficie del extremo o de la brida del extensor o del buje y, en funcionamiento, está en contacto con la raíz de la pala.

Se disponen una serie de placas de referencia, por ejemplo una o dos, dentro del extensor de la pala o del buje. A continuación se disponen uno o varios dispositivos láser de referencia colocados, nuevamente, dentro de dichos orificios de referencia seleccionados. En este ejemplo, se han seleccionado dos orificios de referencia, por lo que se utilizan también dos dispositivos láser de referencia. Los dispositivos láser de referencia se sitúan dentro de los orificios de referencia del extensor de la pala o del buje de manera que los correspondientes haces láser de referencia se proyectan en línea con los respectivos ejes de los orificios de referencia seleccionados. Ambas proyecciones de los haces láser de referencia inciden sobre la placa o placas de referencia.

Entonces, se selecciona al menos un orificio de la raíz de la pala y se ajusta un dispositivo por láser en el mismo. Un haz láser de medición se proyecta hacia la placa de referencia incidiendo sobre ella. El dispositivo láser de medición está instalado dentro del orificio de la raíz de la pala de tal manera que el haz láser de medida está alineado con el eje del orificio de la raíz de la pala, es decir, en línea con el eje de la parte roscada del casquillo.

A continuación, se define una línea por el haz láser de medición que incide en la placa de referencia y se realiza una etapa de evaluación de dicha línea para la determinación de defectos. Dicha etapa de evaluación mediante láser puede comprender, por ejemplo, la comparación de la línea que presenta el haz láser de medida con la línea que representa el haz láser de referencia y la determinación posterior de su desviación angular relativa.

Sin embargo, la etapa de evaluación mediante el láser puede comprender determinar una ecuación de una línea correspondiente al haz láser de medición. A tal efecto, dos o más placas de referencia se incluyen a diferentes alturas, respectivamente, de un extremo del extensor de la pala. A partir de esta ecuación de la recta, puede evaluarse la desviación del eje del perno instalado dentro de la raíz de la pala con respecto al haz láser de referencia.

La pendiente de la superficie del extremo o de la brida del extensor de la pala o del buje también puede ser evaluada a través de la utilización de un comparador de acuerdo con el método de la invención.

El citado dispositivo de medición láser puede ser soportado por una herramienta de medición ajustable que no forma parte de la presente invención. Esta herramienta de medición ajustable es adecuada para determinar los defectos en la sujeción de la raíz de la pala y es de un tamaño tal que puede ser instalado dentro de los orificios de la raíz de la pala. La herramienta de medida consta de un vástago que tiene, en un primer extremo del mismo, una porción para recibir el dispositivo láser y un vástago. En algunos ejemplos, el primer extremo del vástago de la herramienta puede ser adaptado para la recepción de un comparador para medir la inclinación de una superficie del extremo del extensor de la pala o del buje.

El extremo opuesto del vástago es de tamaño tal que se puede insertar dentro del orificio de la raíz de la pala o dentro de un casquillo inserto en él, si tal casquillo se dispone. El segundo extremo del vástago de la herramienta de medición puede incluir una porción ajustable que puede ser actuada de tal manera que se mueva con relación al primer extremo. El desplazamiento relativo del segundo extremo con relación al primero resulta en un ajuste perfecto del vástago contra el interior del orificio de la raíz de la pala cuando se inserta la herramienta. Ese desplazamiento del segundo extremo puede ser axial a lo largo del eje longitudinal del vástago o puede ser radial, es decir, perpendicular al eje longitudinal del vástago.

El primer extremo del vástago puede tener una parte que sobresale del orificio de referencia una vez insertado. Este extremo final es apto para recibir un número de etiquetas apropiadas para ser leídas por una computadora. Un número de etiquetas se adjuntan distribuidas en la superficie de este extremo del vástago de la herramienta. El número y tamaño de las etiquetas es tal que pueden ser leídas a través de una técnica de medición adecuada en 3 dimensiones (fotogrametría). Por medio de esta técnica, se realizan fotografías que se utilizan posteriormente para la caracterización del eje longitudinal del orificio de la raíz de la pala.

Al llevar a cabo el método anteriormente explicado de acuerdo con la invención, se logran una serie de ventajas sobre el estado de la técnica anterior. Por ejemplo, es posible reproducir el eje real de la rosca interior del casquillo y medir la perpendicularidad entre dicho eje y la superficie final o la brida. Por lo tanto, se puede evaluar si las imperfecciones dan lugar a cargas adicionales de flexión en el perno. Se puede conseguir un buen control de calidad de la pala, y pueden comprobarse problemas existentes en las palas instaladas.

La invención no se limita a aplicaciones en aerogeneradores, sino que también puede ser utilizada en cualquier aplicación que requiera la comprobación de la alineación de roscas en uniones mecánicas con cargas elevadas.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se describe una realización particular de la invención, sólo a título de ejemplo no limitativo, y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista en perspectiva de un fragmento de la raíz de la pala de un aerogenerador unida a un extensor en la cual se muestran los principales elementos para llevar a cabo el método de la presente invención;

La figura 2 es una vista en perspectiva y ampliada de un fragmento de la raíz de la pala de una aerogenerador unida al extensor en la figura 1;

La figura 3 es un gráfico que representa esquemáticamente el eje real del casquillo y su orientación con respecto al eje del orificio de referencia;

La figura 4 es una vista en sección de una realización de una herramienta de medición ajustable con un dispositivo láser instalado en un extremo de la misma;

La figura 5 es una vista en perspectiva de un comparador, y

La figura 6 es una vista en sección del comparador de la figura 5.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES PARTICULARES

A continuación se describe un método y una herramienta para determinar los defectos en la sujeción de la raíz de la pala de un aerogenerador con referencia a los dibujos. La herramienta mostrada en los dibujos y que se describe aquí no forma parte de la presente invención.

Como se muestra en las figuras 1 y 2, una parte de la raíz 100 de una pala de un aerogenerador tiene una superficie final o una brida 11. Durante el uso, la brida de la raíz 11 está conectada a un buje del rotor (no se muestra) a través de un extensor de la pala 200. El extensor de la pala 200 tiene una brida del extensor 21 también. Las bridas 11 y 21 están en estrecho contacto cuando la raíz 100 y el extensor de la pala 200 están unidos entre sí como se muestra en las figuras 1 y 2.

La unión de la raíz de la pala 100 el extensor de la pala 200 se lleva a cabo a través de una sujeción de la raíz de la pala. La sujeción de la raíz de la pala cuenta con una serie de orificios 10 y una serie de orificios de referencia 20. La raíz de la pala 10 y los orificios de referencia 20 están dispuestos de tal forma que se encuentran alineados los unos con los otros como se muestra en las figuras 1 y 2.

Los orificios en la raíz de la pala 10 se forman en la brida 11 de la raíz 100, y los orificios de referencia 20 se forman en la brida 21 del extensor 200. Se ha de entender, sin embargo, que los orificios de referencia 20 podrían formarse también en una brida en el extremo del buje.

Los orificios de la raíz de la pala 10 y los orificios de referencia 20 pueden estar provistos de los correspondientes casquillos 30. Los casquillos 30 son aptos para recibir los pernos de sujeción 40 para acoplar el extensor de la pala 200 a la raíz de la pala 100 mediante el uso de las respectivas tuercas 41 y arandelas 42.

Tanto la brida de la raíz de la pala 11 como la del extensor 21 son substancialmente perpendiculares a la pared cilíndrica de las respectivas raíz de pala 100 y extensor 200. Sin embargo, la perpendicularidad de la brida del extensor 21 tiene que ser medida con el fin de obtener una información más precisa sobre la deformación de dichos pernos 40 y casquillos 30.

Para llevar a cabo el método de la invención, se seleccionan en primer lugar al menos dos orificios de referencia 20 en el extensor de la pala 200. Se disponen dos placas de referencia 300, 310 dentro del extensor 200 a diferentes alturas h1, h2 medidas desde la brida del extensor de la pala 21. Como se muestra

en la figura 1, las placas de referencia 300, 310 están dispuestas de manera que $h_2 > h_1$. Las placas de referencia 300, 310 se hacen, por ejemplo, de metacrilato y están provistas de los correspondientes indicadores 301, 311.

5 A continuación se disponen dos dispositivos láser de referencia 400, 410, instalados dentro de los orificios de referencia 20 previamente seleccionados. Pueden instalarse casquillos 30 dentro de los orificios de referencia 20. Los dispositivos láser de referencia 400, 410 se montan de forma que sus haces de referencia proyectados 400', 410' están en línea con los correspondientes ejes 20' de los orificios de referencia seleccionados 20, o con los de los casquillos 30 instalados en ellos (es decir, de su porción roscada). Esto se lleva a cabo garantizando un buen ajuste de los dispositivos láser 400, 410 dentro de los orificios de
10 referencia 20. Los haces de referencia 400', 410' proyectados por los dispositivos láser de referencia 400, 410 inciden en los indicadores de destino respectivos 301, 311 en las placas de referencia 300, 310 que se disponen en las mencionadas dos alturas diferentes h_1 , h_2 . Los puntos respectivos en los que los haces de referencia 400', 410' inciden sobre los indicadores 301, 311 permiten evaluar con precisión la posición de los haces de referencia 400', 410'.

15 A continuación, un orificio de la raíz de la pala 10 es seleccionado para su medición. Con este fin, se retiran en primer lugar varios pernos 40 de la raíz de la pala y de los orificios de referencia 10, 20 y se dispone un dispositivo de medición por láser 500. Un ejemplo de tal aparato de medición por láser 500 se muestra en la figura 4. El dispositivo láser 500 cuenta con un cabezal láser 510 que se coloca en un primer extremo 715 de una herramienta de medición ajustable 700.

20 La herramienta de medición 700 está provista de un vástago 710. El vástago 710 tiene un primer extremo 715 en el que se une el dispositivo láser 500 a través de un cabezal láser 510. El vástago 710 tiene un segundo extremo opuesto 720 que está adaptado para ser insertado dentro del orificio de la raíz de la pala 10 o dentro de un casquillo con rosca 30 inserto en el mismo. Este segundo extremo 720 del vástago 710 comprende una porción ajustable 730 que se puede actuar, por ejemplo, por medio de un tornillo alargado (no se muestra) que puede rotarse dentro de una porción interna roscada 740 del vástago 710 a lo largo del eje longitudinal 750 de la herramienta 700. La rotación del tornillo alargado hace que la parte ajustable 730 se desplace hacia adelante y alejándose del primer extremo 715 de la herramienta 700 como muestra la flecha M. El desplazamiento relativo entre la porción ajustable 730 y el vástago 710 da lugar a un ajuste perfecto de la herramienta 700 contra la pared interior del orificio de la raíz de la pala 10 donde se inserta la herramienta de
30 medición ajustable 700 o contra la pared del casquillo 30 instalado en el orificio. La construcción de la herramienta de medición ajustable 700 permite que el espacio libre entre la rosca del casquillo 30 y la rosca del vástago 40 sea eliminado de manera que se obtiene una medición real del eje de del perno 10' (o de la parte interna de rosca del mismo). Aunque en este documento se ha mostrado que la porción ajustable 730 de la herramienta 700 es capaz de realizar un desplazamiento axial a lo largo del eje longitudinal 750 de la herramienta 700 según la flecha M, la porción ajustable 730 de la herramienta podría también moverse radialmente, es decir, de forma perpendicular al eje longitudinal 750 para conseguir un ajuste perfecto de la herramienta 700 dentro del orificio 10.

40 El primer extremo 715 de la herramienta 700 puede ser adaptado también para llevar un número de etiquetas (no mostradas) aptas para ser leídas por un ordenador a través de una aplicación de fotogrametría para la caracterización del eje longitudinal 10' del orificio de la raíz de la pala 10.

El primer extremo 715 del vástago 710 también está adaptado para incorporar un comparador 600 para medir la pendiente de la superficie final o de la brida 21 del extensor de la pala 200. Una realización de dicho comparador se muestra en las figuras 5 y 6.

45 Continuando con el método de acuerdo con la presente invención, el dispositivo de medición por láser 500 se instala, soportado por la herramienta de medición 700, en el casquillo 30 en el orificio de la raíz de la pala 10. Esto se lleva a cabo mediante la inserción de segundo extremo 720 de la herramienta 700 en el orificio de la raíz de la pala 10 seleccionado y a continuación actuando sobre la parte ajustable de la herramienta 730 girando el tornillo alargado (no se muestra) dentro de la porción interna roscada 740 del vástago 710 en todo el eje longitudinal 750 del mismo. Esto hace que la porción ajustable 730 se mueva axialmente alejándose del primer extremo de la herramienta 715 resultando en un ajuste perfecto de la herramienta 700 contra la pared interior del orificio de la raíz de la pala 10. Debido al ajuste de la herramienta 700 dentro del orificio de la raíz de la pala 10, el haz de medición 500' proyectado por el dispositivo láser 500 está en línea 35 con el eje 10' del orificio de la raíz de la pala 10 o con el eje del casquillo 30 instalado en él (es decir, con la porción roscada interior del mismo). Al igual que con los haces del láser de referencia 400', 410', el haz de medición 500' incide también en las placas de referencia 300, 310.

Se puede determinar la ecuación de la recta del haz láser de medición 500' que se proyecta a las placas de referencia 300, 310 durante la etapa de medición. La línea del haz láser de medición 500' se corresponde con el eje del orificio de la raíz de la pala 10'. Esta ecuación de la recta permite por lo tanto determinar la

desviación angular α el haz del perno 10' con respecto a los haces láser de referencia 400', 410'. La posición real del eje del perno 10' (haz láser de medición 500') puede determinarse con precisión a través de la línea del eje 10' (haz láser de medición 500').

Más concretamente, a partir de dicha ecuación de la recta es posible obtener:

- 5 i) el desplazamiento x ($y = 0$) del eje del perno 10' (haz láser de medición 500'),
- ii) el punto de rotación P ($x = 0$), que es la intersección entre el eje del perno 10' con un eje de referencia 400', 410',
- iii) la posición del orificio de referencia 20,
- iv) la desviación angular α del eje del perno 10' o del haz láser de medición 500',
- 10 v) la pendiente de la brida del extensor 21 con respecto a la pared interior del extensor 200, a través de un comparador 600 como el que se muestra en las figuras 5 y 6.

Para determinar la desviación angular α no es necesario proporcionar las dos placas de referencia 300, 310. Una placa de referencia única sería suficiente para evaluar el haz láser de medición 500' para la determinación de defectos.

El comparador 600 permite la evaluación precisa de la inclinación de la brida del extensor 21 con respecto a la pared lateral del extensor 200. El comparador 600 consta de un medidor 610 con un palpador 620. El medidor del comparador 610 se acopla a una placa de soporte 615 que, a su vez, está conectado a un extremo de la herramienta de medición ajustable 700 mostrada en la figura 4 y que se dará a conocer íntegramente a continuación. La placa de soporte 615 está conectada por uno de sus extremos a un extremo de dicha herramienta 700, mientras que el medidor 610 se monta de forma rotativa en el otro extremo de la misma. Esta configuración con el medidor 610 del comparador 600 permite que el medidor 610 se rote alrededor del eje longitudinal 750 de la herramienta. Al usarlo, el segundo extremo 720 de la herramienta 700 se ajusta dentro del casquillo 30 de un orificio de referencia 20 seleccionado de tal manera que el palpador 620 está en contacto con la superficie superior de la brida del extensor de la pala 21. Al girar el medidor 610 alrededor del eje longitudinal 750 de la herramienta, se puede medir con precisión la pendiente de la brida del extensor de la pala 21 con relación al eje 750, es decir, a la pared interior del extensor 200.

En una etapa de la medición de la perpendicularidad de la brida del extensor de la pala 21, y mediante el uso del comparador antes descrito 600, se obtuvo un ángulo de inclinación $\beta = 0,06^\circ$, que representa una desviación de la perpendicular, con una variación de 0,05 mm entre la parte superior e inferior de la brida del extensor 21. Con un valor tan pequeño, el ángulo de inclinación β no fue considerado como relevante en este caso en particular.

Como se muestra en el gráfico de la figura 3, el eje real del perno 10' es una línea definida por coordenadas x en un eje horizontal y por una coordenada y en un eje vertical. La línea 10', que es el haz láser de medida 500', representa la posición teórica del perno 40. El origen de coordenadas está en la brida del extensor 21 donde se apoyan las tuercas 41 y las arandelas 42.

De acuerdo a la figura 3, para determinar la ecuación de la línea 10', se miden dos puntos diferentes y_1 , y_2 en las alturas correspondientes h_1 , h_2 , desde la brida del extensor 21 a las respectivas placas de referencia respectivas 300, 310. En este ejemplo, las mediciones se realizaron en $h_1 = 900$ mm y $h_2 = 1400$ mm, de modo que $y_1 = 900$ mm e $y_2 = 1400$ mm. Mediante el uso de indicadores correspondientes 301, 311 en las placas de referencia 300, 310, se midieron las desviaciones x_1 , x_2 en estos puntos y_1 , y_2 resultando en $x_1 = 8$ mm y $x_2 = 6$ mm.

Teniendo en cuenta la ecuación general de una recta $y = a \cdot x + b$

La pendiente es:

$$a = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} = \frac{1400 - 900}{8 - 6} = 0,004$$

Entonces, la intersección en y , es decir, el valor b en el punto en que el eje y es cruzado por la línea 10' es:

$$b = y - a \cdot x = 8 - (0,004 \cdot 1400) = 2,4 \text{ mm}$$

A partir de los valores obtenidos del desplazamiento lateral del perno medido 40 (o casquillo 30) se puede decir que puede formarse un error de 2,4 mm debido al contacto del perno 40 con la brida de la raíz 11.

La ecuación de la línea 10' es, pues:

$$y = 0,004 \cdot x + 2,4$$

- 5 El punto de rotación P se calcula en $x = 0$. El punto de rotación P está situado en el eje vertical del gráfico y está representada por la altura h3. Las mediciones con arreglo a los valores anteriores dan lugar a $P = 600$ mm.

La desviación angular α de la línea 10' con respecto a la vertical es la siguiente:

10

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{x^2}{y^2 + P} \right) = \tan^{-1} \left(\frac{8}{1400 + 600} \right) = 0,229$$

Partiendo de la ecuación de la línea 10' (haz láser de medición 500'), puede evaluarse la desalineación del eje 10' (o la de la rosca del casquillo).

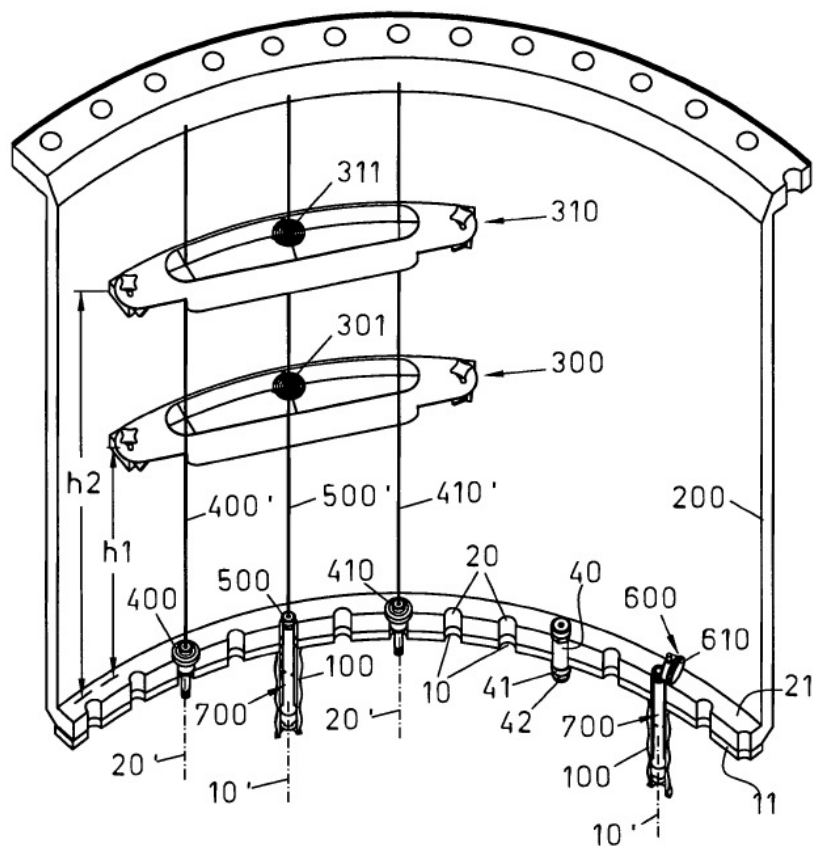
15

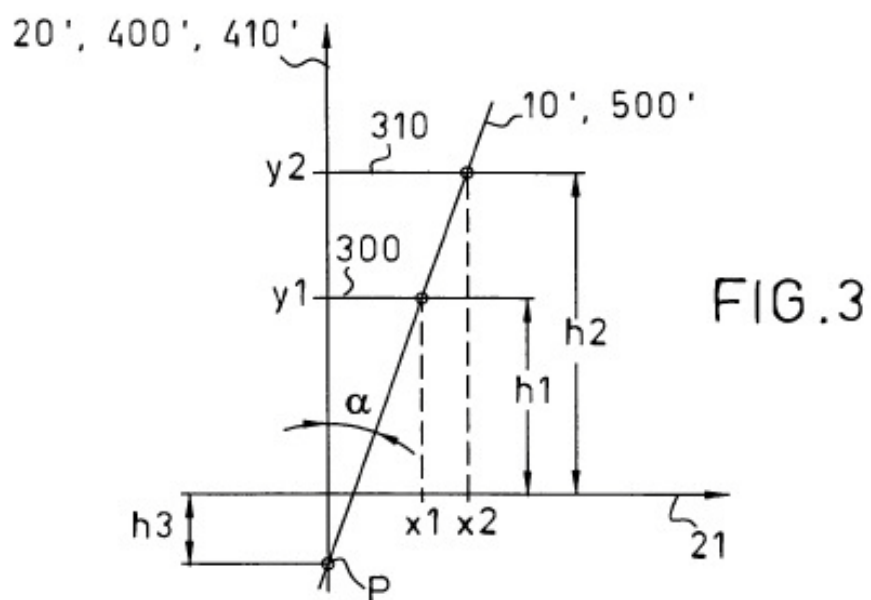
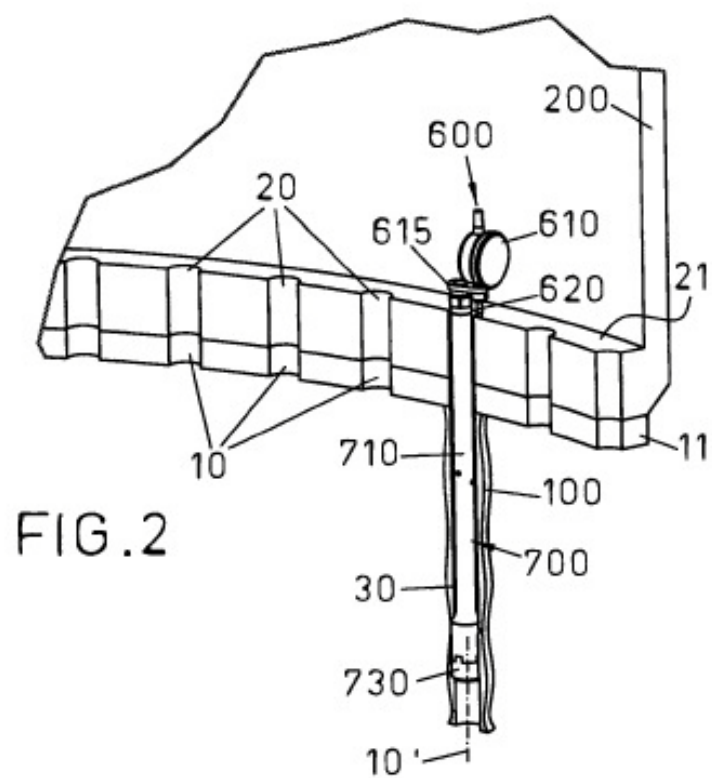
A través de esta ecuación, puede obtenerse información precisa sobre la deformación en pernos 40 y casquillos 30, así como pueden también obtenerse datos precisos sobre su localización y desalineación.

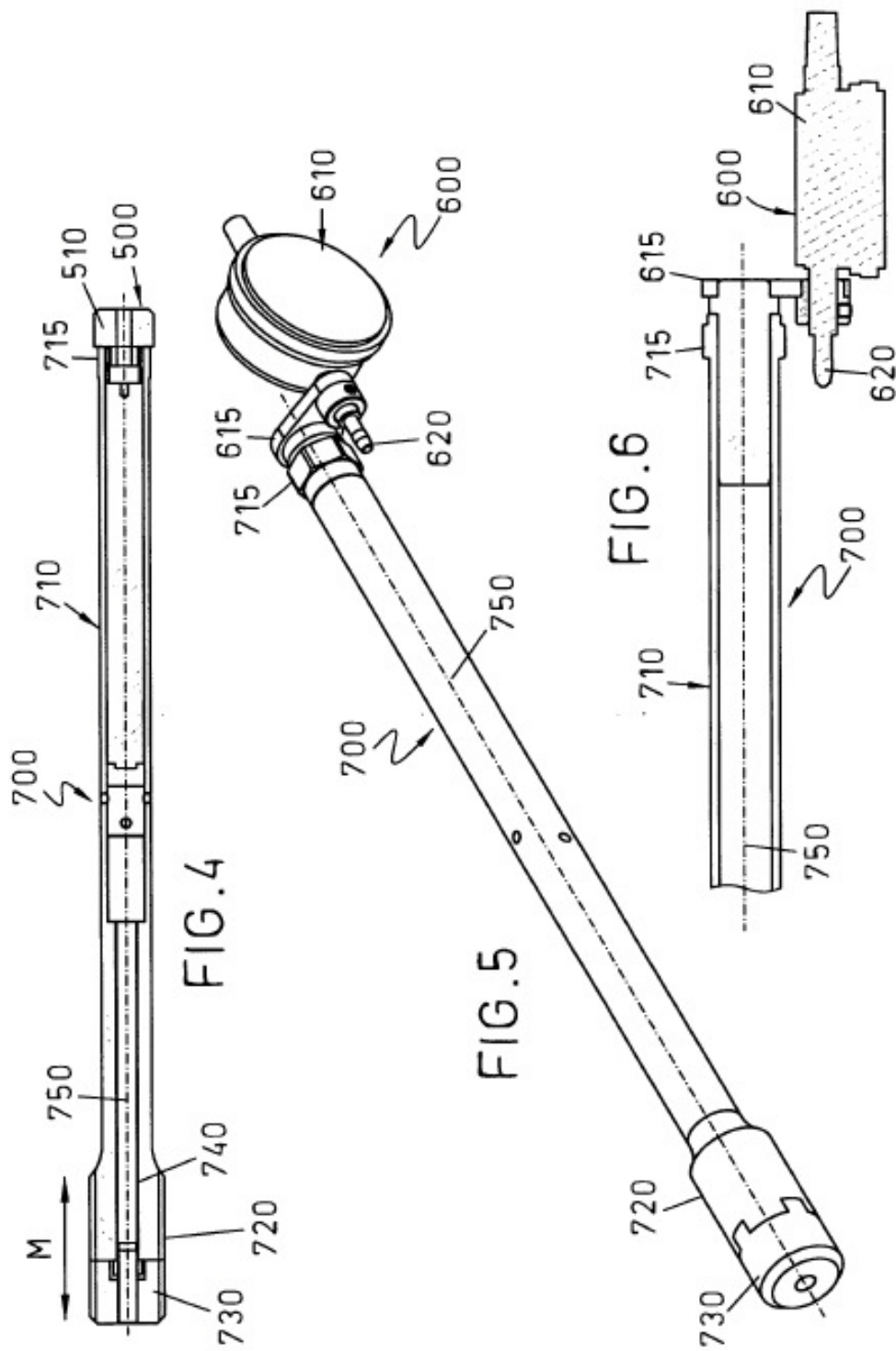
REIVINDICACIONES

1. Método para determinar los defectos en la sujeción de la raíz de la pala de un aerogenerador, incluyendo dicha sujeción una serie de orificios de la raíz (10) formados en la raíz de la pala (100) y una serie de orificios de referencia (20) formados en el extensor de la pala (200) o en el buje, siendo la raíz de la pala y los orificios de referencia (10, 20) adecuados para recibir pernos de sujeción (40) para fijar la raíz de la pala (100) al extensor de la pala (200) o al buje, estando el método caracterizado porque comprende las etapas de:
 - Seleccionar al menos dos de dichos orificios de referencia (20);
 - Proporcionar al menos una placa de referencia (300, 310) desde un extremo (21) del extensor de la pala (200) o buje;
 - Disponer un dispositivo láser de referencia (400, 410) de tal manera que un haz láser de referencia (400', 410') se encuentra en línea con el eje (20') de los orificios de referencia elegidos (20) e incide sobre dichas placas de referencia (300; 310);
 - Seleccionar por lo menos un orificio de la raíz de la pala (10);
 - Disponer un dispositivo de medición por láser (500) en dicho orificio de la raíz de la pala (10) de tal manera que un haz láser de medición (500') se encuentra en línea con el eje de dicho orificio de la raíz de la pala (10') e incide sobre dichas placas de referencia (300; 310), y
 - Evaluar dicho haz láser de medición (500') para la determinación de defectos.
2. Método según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que la etapa de evaluación con láser implica la comparación de la línea que representa el haz del láser de medición (500') con una línea que representa el haz láser de referencia (400', 410') y determinar su desviación angular relativa (α).
3. Método según la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que se disponen por lo menos dos placas de referencia (300, 310) a diferentes alturas (h1, h2) respectivamente medidas desde un extremo (21) del extensor de la pala (200) y en el que la etapa de evaluar con láser comprende la determinación de un ecuación de una línea correspondiente al haz láser de medición (500').
4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que por lo menos algunos de los orificios de la raíz de la pala (10) incluye un casquillo (30) instalado en el mismo.
5. Método según la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que el casquillo (30) tiene una parte roscada interior.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el haz láser de medición (500') se encuentra en línea con el eje del casquillo (10').
7. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el haz láser de medición (500') se encuentra en línea con el eje de la parte roscada interior del casquillo.
8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que todos los orificios de referencia (20) tienen una pared interior que es perpendicular a una superficie final del extensor (21) o del buje y está en contacto con la raíz de la pala (100).
9. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la etapa de disponer un dispositivo de medición por láser (500) se realiza mediante la provisión de una herramienta de medición ajustable (700) que tiene el dispositivo de medición por láser (500) instalado en la misma, estando adaptada dicha herramienta de medición ajustable (700) para ser instalada dentro del orificio de la raíz de la pala (10).
10. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que incluye además la etapa de la medición de la pendiente (β) de una superficie final (21) del extensor de la pala (200) o del buje.
11. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que comprende, además, una etapa inicial de desmontaje de los pernos (40) de la raíz de la pala y de los orificios de referencia (10, 20) en los que debe montarse un dispositivo láser (400, 410, 500).

FIG.1







REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.

5

Documentos de patentes citados en la descripción

- US 2006000269 A
- US 2009129925 A1
- EP 2037213 A