

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 541 221**

51 Int. Cl.:

**G01N 25/72** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.02.2011** **E 11156216 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.05.2015** **EP 2492671**

54 Título: **Método de detección de arrugas en una estructura laminada reforzada con fibras**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**16.07.2015**

73 Titular/es:

**SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT (100.0%)**  
**Wittelsbacherplatz 2**  
**80333 München, DE**

72 Inventor/es:

**NIELSEN, PER**

74 Agente/Representante:

**PÉREZ BARQUÍN, Eliana**

**ES 2 541 221 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).

**MÉTODO DE DETECCIÓN DE ARRUGAS EN UNA ESTRUCTURA LAMINADA REFORZADA CON FIBRAS****DESCRIPCIÓN**

5 La presente invención se refiere a un método de detección de arrugas en una estructura laminada reforzada con fibras en el que las arrugas se detectan a partir de anomalías de temperatura halladas en esta estructura.

10 Las características estructurales de las estructuras laminadas reforzadas con fibra están dictadas habitualmente por la cantidad, tipo y orientación de las fibras de refuerzo. Normalmente, la rigidez y resistencia de las fibras sólo puede tenerse en cuenta en la medida en que la carga se produzca en la dirección longitudinal de las fibras. Por tanto, un diseño tradicional supone que las fibras del producto laminado acabado estarán orientadas en la misma dirección que la dirección de las fibras cuando se coloca en el molde. Sin embargo, en algunos casos pueden producirse arrugas en las capas de fibras como resultado del proceso de fabricación. En tales casos las fibras arrugadas ya no tienen la orientación deseada y como resultado puede producirse una sobrecarga del producto laminado.

15 Las arrugas pueden producirse por varias razones. La dilatación térmica de un producto laminado durante el curado puede superar la dilatación térmica del molde, en cuyo caso el producto laminado puede sufrir una presión de compresión antes de que el material de matriz, normalmente un material termoplástico o termoendurecible, se cure suficientemente para mantener las fibras en la orientación deseada. Las estructuras irregulares por debajo del producto laminado o las ondulaciones en la superficie sobre la que se forma el producto laminado también pueden conducir a arrugas.

20 Las arrugas en los productos laminados reforzados con fibras se impiden normalmente mediante una combinación de disposiciones. El grosor del producto laminado se mantiene por debajo de determinados límites con el fin de minimizar la generación de calor exotérmica. Los moldes y otras superficies sobre las que se forma el producto laminado se mantienen a una calidad elevada. El curado se lleva a cabo a gradientes de temperatura controlados con cuidado para minimizar las diferencias en la dilatación térmica.

25 Otro método para evitar arrugas en las capas de fibras consiste en incluir capas de material para la prevención de arrugas entre las capas de fibras. El material para la prevención de arrugas se fabrica de modo que es más rígido que el material de fibra normal. Cuando se coloca entre capas de, por ejemplo, planchas de fibra de vidrio, se evita en gran parte que se arrugue la fibra en las planchas, porque las planchas se mantienen planas mediante el material para la prevención de arrugas. Un método de este tipo se describe por ejemplo en el documento EP 2 113 373 A1 y los documentos citados en el mismo. El material para la prevención de arrugas puede ser un producto laminado de tipo malla, perforado, sólido previamente curado o un material sólido, perforado o de tipo malla diferente de un producto laminado, por ejemplo madera o metal.

30 Si se producen arrugas en los productos laminados reforzados con fibras a pesar de la acción preventiva, habitualmente se requerirá una reparación o un rechazo del producto laminado, puesto que la pérdida de rigidez y/o resistencia en las arrugas superará a menudo cualquier margen de seguridad realista.

35 A partir del documento EP 0 304 708 A2, por ejemplo, se conocen diversos métodos de detección no destructiva de defectos en estructuras. En particular, este documento describe la detección de partes defectuosas en el lado interno de una tubería mediante el calentamiento o enfriamiento de la tubería y midiendo las diferencias de temperatura producidas entre una parte de la superficie externa de la tubería correspondiente a una acumulación de material extraño (en el interior de la pared) o correspondiente a un grosor de pared reducido y una parte de la superficie externa correspondiente a un grosor de pared normal sin material extraño acumulado.

40 A partir del documento WO 03/069324 A1 por ejemplo también se conocen métodos de pruebas térmicas para someter a prueba palas de rotor de turbinas eólicas. Este documento da a conocer un método y un aparato de inspección de la calidad de una pala de turbina eólica que incluye una carcasa de pala de un polímero reforzado con fibras y zonas a las que se ha suministrado un compuesto polimérico curable viscoso o fluido. La pala de turbina eólica se expone al calor o al frío y las variaciones de temperatura se miden por una zona de la superficie de la pala de turbina eólica. Se determinan aquellas partes de la zona con presencia insuficiente del polímero por su diferencia de temperatura con respecto a aquellas partes que contienen polímero suficiente.

45 El documento US 2008/0304539 A1 describe el calentamiento electromagnético de un medio conductor en un componente de aeronave de material compuesto. Mediante el calentamiento del componente pueden hallarse arrugas, grietas y otros defectos o daños mediante la inducción de corrientes de Foucault en el material compuesto mediante el calentamiento electromagnético.

50 El documento US 7.119.338 B2 describe un aparato de inspección por termografía de ultrasonidos que puede trasladarse y un método correspondiente. En este documento, se describe un bastidor de traslación que pretende aumentar la velocidad para el uso a modo de estudio de un aparato de termografía de ultrasonidos en el análisis y la inspección de la integridad estructural de estructuras de material compuesto o metal, en particular componentes para aviones. El calentamiento de la estructura sometida a prueba se realiza a través de vibraciones inducidas

dentro de la estructura por medio de impulsos de ultrasonidos. El transductor usado para introducir los impulsos de ultrasonidos en la estructura sometida a prueba se ubica en el bastidor de traslación. Según una realización, el bastidor puede moverse a lo largo de carriles guía por medio de un motor de posicionamiento. Durante el funcionamiento, se evita que el transductor rebote y/o se deslice a lo largo de la muestra.

5 S. Sugimoto *et al.* "Study on non-destructive inspection for VARTM composite wing structures", ICCM International Conferences on Composite Materials - Proceedings of the 16th International Conference on Composite Materials, ICCM-16 - "A giant step towards environmental awareness: from green composites to aerospace", 2007 International Committee, 2007 describen el uso de termografía pulsada para detectar vacíos, delaminaciones y material extraño retenido en una estructura laminada de panel de ala de avión inferior. Las arrugas se detectan mediante pruebas mecánicas.

15 El documento US 6.000.844 describe la detección de imperfecciones en estructuras laminadas moviendo una fuente de calor y un dispositivo de formación de imágenes térmicas en conjunto a una velocidad constante. En una configuración instrumental, el dispositivo de formación de imágenes térmicas se fija por detrás de la fuente de calor mediante un elemento portátil que puede fijarse a una diversidad de distancias. El movimiento de la fuente de calor y del dispositivo de formación de imágenes térmicas con respecto a la estructura laminada sometida a prueba se realiza por medio de una mesa de exploración.

20 Con respecto a la técnica anterior mencionada es un objetivo de la presente invención proporcionar un método ventajoso de detección de arrugas en una estructura laminada reforzada con fibras.

El objetivo se soluciona mediante un método de detección de arrugas en una estructura laminada reforzada con fibras según la reivindicación 1. Las reivindicaciones dependientes contienen desarrollos adicionales de la invención.

25 En el método según la invención de detección de arrugas en una estructura laminada reforzada con fibras, la estructura se calienta o enfría localmente moviendo la ubicación del calentamiento o enfriamiento a lo largo de un trayecto definido. El calentamiento o enfriamiento se realiza desde el exterior de la estructura. Ventajosamente, la distancia entre el equipo de calentamiento o enfriamiento con respecto a la superficie que va a calentarse o enfriarse puede mantenerse constante durante el movimiento a lo largo del trayecto definido. La temperatura de la estructura se mide en una ubicación de medición que es diferente de la ubicación del calentamiento o enfriamiento. La ubicación de medición se mueve a lo largo del mismo trayecto que la ubicación del calentamiento o enfriamiento. Como el calentamiento o enfriamiento, la medición de la temperatura de la estructura puede realizarse, en particular, desde el exterior de la estructura. Las arrugas se detectan a partir de anomalías de temperatura halladas a lo largo del trayecto a lo largo del que se mueve la ubicación de medición.

35 Según la invención, se usan al menos dos trayectos a lo largo de los cuales se mueven la ubicación del calentamiento o enfriamiento y la ubicación de medición. Los trayectos pueden recorrerse uno detrás de otro o simultáneamente, si más de un dispositivo de calentamiento o enfriamiento y más de un dispositivo de medición están presentes o el dispositivo de calentamiento y el dispositivo de medición permiten el calentamiento o enfriamiento simultáneo y la medición simultánea a lo largo de una línea.

45 La presente invención se basa en el aspecto de que cuando se calienta o enfría el producto laminado de fibras durante una cantidad de tiempo específica y bien definida, la temperatura que alcanza el material depende de las propiedades del material tales como la conductividad térmica, al igual que el tiempo necesario para que el material vuelva a la temperatura ambiente. Por tanto, puede medirse una variación en las propiedades del material del producto laminado, por ejemplo midiendo la temperatura de superficie a lo largo del trayecto en un tiempo especificado tras el calentamiento o enfriamiento de la superficie.

50 Por tanto, la medición de la temperatura en una ubicación diferente a la ubicación de calentamiento o enfriamiento y el movimiento de ambas ubicaciones a lo largo del mismo trayecto permite la detección sencilla de anomalías en la distribución de temperatura de la superficie de la estructura, en particular si la ubicación de medición se mueve con una distancia fija con respecto a la ubicación del calentamiento o enfriamiento. Además, resulta ventajoso que la ubicación del calentamiento o enfriamiento y/o la ubicación de medición se mueva/n con una velocidad constante. Mediante el movimiento con una velocidad constante la influencia térmica es la misma en cada ubicación del trayecto. Si la distancia entre la ubicación del calentamiento o enfriamiento y la ubicación de medición se mantiene constante la influencia de la fuente de temperatura sobre el equipo de medición también es la misma todo el tiempo. En particular, si la distancia es fija y la velocidad del movimiento es constante, puede garantizarse que la medición de temperatura se realiza bajo las mismas condiciones en cada ubicación del trayecto. En este caso pueden minimizarse los artefactos debidos a la configuración de medición. Además, no es necesario conocer exactamente los parámetros del material reforzado con fibras tales como, por ejemplo, conductividad térmica, coeficiente de calor, etc. Con una velocidad constante y una distancia fija entre el equipo de calentamiento o enfriamiento y el equipo de medición, las mediciones en todas las ubicaciones del trayecto son directamente comparables sin tener en cuenta el tiempo que ha transcurrido entre la influencia térmica y la medición y la cantidad de influencia térmica que ha experimentado una ubicación específica puesto que estos dos parámetros son los mismos para cada ubicación de medición.

Por consiguiente el método según la invención permite una exploración muy precisa de la estructura de producto laminado. Además, el resultado del método es reproducible. Si se conocen las propiedades térmicas del material reforzado con fibras puede ser posible incluso detectar la extensión de las arrugas.

Para no detectar sólo arrugas sino también detectar la longitud de las arrugas la ubicación del calentamiento o enfriamiento y la ubicación de medición pueden moverse a lo largo de al menos dos partes diferentes. A partir de las anomalías de temperatura halladas a lo largo de al menos dos trayectos puede determinarse la longitud de una arruga. El número de y la distancia entre los trayectos puede establecerse dependiendo de la resolución espacial que ha de conseguirse para detectar la longitud de las arrugas. En particular, todos los trayectos pueden ser paralelos entre sí.

Un dispositivo auxiliar para realizar una exploración térmica de una estructura laminada reforzada con fibras comprende un carril, un transmisor térmico y un receptor térmico siendo ambos móviles a lo largo del carril con una distancia entre sí. El dispositivo auxiliar comprende además medios de fijación para fijar el carril en la estructura laminada reforzada con fibras en la que va a realizarse la exploración térmica.

El uso del dispositivo auxiliar permite un movimiento sencillo del transmisor térmico y un receptor térmico con precisión a lo largo del mismo trayecto definido para realizar el método según la invención.

Se proporciona de manera sencilla una distancia fija entre el transmisor térmico y el receptor térmico si ambos están fijados a un portador común que puede moverse a lo largo del carril. En particular, la distancia entre el transmisor y el receptor puede ser ajustable, lo que permite adaptar la distancia a propiedades específicas de la estructura que va a examinarse.

Si la ubicación y/u orientación del carril con respecto a los medios de fijación es ajustable, el dispositivo auxiliar permite una exploración a lo largo de diferentes trayectos sin tener que desmontar el dispositivo de la estructura y volver a montarlo en una posición diferente. Puede conseguirse una ubicación y/u orientación ajustable, por ejemplo, si los medios de fijación comprenden pies y el carril comprende un primer extremo y un segundo extremo, estando presente en cada extremo al menos un pie. El al menos un pie en cada extremo está conectado al respectivo extremo mediante al menos un brazo móvil. Por tanto, la ubicación y/u orientación del carril puede ajustarse moviendo los brazos. En particular, el al menos un pie en cada extremo puede conectarse al respectivo extremo mediante al menos dos brazos móviles que forman una conexión de cuatro barras junto con una sección del carril y una sección del pie.

Para unir y separar fácilmente el dispositivo auxiliar a/de la estructura que va a examinarse cada pie puede comprender al menos un disco de succión.

El transmisor térmico usado en el dispositivo auxiliar puede ser una boquilla de gas, por ejemplo en forma de soplador de aire frío, una boquilla de CO<sub>2</sub>, etc., o puede ser una fuente de calor como, por ejemplo, un soplador de aire caliente, una lámpara de calentamiento, etc.

A partir de la siguiente descripción de realizaciones junto con los dibujos adjuntos resultarán evidentes características, propiedades y ventajas adicionales de la presente invención.

La figura 1 muestra una pala de rotor de turbina eólica que tiene una arruga en la estructura laminada junto con dos trayectos a modo de ejemplo usados para determinar la presencia de la arruga.

La figura 2 muestra esquemáticamente cómo realizar el método según la invención.

La figura 3 muestra esquemáticamente los resultados de medición obtenidos mediante el método según la invención.

La figura 4 muestra un dispositivo auxiliar usado para llevar a cabo el método según la invención.

La figura 5 muestra el dispositivo auxiliar de la figura 4 fijado a una pala de rotor de turbina eólica y un primer trayecto de inspección.

La figura 6 muestra el dispositivo auxiliar tal como se muestra en la figura 5 pero y un segundo trayecto de inspección.

A continuación, se describirá el método según la invención con respecto a las figuras 1 a 3 mientras que con respecto a las figuras 4 a 6 se describirá un dispositivo auxiliar usado para llevar a cabo el método.

La figura 1 muestra una pala 1 de rotor de turbina eólica que está compuesta por una estructura laminada reforzada con fibras. Esta pala de rotor va a someterse a prueba para detectar la presencia de arrugas en el producto

laminado. Supóngase que una arruga 3 está presente en la zona en la que la pala 1 de rotor tiene su hombro 5.

Con el fin de detectar posibles arrugas la pala de rotor se inspecciona al menos en zonas en las que se sabe que la estructura laminada tiende a la formación de arrugas. Como las arrugas tienen normalmente una extensión longitudinal, como se muestra en la figura 3, puede ser suficiente inspeccionar la pala de rotor a lo largo de un solo trayecto que interseca las arrugas. Sin embargo, para no pasar por alto las arrugas puede ser deseable inspeccionar la pala a lo largo de dos o más trayectos que estén lo suficientemente cerca entre sí para garantizar que no se pasan por alto las arrugas. En la figura 1 se muestran dos trayectos 7A, 7B de inspección a modo de ejemplo indicados mediante líneas discontinuas. Mediante el uso de un número suficiente de trayectos 7 de inspección preferiblemente paralelos también puede determinarse la extensión longitudinal de una arruga. La resolución con la que puede determinarse la longitud de la arruga depende de la distancia entre el trayecto 7 de inspección y la resolución espacial del equipo de medición. Según el método de la invención, se detectará cualquier arruga 3 que interseque al menos uno de los trayectos 7A, 7B.

Según el método, se mueve un transmisor 9 térmico sobre la superficie 11 del producto laminado de pala a lo largo de un trayecto 7 de inspección (véase la figura 2). El movimiento se lleva a cabo con una velocidad constante  $v$  y una altura constante  $h$  del transmisor 9 térmico por encima de la superficie 11 del producto laminado. El transmisor 9 térmico puede o bien calentar o bien enfriar el producto 13 laminado. En la presente realización, el transmisor 9 térmico es una lámpara de filamento para calentar el producto laminado. Sin embargo, pueden usarse otros medios de calentamiento como, por ejemplo, un soplador de aire caliente en lugar de la lámpara de filamento. Por otro lado, el transmisor térmico no tiene que calentar necesariamente el producto laminado. También podría enfriarlo. En este caso, el transmisor térmico sería, por ejemplo, un soplador de aire frío o una boquilla de  $\text{CO}_2$  que sopla un respectivo gas enfriado sobre la superficie 11 del producto laminado.

A una distancia fija  $d$  con respecto al transmisor 9 térmico, se mueve un receptor 15 térmico sobre la superficie 11 del producto laminado a lo largo del mismo trayecto 7 de inspección que el transmisor 9 térmico. En la presente realización se consigue de manera sencilla un movimiento acoplado con una distancia fija  $d$  montando el transmisor 9 térmico y el receptor 15 térmico sobre el mismo portador 17. El portador 17, por ejemplo, puede ser móvil a lo largo de un carril de un dispositivo auxiliar, como se explicará más adelante.

El receptor 15 térmico que se mueve a lo largo del mismo trayecto 7 de inspección que un transmisor 9 térmico mide la temperatura de la superficie 11 del producto laminado a lo largo de este trayecto. El receptor térmico puede implementarse mediante cualquier tipo de pirómetro, o bien de un solo punto o bien de resolución espacial. A continuación se procesan los datos de temperatura medidos por el receptor 15 térmico y se presentan visualmente en un monitor, por ejemplo de un ordenador 19.

El análisis de los datos de temperatura con el fin de detectar arrugas puede ser muy sencillo. En caso de, por ejemplo, un pirómetro de un solo punto usado como receptor 15 térmico, se obtendría una distribución de temperatura a lo largo del trayecto 7 tal como se muestra en la figura 3. Esta figura es un diagrama en el que la abscisa muestra la distancia de la ubicación de una medición de temperatura desde el punto de inicio del trayecto de inspección y la ordenada muestra la temperatura medida en la respectiva ubicación. Por encima del gráfico se muestra esquemáticamente la estructura del producto laminado en una sección a lo largo del trayecto de inspección. El producto laminado comprende una arruga 3. Tal como se ilustra en la parte superior de la figura 3 el producto 13 laminado es un material compuesto que, en caso de palas de rotor de turbina eólica, comprende normalmente múltiples capas de planchas de fibra de vidrio unidas entre sí mediante algún tipo de resina. En la ubicación en la que el trayecto 7 de inspección interseca la arruga 3 se produce una anomalía de temperatura en comparación con el producto laminado circundante sin arrugas. En el presente ejemplo, la anomalía es un pico en la temperatura medida por el receptor 15 térmico, es decir la temperatura de medición es superior a la temperatura medida en ubicaciones sin una arruga.

Tal como puede deducirse de manera intuitiva a partir de la parte superior de la figura 3, la cantidad de resina entre las capas de fibras está aumentada en las zonas con arrugas. Puesto que las propiedades térmicas del material de resina difieren normalmente de las propiedades térmicas de las planchas de fibra de vidrio, las propiedades térmicas del producto laminado se alteran si la razón de resina con respecto a la fibra de vidrio cambia como en la ubicación de una arruga. Por tanto, se observa una anomalía térmica en la ubicación de una arruga.

La presente invención se basa en el aspecto de que cuando el producto 13 laminado se calienta o enfría durante una cantidad de tiempo específica y bien definida, la temperatura que alcanza el material depende de las propiedades térmicas del material tales como conductividad térmica y capacidad térmica. Del mismo modo, el tiempo necesario para que el material vuelva a la temperatura ambiente depende de estos parámetros. Por consiguiente, puede medirse una variación en las propiedades del material del producto laminado, tal como la variación introducida por una arruga como se describió anteriormente, midiendo la temperatura de la superficie del producto laminado a lo largo del trayecto de calentamiento o enfriamiento en un tiempo especificado tras el calentamiento o enfriamiento del producto laminado. En este contexto, obsérvese que la señal real que puede verse en la medición de temperatura a lo largo del trayecto de inspección depende de las propiedades térmicas del producto laminado que va a inspeccionarse así como de si se usa calentamiento o enfriamiento. Por tanto, la anomalía térmica medida

por el receptor 15 térmico también podría ser una disminución en lugar de un pico en la temperatura. Por ejemplo, el que la arruga forme un pico o disminución en la temperatura depende de si el producto laminado se enfría más lento o más rápido en una zona sin arrugas o en una zona con una arruga.

5 En el método de la presente invención, el hecho de que el transmisor 9 térmico y el receptor 15 térmico se muevan a lo largo del trayecto de inspección a una velocidad constante da como resultado que el producto laminado experimente una influencia térmica igual en cada sección del trayecto de inspección. Como también la distancia entre el transmisor 9 térmico y el receptor 15 térmico es fija, el tiempo que transcurre entre la influencia térmica y la medición de temperatura es constante. Por consiguiente, se miden temperaturas similares de estructuras iguales, mientras que se detectan estructuras alternas mediante temperaturas que difieren considerablemente de la temperatura medida en secciones contiguas del trayecto de inspección.

10 Obsérvese que la temperatura mostrada en la figura 3 se ilustra en unidades arbitrarias. Esto es suficiente para detectar arrugas puesto que las arrugas pueden detectarse a partir de una comparación entre las temperaturas medidas a lo largo del trayecto de inspección. Sin embargo, si se conocen las propiedades térmicas del material sería posible incluso derivar información sobre las propiedades físicas de una arruga eliminada.

15 Aunque el transmisor 9 térmico y el receptor 15 térmico están montados en el mismo portador 17 en la presente realización, esto no es obligatorio. También es posible controlar el movimiento del transmisor 9 y el receptor 15 independientemente de modo que la distancia entre los mismos se mantenga constante mientras están moviéndose a lo largo de un trayecto de inspección.

20 Además, en lugar de usar un pirómetro de un solo punto podría usarse un pirómetro de resolución espacial, por ejemplo un pirómetro que mide las temperaturas a lo largo de una línea definida. Si la línea de medición se extiende dentro del trayecto de inspección sería posible no sólo detectar la temperatura del producto laminado a lo largo del trayecto de inspección sino también una variación de temperatura con el tiempo, puesto que el extremo frontal de la línea de detector pasa por la ubicación de influencia térmica antes que el extremo trasero de la línea. Por otro lado, si la línea está orientada en perpendicular a la dirección de movimiento a lo largo del trayecto de inspección resulta posible inspeccionar una zona más grande con un solo trayecto de inspección. Si se usa un detector térmico de resolución bidimensional como, por ejemplo, una cámara de infrarrojos, puede medirse la variación de temperatura con el tiempo en una zona más grande con una exploración a lo largo de un solo trayecto de inspección.

25 Se proporciona un dispositivo auxiliar que puede usarse para realizar exploraciones térmicas según la presente invención. Un dispositivo auxiliar de este tipo se muestra en las figuras 4 a 6. El dispositivo comprende un carril o larguero 21 con dos pies 23, en el que los pies están ubicados en extremos opuestos del carril 21. Los pies 23 están equipados con discos 25 de succión y están conectados a soportes 27 que forman los extremos del carril 21 por medio de dos brazos 29 paralelos. Los brazos 29 están conectados de manera pivotante a dos ubicaciones separadas del respectivo soporte 27 y también están conectados de manera pivotante a dos ubicaciones separadas del respectivo pie 23. Por tanto, el pie 23, los soportes 27 y los dos brazos 29 forman en conjunto una conexión de cuatro barras, en particular una conexión en paralelogramo. El uso de una conexión de cuatro barras de este tipo permite variar la ubicación y, si los soportes 27 también están conectados de manera pivotante al carril o larguero 21, la orientación del carril con respecto a la estructura mientras que el dispositivo auxiliar permanece fijado a la estructura que va a examinarse.

40 Un brazo 31 portador está conectado de manera móvil al carril 21 para poder moverse a lo largo del carril. Un portador 17 como se muestra en la figura 2 está montado en el carril 31 portador (no mostrado en las figuras 4 a 6). Por tanto, el carril 21 del dispositivo auxiliar, cuando está montado en una pala de rotor de turbina eólica que va a inspeccionarse, define el trayecto de inspección para el transmisor 9 térmico y un receptor 15 térmico. Para mover el brazo 31 portador a lo largo del carril está presente un motor eléctrico (no mostrado), que mueve el brazo 31 portador con una velocidad constante a lo largo del carril 21.

45 Para realizar el método según la invención el dispositivo auxiliar se fijará a la pala de rotor que va a inspeccionarse por medio de los discos 25 de succión. A continuación, se ajusta la orientación del carril 21 ajustando las conexiones de cuatro barras mediante el uso de palancas 33 de control que actúan entre las conexiones de cuatro barras y determinadas posiciones de los pies 23. Después de fijar el carril 21 en la posición ajustada mediante medios de fijación ubicados en las palancas 33 de control con el transmisor 9 térmico y el receptor 15 térmico unidos al brazo 31 portador, se realiza la exploración a lo largo del trayecto de inspección. En caso de que tenga que llevarse a cabo una exploración a lo largo de otro trayecto de inspección en la misma zona, se modifica la ubicación y/o la orientación del carril 21 manipulando las posiciones de las conexiones de cuatro barras usando de nuevo las palancas 33 de control.

50 La figura 5 muestra el dispositivo auxiliar fijado a una pala 1 de rotor de turbina eólica con el carril 21 en una primera posición. Obsérvese que en la figura no se muestra un carril sino que sólo se indica mediante la línea 35 discontinua. La figura 6 muestra el dispositivo auxiliar de la figura 5 con el carril (indicado de nuevo mediante la línea 35 discontinua) en una ubicación diferente y orientado en paralelo al carril en la primera ubicación. Si los extremos del carril 21 están conectados a los soportes 27 mediante juntas pivotantes también es posible modificar la

orientación del carril en una segunda posición con respecto al carril en una primera posición. Por tanto, mediante el dispositivo auxiliar puede proporcionarse un alto grado de flexibilidad para establecer trayectos de inspección sin tener que desmontar el dispositivo de y volver a montar el dispositivo en la pala 1 de rotor.

- 5 Obsérvese que el transmisor térmico y el receptor térmico pueden montarse en el brazo portador o bien antes o bien después de que el dispositivo se haya unido a la pala de rotor.

- 10 El dispositivo auxiliar descrito con respecto a las figuras 4 a 6 puede usarse en un espacio de trabajo en fábrica así como sobre el terreno. Si se usa sobre el terreno, el dispositivo auxiliar puede elevarse hasta una pala de rotor ya instalada en una turbina eólica por medio de una grúa de góndola instalada sobre/dentro de la góndola de esa turbina eólica. Por tanto, mediante el uso del dispositivo auxiliar el método según la invención puede realizarse sobre el terreno, es decir con palas de rotor ya instaladas en turbinas eólicas, sin desmontar la pala de rotor que va a inspeccionarse del buje de rotor.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de detección de arrugas (3) en una estructura (1) laminada reforzada con fibras en el que
- 5 - la estructura (1) se calienta o enfría localmente,
- la temperatura de la estructura (1) se mide en una ubicación de medición que es diferente de la ubicación del calentamiento o enfriamiento, y
- 10 - se detectan arrugas (3) a partir de anomalías de temperatura halladas a lo largo del trayecto (7) definido en comparación con el producto laminado circundante;
- caracterizado porque
- 15 - la estructura (1) se calienta o enfría localmente desde el exterior de la estructura (1),
- la ubicación del calentamiento o enfriamiento se mueve a lo largo de al menos dos trayectos definidos (7A, 7B) y
- 20 - la ubicación de medición se mueve a lo largo de los mismos dos trayectos definidos (7A, 7B) que la ubicación del calentamiento o enfriamiento.
2. Método según la reivindicación 1, en el que la ubicación de medición se mueve a lo largo del mismo trayecto (7) que la ubicación del calentamiento o enfriamiento con una distancia fija con respecto a la
- 25 ubicación del calentamiento o enfriamiento.
3. Método según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que la ubicación del calentamiento o enfriamiento y/o la ubicación de medición se mueve/n con una velocidad constante.
- 30 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los al menos dos trayectos (7A, 7B) se recorren uno detrás de otro.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que los al menos dos trayectos (7A, 7B) se recorren simultáneamente.
- 35 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que la temperatura de la estructura se mide desde el exterior de la estructura (1).
- 40 7. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que los trayectos se definen mediante un carril (21) al que está conectado de manera móvil un brazo (31) portador para poder moverse a lo largo del carril (21), en el que un portador (17) en el que están montados el emisor (9) térmico y el receptor (15) térmico, se monta en el brazo (31) portador y en el que se varía la ubicación del carril (21) manipulando dos conexiones de cuatro barras, estando formada cada una por un soporte (27), un pie (23) con discos (25) de succión para fijar el pie a la estructura laminada reforzada con fibras y dos brazos (29) conectados de
- 45 manera pivotante a ubicaciones separadas del respectivo soporte (27) y ubicaciones separadas del respectivo pie (23).

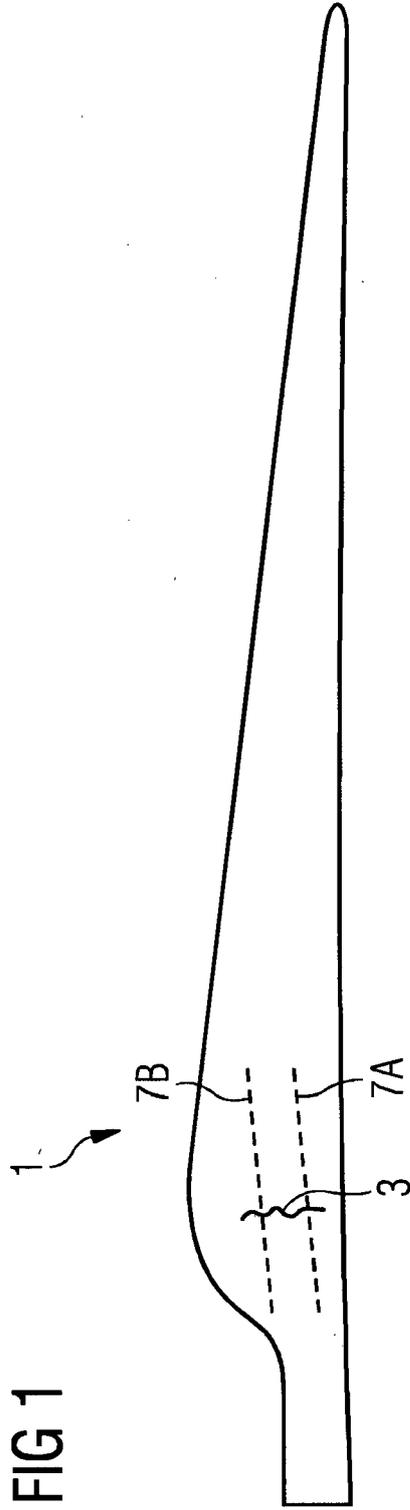


FIG 2

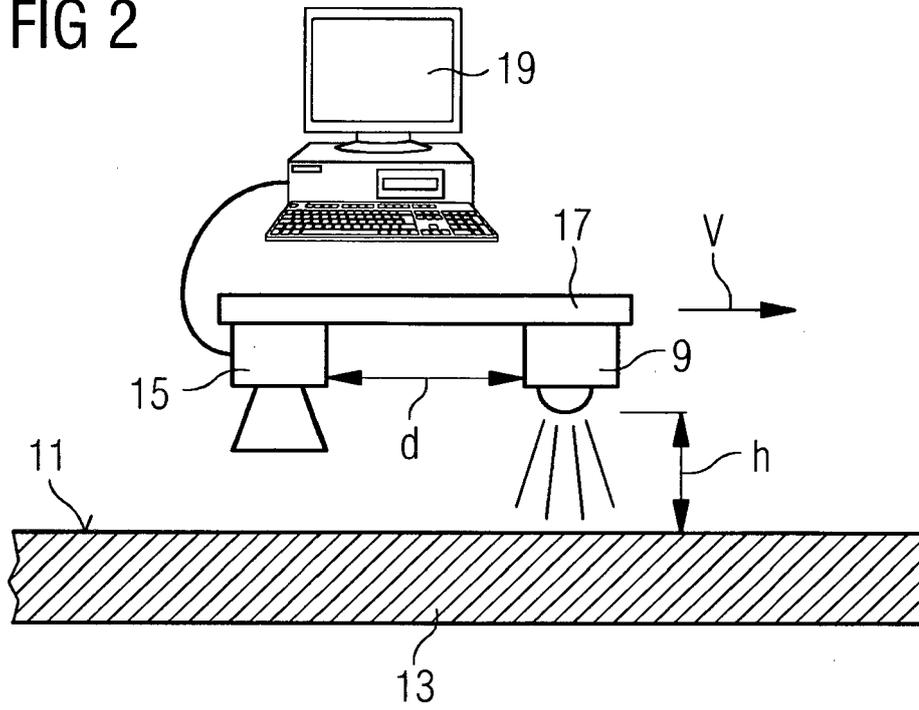
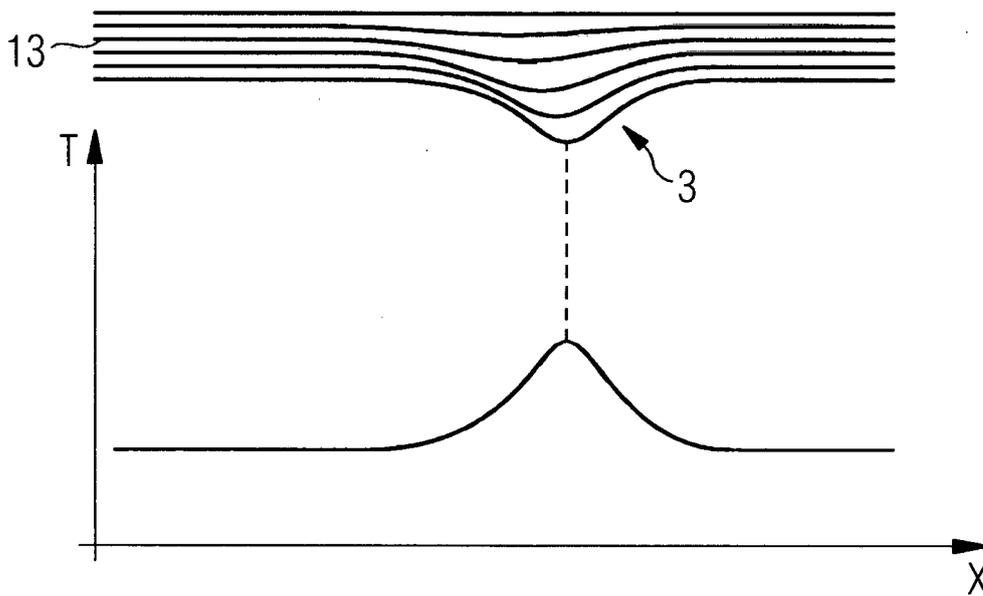


FIG 3



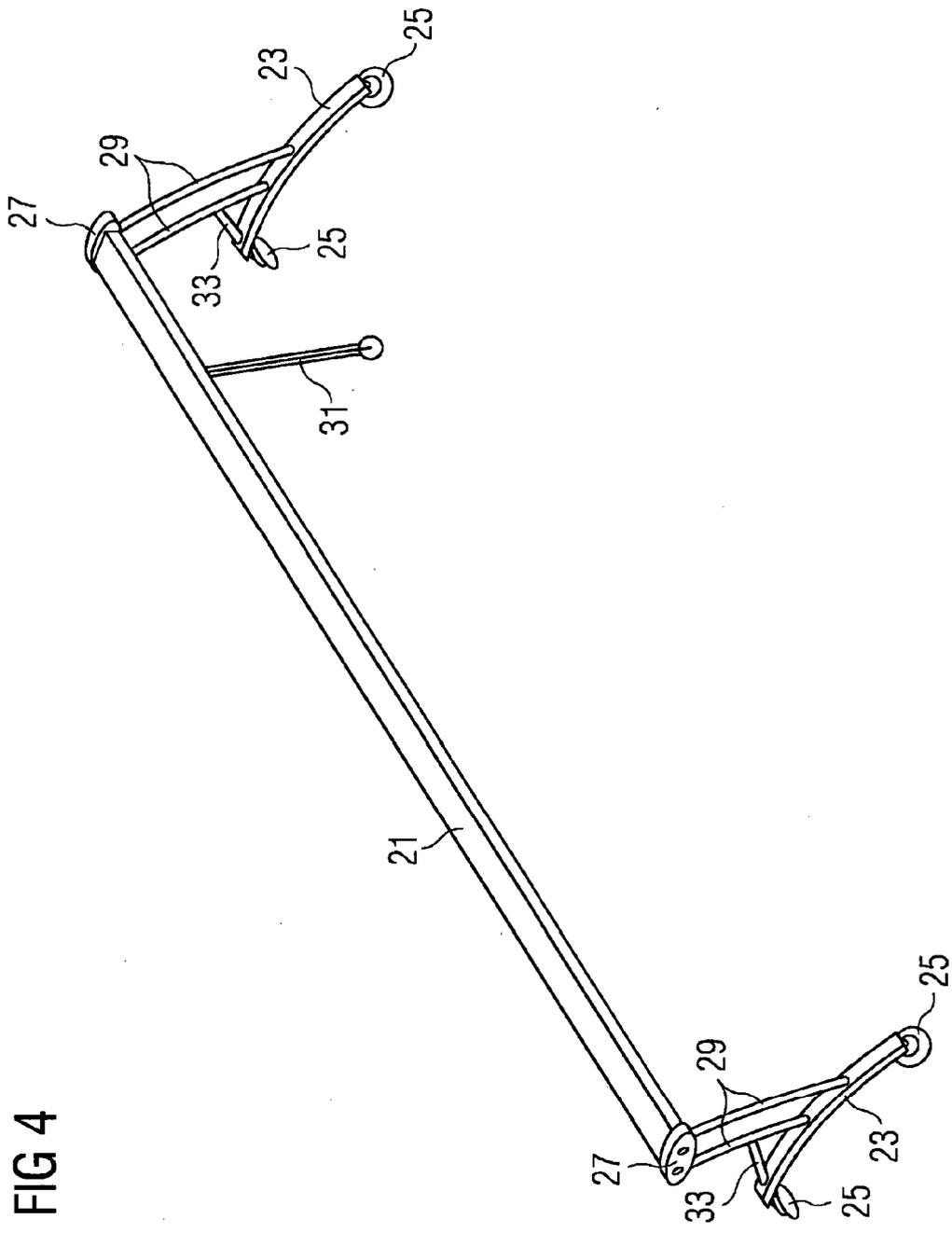


FIG 4

FIG 5

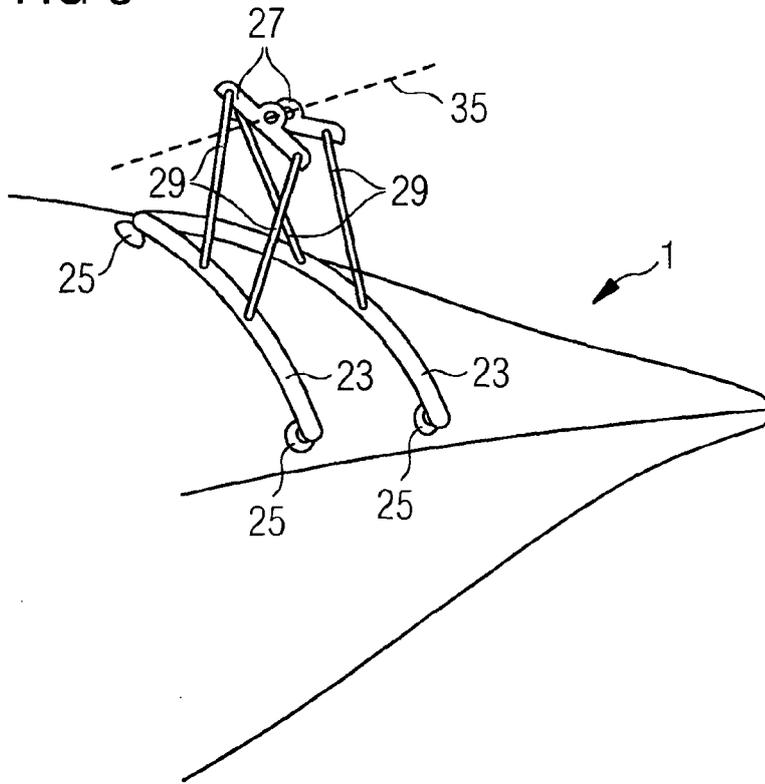


FIG 6

