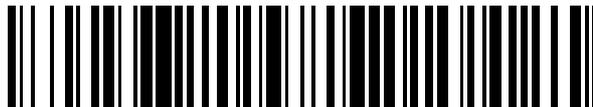


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 595 049**

51 Int. Cl.:

F03D 80/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **10.10.2013 PCT/EP2013/003043**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.04.2014 WO14056613**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **10.10.2013 E 13776964 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **06.07.2016 EP 2906825**

54 Título: **Procedimiento para ajustar un ángulo de ataque de palas de rotor**

30 Prioridad:

12.10.2012 DE 102012020054

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

27.12.2016

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (50.0%)
Hansastraße 27 c
80686 München, DE y
LUTZ, OTTO (50.0%)**

72 Inventor/es:

**LUTZ, OTTO;
MEINLSCHMIDT, PETER;
SCHLÜTER, FRIEDRICH;
GÜLKER, GERD;
TRAPHAN, DOMINIK;
MILLER, ALEXANDER y
FRÖHLER, DOMINIK**

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 595 049 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).

PROCEDIMIENTO PARA AJUSTAR UN ÁNGULO DE ATAQUE DE PALAS DE RÓTOR

DESCRIPCIÓN

- 5 La invención se refiere a un procedimiento para ajustar un ángulo de ataque (pitch) de palas de rotor y al aumento que ello implica en la eficiencia de plantas de energía eólica.
- 10 El documento DE 10 2011 053 968 A1 se refiere a un sistema y a un procedimiento para la inspección de las plantas de energía eólica con un sistema de inspección, que incluye un sistema de supervisión y un dispositivo de inspección, en el que el sistema de supervisión incluye un aparato de evaluación con un dispositivo de exploración automático. El aparato de evaluación está configurado tal que proporciona una imagen de al menos una parte de una pala de rotor, estando configurado el dispositivo de exploración automático para girar alrededor de al menos un eje con el fin de desplazar la imagen capturada. La pala del rotor se evalúa y se inspecciona en busca de indicios de faltas. Además de un control manual y con el telescopio el control puede efectuarse también mediante imágenes visibles, imágenes infrarrojas, imágenes ultravioletas o mediante imágenes espectrales.
- 15 El documento 10 2010 046 493 B3 se refiere a un procedimiento y a un dispositivo para la inspección de palas del rotor de una planta de energía eólica, en el que se activa la pala del rotor a probar mediante al menos una fuente de activación. El flujo de calor que resulta debido a la activación se capta mediante al menos un sensor de infrarrojos en una serie de imágenes térmicas, para poder analizar las distintas imágenes térmicas, así como las imágenes resultantes de diversos tipos obtenidas de la serie de imágenes por medio de diferentes métodos de tratamiento de señales e imágenes. Para ello, está estacionado o fijado un sensor de infrarrojos junto con una fuente de activación sobre un soporte volante.
- 20 El documento DE 10 2011 086 608 A1 se refiere a un procedimiento para determinar los estados de funcionamiento de una turbina eólica, en la que las palas del rotor se ajustan en base a datos de sensor, que se captan en las palas del rotor. Como magnitudes a examinar, se utilizan datos de la corriente del motor correspondientes a los motores de ajuste de la pala, para detectar, entre otras cosas, grietas o fracturas de las palas del rotor.
- 25 El documento DE 10 2011011 392 A1 se refiere a un dispositivo de medición óptico para la deformación de una pala de rotor de una planta de energía eólica mediante una cámara, que detecta la deformación por medio de desviaciones de objetos de referencia dispuestos dentro de la pala de rotor.
- 30 El documento DE 10 2007 059 165 B4 se refiere a un procedimiento y a un sistema para la medición de una desviación de un componente hueco de una planta de energía eólica respecto a una posición normal por medio de un haz de medición, que se orienta dentro del componente hueco a un objetivo. A partir del grado de desviación puede deducirse el estado en cuanto a desgaste del componente hueco. Las desviaciones así determinadas respecto al comportamiento normal en funcionamiento pueden utilizarse como base para corregir el comportamiento durante el funcionamiento, por ejemplo mediante la adaptación del llamado ángulo de ataque de la pala del rotor.
- 35 El documento DE 200 21 970 U1 se refiere a un dispositivo para vigilar el estado de palas del rotor en plantas de energía eólica. Para ello se activan las palas del rotor y se realiza una comparación con un comportamiento normal de la curva de resonancia.
- 40 El documento DE 10 2010 048 400 A1 se refiere a un procedimiento para comprobar el estado estructural de plantas de energía eólica, en el que se captan los aerogeneradores con una cámara. La cámara puede estar fijada a un helicóptero. Los datos determinados se almacenan y se conducen a continuación a una evaluación. Como cámara, puede utilizarse una cámara termográfica o de imagen térmica. A partir de la imagen térmica capturada, se pueden determinar mediante programas apropiados lugares en los que la estructura de la pala de rotor es desigual o donde amenazan grietas o existen ya.
- 45 El documento DE 10 2008 037 096 A1 se refiere a una planta de energía eólica para convertir la energía eólica en un movimiento de rotación con un rotor y un dispositivo de detección para captar parámetros de funcionamiento. El dispositivo de detección está configurado para detectar la temperatura en al menos un punto del rotor. El dispositivo de detección puede presentar un sensor de temperatura para detectar la radiación térmica emitida por el lugar correspondiente, pudiendo incluir el sensor de temperatura una cámara termográfica. El dispositivo de detección es parte de un equipo de control para controlar la planta de energía eólica o está conectado con un tal dispositivo de control. Cuando la temperatura es demasiado alta y/o es demasiado baja, puede cambiarse al menos un parámetro de control de la planta de energía eólica.
- 50 La termografía infrarroja aprovecha el hecho de que todos los objetos que se encuentran a una temperatura por encima del cero absoluto emiten radiación en la zona de los infrarrojos, que es característica de la correspondiente temperatura. Entonces para temperaturas entre 0 °C y 1000 °C se emite la intensidad máxima a longitudes de onda entre 3µm y 10µm. Esta radiación puede ser detectada mediante cámaras de infrarrojos especiales, tal que resulta una imagen de la temperatura de la superficie de los objetos medidos. Las imágenes en bruto son imágenes en escala de grises, en las que zonas más cálidas aparecen más claras y zonas más frías aparecen más oscuras. Para mayor claridad, se elige a menudo una representación en colores falsos, en la que se representan en rojo las zonas más cálidas y las zonas más frías aparecen en azul.
- 55
- 60
- 65

5 La termografía infrarroja activa se encuentra entre las técnicas de medida de infrarrojos no destructivas más utilizadas. En esta técnica, se somete el objeto bajo examen a un impulso de calor corto, observándose entonces el frente de calor penetrante con una cámara de infrarrojos de altísima sensibilidad con una resolución de temperatura < 20 mK y velocidades de imagen de hasta 800 imágenes por segundo, para hacer visibles lugares defectuosos.

10 En la termografía pasiva no se introduce activamente ninguna energía en el objeto de prueba, sino que más bien utiliza esta técnica el hecho de que el objeto bien procede en caliente de un proceso, por ejemplo del proceso de fabricación de palas de rotor, o se calienta o se enfría durante la observación por sí mismo. Así por ejemplo se calientan grietas muy finas al rozar sus flancos entre sí cuando están sometidas a una carga dinámica, como por ejemplo una rotación rápida.

15 Por otra parte, las palas de rotor pueden calentarse mediante la radiación solar y enfriarse de nuevo debido al rápido movimiento mediante el aire que fluye. La termografía pasiva se utiliza principalmente en el campo de la termografía para edificios, para detectar puentes térmicos o para evitar incendios en armarios eléctricos. Para ambos fines se utilizan cámaras de infrarrojos relativamente económicas y poco sensibles, que no son adecuadas para la medición termográfica de palas de rotor que se encuentran en funcionamiento, debido a su baja sensibilidad a la temperatura y pobre resolución espacial.

20 Es objetivo de la presente invención proporcionar un procedimiento para ajustar el ángulo de ataque y la optimización de energía asociada a ello de palas de rotor, que debe realizarse fácilmente y de forma fiable. Según la invención, este objetivo se consigue mediante un procedimiento con las características de la reivindicación principal, dándose a conocer ventajosas variantes y perfeccionamientos de la invención en las reivindicaciones secundarias, en la descripción y en las figuras.

25 El procedimiento para ajustar un ángulo de ataque de palas del rotor prevé que se confeccione una imagen termográfica cuando las palas giratorias estén recorridas por el flujo, es decir girando, se evalúe un patrón resultante en la imagen termográfica y en base a la evaluación se ajuste el ángulo de ataque, hasta que la transición transitoria se realice en el lugar que se pretende sobre la superficie del rotor.

30 En la termografía pasiva en palas de rotor se ha comprobado que en palas de rotor pueden observarse patrones de radiación termográficamente evaluables, por ejemplo cuando las palas de rotor se calientan debido a la radiación solar. Debido al rápido movimiento, mediante el aire que fluye, se enfrían las palas de rotor en los puntos en los que el flujo laminar se convierte en un flujo turbulento (vórtice). Por lo tanto, este enfriamiento del material de la pala de rotor no es uniforme. Más bien, el enfriamiento de la pala de rotor es claramente menor cuando la parte de pala de rotor observada se encuentra en un flujo de aire laminar en lugar de en un flujo de aire turbulento. Así se ha comprobado que los bordes posteriores de las palas de rotor siempre son más fríos que los bordes delanteros, porque allí se realiza por razones técnicas del flujo siempre un enfriamiento de la capa límite turbulenta necesaria en la zona del borde disruptor del flujo de aire. En palas de rotor y ajustes del ángulo de ataque convencionales, se encuentra esta zona de transición de flujo laminar a turbulento (transición transitoria) en el tercio posterior de la zona de la pala de rotor. En el borde delantero o de entrada del flujo de las palas de rotor, se desea tener aplicado un flujo tan laminar como sea posible sin estructuras de vórtice para aumentar la potencia de la planta de energía eólica mediante un recorrido del flujo uniforme. Si ahora muestra una imagen termográfica bastantes irregularidades en la distribución de la temperatura en las palas del rotor, esto puede indicar un daño en la estructura de la superficie o un ángulo de ataque ajustado incorrectamente. Por lo tanto, la invención prevé que cuando una imagen térmica no es uniforme y cuando se detectan estructuras de imagen térmica o patrones de imagen térmica característicos, se reparen las superficies con estructuras típicas de vórtice triangulares o se realice un ajuste del ángulo de ataque cuando es inadecuado el lugar de la transición transitoria, con el objetivo de una distribución del calor óptima en lo posible a lo largo y en la superficie de la pala de rotor durante el funcionamiento. Con esto se consigue una eficiencia energética óptima de las plantas de energía eólica.

35 Por lo tanto, está previsto que el ángulo de ataque se ajuste de tal manera que la transición de flujo laminar a flujo turbulento (transición transitoria) se realice en el lugar previsto en la superficie de pala de rotor. El ángulo de ataque óptimo depende del tipo de palas del rotor y del generador y/o de la interacción óptima entre todos los componentes. No obstante, todas las plantas de energía eólica tienen en común que todas las palas del rotor de una planta deben tener el mismo ángulo de ataque.

40 Para aumentar la precisión de la imagen termográfica, se detecta para confeccionarla la radiación térmica ventajosamente en dos gamas diferentes de longitud de onda. Al respecto es posible y está previsto utilizar una cámara de infrarrojos de banda dual. Está previsto llevar a cabo simultáneamente las mediciones en dos gamas de longitudes de onda diferentes, para detectar la radiación térmica de las palas del rotor, encontrándose la radiación térmica una de las veces en la gama de los infrarrojos de onda media entre 3 μm y 5 μm y la otra vez en la gama de los infrarrojos de longitud de onda larga con un gama de longitud de onda de 8 μm a 14 μm . Mediante una superposición exacta en cuanto a píxeles de ambos termogramas en las respectivas gamas de longitud de onda, resultan posibilidades ventajosas para la identificación de diferencias térmicas tanto en la capa superficial de la pala de rotor como también en la interfaz entre la capa superficial y un cuerpo de base. Mediante mediciones en ambas gamas de longitudes de onda, puede medirse independientemente de coeficientes de emisión la temperatura absoluta de la pala del rotor respectiva e igualmente es posible anular la influencia de cambios en la radiación solar.

5 Un perfeccionamiento de la invención prevé que se utilice al menos un filtro de interferencia para confeccionar la imagen termográfica. Mediante el filtro de interferencia, ventajosamente filtro de interferencia de banda muy estrecha, se pueden lograr con la cámara de doble banda de infrarrojos también tomas espectroscópicas que hacen posible identificar por ejemplo la suciedad en la superficie de las palas del rotor, con lo que se evitan interpretaciones incorrectas.

10 Las imágenes termográficas de las palas del rotor se confeccionan durante el funcionamiento de una planta de energía eólica, por lo que es posible controlar el ángulo de ataque de la pala del rotor durante el funcionamiento, ajustar las palas del rotor en patrones termográficos negativos para los valores de potencia de la planta de energía eólica y luego controlar si y en qué medida ha resultado una mejora y se ha realizado una optimización de la potencia. El ángulo de ataque de las palas del rotor puede representarse así visualmente por medio de las imágenes termográficas y puede corregirse durante el funcionamiento en base a estas investigaciones termográficas.

15 El ángulo de ataque se puede ajustar hasta que por toda la extensión longitudinal de la pala de rotor exista una distribución óptima, especialmente uniforme de la temperatura, previéndose alternativa o complementariamente que se compare entre sí el ajuste de ángulo de ataque de todas las palas del rotor de una planta de energía eólica y los ángulos de ataque se coordinen entre sí, para evitar posibles daños en la transmisión debido a ángulos de ataque desigualmente ajustados.

20 De manera especialmente ventajosa, se utiliza la imagen termográfica para determinar una calidad de la superficie de la pala de rotor. Las pérdidas de energía que pueden detectarse en la imagen termográfica son causadas por ejemplo por suciedad o defectos en la superficie de la pala del rotor. Pero también una calidad insuficiente de la superficie puede ser decisiva. Mediante dado el caso un tratamiento posterior y una elaboración de las imágenes termográficas apropiados, pueden evaluarse estas pérdidas de energía, con lo que pueden detectarse faltas, defectos y/o suciedad en la superficie de la pala del rotor y pueden tomarse las correspondientes contramedidas.

25 En una variante preferida del procedimiento, la imagen termográfica se utiliza para evaluar un estado en elementos existentes en la pala de rotor que sirven para optimizar el flujo. Tal como se expuso antes, se realizan actualmente en palas de rotor una pluralidad de diferentes medidas de optimización de flujo, que pueden estar configuradas por ejemplo en forma de tiras de entrada en pérdida (stall strips), generadores de vórtice, tiras dentadas o colas de dino. Puesto que las mismas modifican el flujo dominante en la pala del rotor, pueden detectarse e identificarse también los efectos que ocasionan estos elementos en la imagen termográfica. Si entonces se presentan faltas en estos elementos, debido por ejemplo a defectos o daños, se producen cambios característicos en la imagen termográfica, por lo que estas informaciones también se pueden utilizar para evaluar el estado de estos elementos y en su caso poder tomar las correspondientes contramedidas, como por ejemplo reparación o limpieza.

30 A continuación se explicará el procedimiento con más detalle en base a las figuras. Se muestra en:

40 figuras 1 a 3 termogramas de un detalle de la pala del rotor con diferentes ángulos de ataque;
figura 4 un termograma de una pala de rotor.

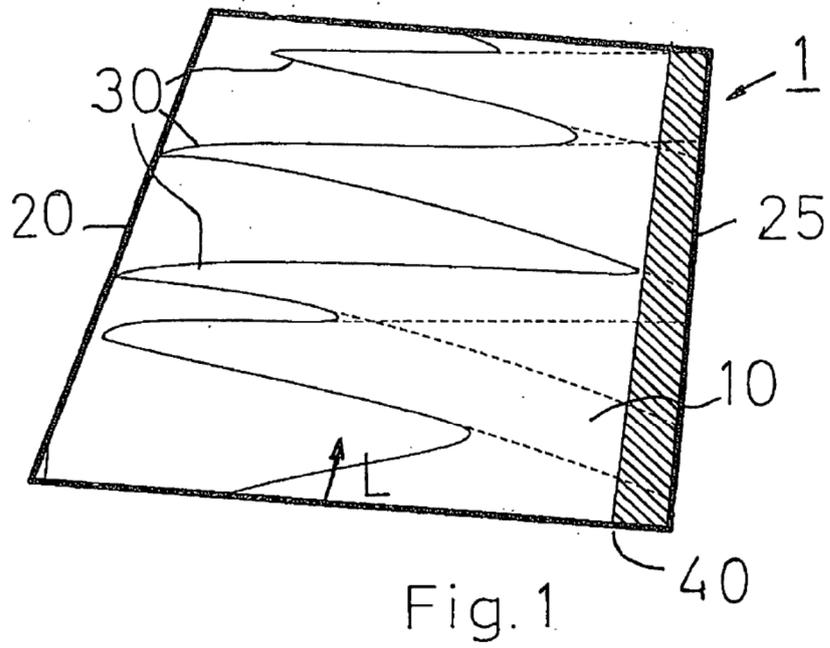
45 La figura 1 muestra un detalle de una pala de rotor 1 cuyo ángulo de ataque es de 5°, el borde de entrada del flujo o borde delantero 20 de la pala del rotor 1 está en el borde izquierdo, el borde posterior o disruptor 25 o el extremo posterior se muestra en el borde derecho de la imagen, la superficie 10 de la pala del rotor 1 está curvada a modo de una superficie de soporte, representándose en la figura 1 el lado superior de la pala del rotor 1. A lo largo de la extensión longitudinal L de la pala del rotor 1 pueden verse en la figura 1 estructuras triangulares, las llamadas estructuras de vórtice 30, que en termogramas tienen brillos distintos. Los brillos distintos se deben a diferentes temperaturas en la superficie 10 de la pala del rotor 1. Las diferencias de temperatura locales en la superficie 10 de la pala del rotor 1 resultan bien debido a una disipación irregular causada por situaciones no óptimas del bañado por el flujo o debido a desajustes y faltas dentro de la estructura de la superficie de las palas del rotor 1. En la figura 1, en la que está ajustado un ángulo de ataque de 5°, pueden verse marcadas diferencias de temperatura, atribuibles a turbulencias no deseadas del aire o a las denominadas formaciones de vórtices. Las turbulencias de gran superficie pueden observarse desde la transición transitoria 40 hasta el borde de salida 25 o hacia el borde posterior 25 como zonas más frías o más oscuras, que se extienden sólo sobre el tercio posterior de la pala de rotor 1. En el borde frontal 20 pueden verse las zonas de la pala del rotor 1 más oscuras, más frías, triangulares, que discurren convergiendo en punta, extendiéndose estas zonas 30 hasta las proximidades del borde frontal 20, es decir, relativamente distantes de una situación de entrada del flujo turbulenta, que origina una disipación de la energía no uniforme.

60 En la figura 2 el ángulo de ataque está ajustado a 10°, mostrando la imagen termográfica en la figura 2 una distribución de la temperatura mucho más uniforme a través del ancho de la pala del rotor 1, presentándose las zonas más frías, más oscuras en una zona relativamente amplia de la transición transitoria 40 al borde posterior 25 o borde de salida del flujo de la pala del rotor 1, mientras que la distribución de temperatura global a lo largo de la extensión longitudinal L es sustancialmente uniforme, en particular en la zona del borde posterior 25. Sin embargo, con ángulos de ataque más grandes aparecen más estructuras oscuras, es decir, estructuras triangulares más frías, que indican las turbulencias en los defectos de la superficie.

- 5 En la figura 3 se ha elegido un ángulo de ajuste de 15°, extendiéndose la zona de temperatura oscura, uniforme, en la superficie 10 por casi toda la anchura de la parte superior de la pala de rotor 10 y sólo en la región del borde de entrada del flujo 20 existen para este ángulo de ajuste zonas aún más calientes, pudiendo apenas detectarse una formación de vórtice 30, es decir, las estructuras triangulares acusadas, tal como las que se indican en la figura 1.
- 10 Esto significa que existe un flujo sustancialmente turbulento en la superficie 10 de la pala del rotor 1, tanto por toda la extensión longitudinal L y como también por la anchura del borde posterior 20 hasta más allá del centro en perpendicular a la extensión longitudinal L.
- 15 En las figuras 1 a 3 se confeccionó el termograma en el lado de presión, pero para un ángulo de ataque subóptimo las estructuras de vórtice se forman también en el lado de aspiración de las palas del rotor 1, por lo que puede realizarse una investigación termográfica a ambos lados de las palas del rotor 1. En las figuras 1-3 puede observarse claramente que la transición transitoria 40 de flujo laminar del borde delantero 40 al flujo turbulento del borde posterior se desplaza al aumentar el ángulo de ataque hacia el borde delantero.
- 20 La figura 4 muestra un termograma de una pala de rotor que gira con vista hacia el lado de aspiración, en el que las estructuras más oscuras, más frías, se presentan en el borde posterior 20 de la pala del rotor 1 y se extienden hasta el borde posterior 25 de la pala del rotor 1. Debido a la reducción del flujo laminar, que también conduce en el lado de aspiración a pérdidas térmicas mayores debido al flujo turbulento, no funcionan las plantas de energía eólica en la zona óptima, lo que conduce a pérdidas de potencia significativas.
- 25 Con el procedimiento correspondiente a la invención es posible realizar mediciones mediante tomas termográficas localmente en plantas de energía eólica en funcionamiento, para hacer visible la situación del flujo que baña las palas del rotor durante el funcionamiento y para permitir un ajuste mejorado de las palas del rotor en cuanto al ángulo de ataque. Además es posible con el procedimiento detectar sin contacto el desgaste o defectos en las palas del rotor durante el funcionamiento.
- 30 Un enfriamiento en el borde delantero de las palas del rotor indica siempre una situación desfavorable del flujo y por lo tanto una elevada pérdida de potencia, que debe evitarse por razones técnicas y económicas, ya que cuando los flujos no son laminares, también se ejercen fuertes cargas mecánicas sobre las palas del rotor.
- 35 Para mejorar el proceso de ajuste es posible llevar a cabo en modelos de ala mediciones termográficas en el túnel de viento y al mismo tiempo aplicar procedimientos ópticos de medición del flujo, para encontrar condiciones de flujo que conducen a patrones de temperatura significativos y muestran una correlación entre los respectivos ángulos de paso de los modelos de los patrones de temperatura. La asociación de patrones de temperatura o estructuras de vórtice a diversos ángulos de ataque permite un ajuste dirigido de las palas del rotor de tal modo que en base al patrón de las imágenes termográficas se puede determinar en qué dirección se debe ajustar el ángulo de ataque, es decir, aumentarse o reducirse. La medición combinada de los campos de flujo con las firmas de la temperatura generadas en las palas del rotor junto con los resultados de los cálculos del modelo, permite evaluar el impacto sobre las curvas características de potencia de plantas de energía eólicas. Si mediante el examen termográfico se detectan irregularidades, grietas o laminados secos, pueden provocarse mediante estas informaciones medidas de mantenimiento y reparación tempranas durante el funcionamiento en base a los patrones termográficos determinados, para lograr incluso existiendo grietas un rendimiento óptimo en cuanto a potencia de la planta de energía eólica, sin sobrecargar mecánicamente las palas del rotor.
- 40 Incluso se puede comprobar la eficacia y/o la funcionalidad de estructuras que se han aplicado intencionadamente sobre la pala del rotor para modificar aerodinámicamente el flujo, como por ejemplo tiras de entrada en pérdida, generadores de vórtice, tiras dentadas o colas de dino. En particular puede detectarse fácilmente la destrucción, dado el caso parcial o la ausencia de estos componentes con el método descrito anteriormente.
- 45 El procedimiento propuesto puede realizarse incluso en emplazamientos inaccesibles de plantas de energía eólica, por ejemplo en el sector de offshore, donde la determinación de las imágenes termográficas mediante buques, desde helicópteros, globos o desde plantas de energía eólica situadas en las proximidades puede realizarse de forma automatizada. De esta manera se evitan, al menos en parte, costosas inspecciones con personas que se descuelgan.
- 50
- 55

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para ajustar un ángulo de ataque de palas de rotor (1), en el que
- se confecciona una imagen termográfica cuando las palas del rotor (1) están recorridas por el flujo,
 - se evalúa un patrón resultante en la imagen termográfica,
 - en base a la evaluación se ajusta el ángulo de ataque (pitch), hasta que la transición de flujo laminar a flujo turbulento se realiza en el lugar que se pretende sobre la superficie del rotor.
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1,
caracterizado porque el ángulo de ataque se ajusta tal que por la superficie de la pala del rotor (10), existe una distribución uniforme de la temperatura.
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2,
caracterizado porque para confeccionar la imagen termográfica se capta la radiación térmica en dos gamas de longitudes de onda diferentes.
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3,
caracterizado porque la radiación térmica se capta en una gama de longitudes de onda entre 3 μm y 5 μm y entre 8 μm y 14 μm .
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 3 ó 4,
caracterizado porque las imágenes de las distintas gamas de longitudes de onda se superponen entre sí, para confeccionar la imagen termográfica.
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque se utiliza al menos un filtro de interferencia para confeccionar la imagen termográfica.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque se confeccionan imágenes termográficas de las palas del rotor (1) durante el funcionamiento de una planta de energía eólica.
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque el ángulo de ataque se ajusta hasta que en el borde delantero los y en la superficie (10) existe por la extensión longitudinal (L) de la pala del rotor (1) una distribución uniforme de la temperatura.
9. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque la imagen termográfica se utiliza para determinar una calidad de la superficie de la pala del rotor (10).
10. Procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes,
caracterizado porque la imagen termográfica se utiliza para evaluar un estado en elementos existentes en la pala del rotor (1), que sirven para optimizar el flujo.



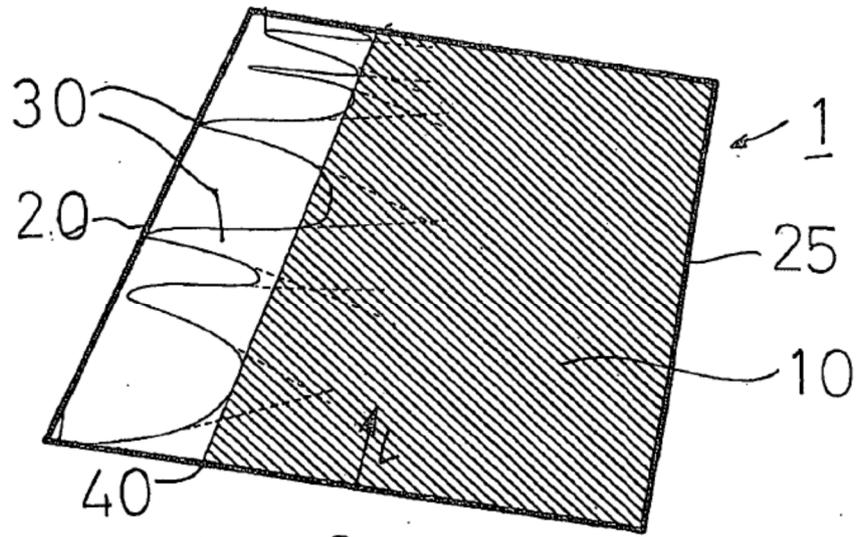


Fig.2

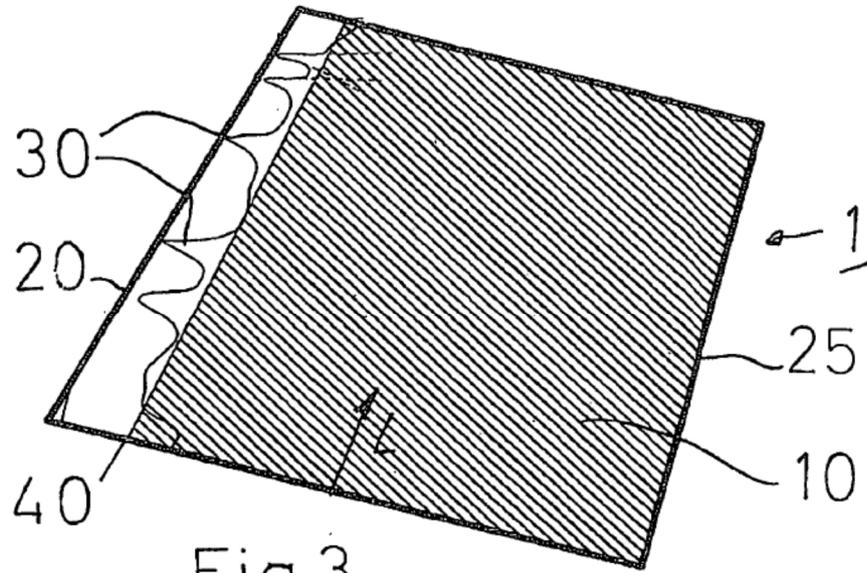


Fig. 3

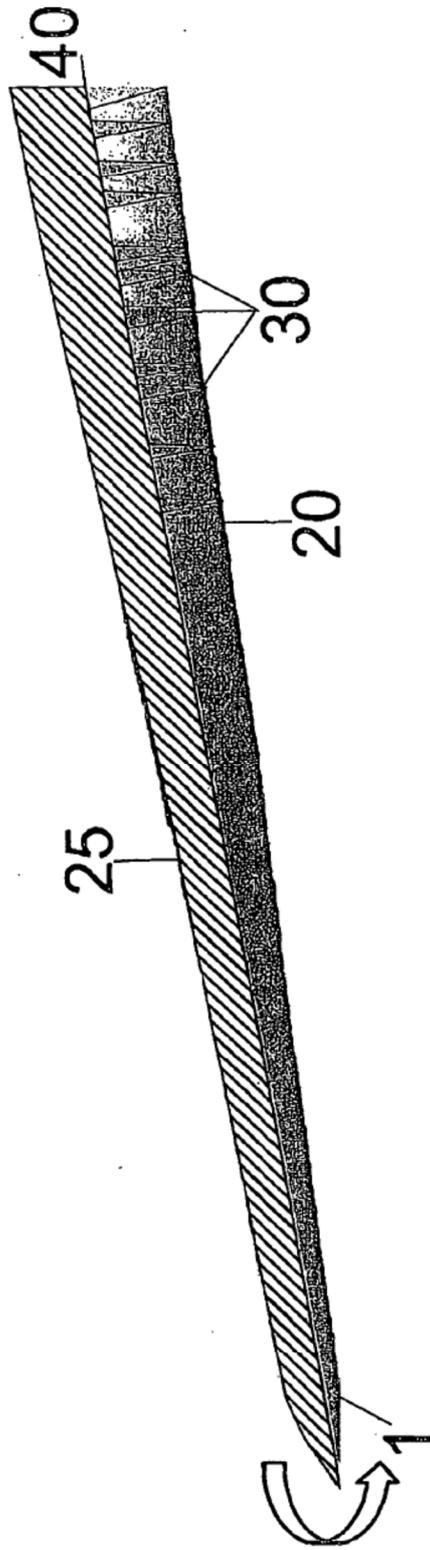


Fig. 4