

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 074**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/48** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.10.2006 E 06255504 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.06.2015 EP 1779997**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de una pala de rotor de una turbina eólica**

30 Prioridad:

**28.10.2005 US 261028**

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

**08.09.2015**

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)  
1 RIVER ROAD  
SCHENECTADY, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**BAKHUIS, JAN WILLEM;  
BILLEN, ANDREW;  
BREUGEL, SJEF y  
LIVINGSTON, JAMIE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 545 074 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Procedimiento de fabricación de una pala de rotor de una turbina eólica

La presente invención se refiere, en general, a turbinas eólicas y, más particularmente, a procedimientos de fabricación de palas de rotor de turbinas eólicas que utilizan una membrana microporosa.

5 Recientemente, las turbinas eólicas han recibido una mayor atención como fuente de energía alternativa ambientalmente segura y relativamente barata. Con este creciente interés, se han realizado esfuerzos considerables para desarrollar turbinas eólicas que sean fiables y eficientes.

10 En general, una turbina eólica incluye un rotor que tiene múltiples palas. El rotor está montado en una carcasa o góndola, que se coloca en la parte superior de una armadura o torre tubular. Las turbinas eólicas de calidad apta para compañías eléctricas (es decir, las turbinas eólicas diseñadas para proporcionar energía eléctrica a una red de alimentación eléctrica) pueden tener grandes rotores (por ejemplo, de 30 o más metros de diámetro). Las palas en estos rotores transforman la energía del viento en un par de rotación o fuerza que impulsa uno o más generadores, acoplados giratoriamente al rotor a través de una caja de engranajes o directamente acoplados al rotor. La caja de engranajes, cuando está presente, intensifica la velocidad de giro inherentemente baja del rotor de la turbina para que el generador convierta eficientemente la energía mecánica en energía eléctrica, que se alimenta a una red de alimentación eléctrica.

15 Las palas de las turbinas eólicas conocidas se fabrican mediante la infusión de una resina en un núcleo envuelto con fibra. Una capa de malla de distribución se utiliza para suministrar resina en el material del núcleo. El frente del flujo de infusión se controla por medio de discontinuidades en la malla de distribución, que requieren un posicionamiento exacto para los resultados deseados. Además, la malla de distribución se descarta junto con la resina que se retiene en la malla, aproximadamente unos 650 gramos por metro cuadrado.

El documento US2004/0253114 A1 divulga un procedimiento conocido para la fabricación de una pala de turbina eólica.

25 En un aspecto de acuerdo con la presente invención, se proporciona un procedimiento de fabricación de una pala de rotor de turbina eólica. El procedimiento incluye las etapas de proporcionar un núcleo y aplicar al menos una piel de refuerzo al núcleo para formar un subconjunto de pala. Cada piel de refuerzo está formada a partir de una estera de fibras de refuerzo. El procedimiento también incluye aplicar una membrana microporosa sobre la al menos una piel de refuerzo, aplicar una película al vacío sobre la membrana microporosa, introducir una resina polimérica al núcleo entre el elemento microporoso y la al menos una piel de refuerzo, infundir la resina a través del núcleo y a través de la al menos una piel de refuerzo mediante la aplicación de un vacío al conjunto de pala, y curar la resina para formar la pala del rotor.

35 En otro aspecto, se proporciona un procedimiento de fabricación de una pala de rotor de turbina eólica. El procedimiento incluye las etapas de proporcionar un núcleo, aplicar por lo menos una piel de refuerzo al núcleo para formar un subconjunto de pala, y posicionar el subconjunto de pala en un molde. Cada piel de refuerzo está formada a partir de una estera de fibras de refuerzo. El procedimiento también incluye aplicar una membrana microporosa sobre la al menos una piel de refuerzo, aplicar una película al vacío sobre la membrana microporosa, introducir una resina polimérica en el núcleo entre el elemento microporoso y la al menos una piel de refuerzo, infundir la resina a través del núcleo y a través de la al menos una piel de refuerzo mediante la aplicación de un vacío al conjunto de pala, y curar la resina para formar la pala de rotor.

40 Diversos aspectos y realizaciones de la presente invención se describirán ahora en conexión con los dibujos adjuntos, en los cuales:

La figura 1 es una ilustración esquemática en alzado lateral de una configuración ejemplar de una turbina eólica.

45 La figura 2 es una ilustración esquemática lateral de la pala de rotor de turbina eólica que se muestra en la figura 1.

50 Un procedimiento para la fabricación de una pala de rotor de turbina eólica que utiliza una membrana microporosa se describe a continuación en detalle. La membrana microporosa prohíbe el paso de resinas, permitiendo al mismo tiempo que el gas pase a su través. Esto permite aplicar un vacío a toda la pala de rotor en lugar de periféricamente, como en los procesos conocidos. La membrana microporosa facilita también un frente de flujo controlado y elimina cualquier traza de seguimiento del flujo de resina. El tiempo de ciclo junto con el tiempo de trabajo se reduce, junto con una reducción en el coste de los materiales consumibles del proceso. El uso de la membrana microporosa proporciona una mejor calidad de la pala; por ejemplo, un menor contenido de huecos y relaciones optimizadas de fibra de refuerzo y resina.

55 Haciendo referencia a los dibujos, la figura 1 es una ilustración esquemática en alzado lateral de una turbina eólica 100, tal como, por ejemplo, una turbina eólica de eje horizontal. La turbina eólica 100 incluye una torre 102 que se

extiende desde una superficie de soporte 104, una góndola 106 montada sobre una bancada 108 de la torre 102, y un rotor 110 acoplado a la góndola 106. El rotor 110 incluye un buje 112 y una pluralidad de palas 114 de rotor acopladas al buje 112. En la realización ejemplar, el rotor 110 incluye tres palas 114 de rotor. En una realización alternativa, el rotor 110 incluye más o menos de tres palas 114 de rotor. En la realización ejemplar, la torre 102 se fabrica a partir de acero tubular e incluye una cavidad 120 que se extiende entre la superficie de soporte 104 y la góndola 106. En una realización alternativa, la torre 102 es una torre de celosía.

Varios componentes de la turbina eólica 100, en la realización ejemplar, están alojados en la góndola 106 encima de la torre 102 de la turbina eólica 100. La altura de la torre 102 se selecciona en base a factores y condiciones conocidas en la técnica. En algunas configuraciones, uno o más microcontroladores en un sistema de control se utilizan para el control general del sistema y de control que incluye la regulación del paso y de la velocidad, la aplicación del eje de alta velocidad y del freno de guiñada, la aplicación de la guiñada y la bomba del motor y la monitorización de fallos. Arquitecturas de control alternativas distribuidas o centralizadas se utilizan en realizaciones alternativas de la turbina eólica 100. En la realización ejemplar, los pasos de las palas 114 se controlan individualmente. El buje 112 y las palas 114 giran juntas con el rotor 110 de la turbina eólica. La rotación del rotor 110 hace que un generador (no mostrado en las figuras) produzca energía eléctrica.

En uso, las palas 114 están colocadas alrededor del buje 112 del rotor para facilitar la rotación del rotor 110 para transferir la energía cinética del viento en energía mecánica utilizable. A medida que el viento golpea en las palas 114, y cuando las palas 114 giran y se someten a fuerzas centrífugas, las palas 114 son sometidas a diversos momentos de flexión. Como tales, las palas 114 se desvían y/o giran de una posición neutra o no desviada a una posición desviada. Por otra parte, un ángulo de paso de las palas 114 se puede cambiar mediante un mecanismo de cabeceo (no mostrado) para facilitar el aumento o la disminución de la velocidad de la pala 114, y para facilitar la reducción del golpeo de la torre 102.

Con referencia también a la figura 2, la pala 114 incluye un núcleo 120 que se forma a partir de una espuma polimérica, madera, y/o un nido de abeja de metal. Un larguero principal 122 y un larguero de extremo 124 están incrustados en el núcleo 120. Ejemplos de espumas poliméricas adecuadas incluyen, pero no se limitan a, espumas de PVC, espumas de poliolefina, espumas epoxi, espumas de poliuretano, espumas de poliisocianurato, y sus mezclas. El núcleo 120 está envuelto con al menos una piel de refuerzo 126. Cada piel de refuerzo 126 se forma a partir de una estera de fibras de refuerzo. Particularmente, la estera es estera tejida de fibras de refuerzo o una estera no tejida de fibras de refuerzo. Ejemplos de fibras de refuerzo adecuadas incluyen, pero no se limitan a, fibras de vidrio, fibras de grafito, fibras de carbono, fibras poliméricas, fibras cerámicas, fibras de aramida, fibras de kenaf, fibras de yute, fibras de lino, fibras de cáñamo, fibras celulósicas, fibras de sisal, fibras de coco y sus mezclas.

Una resina se infunde en el núcleo 120 y en la piel de refuerzo 126 para proporcionar integridad y resistencia a la pala 114. Ejemplos de resinas adecuadas incluyen, pero no se limitan a, resinas de éster de vinilo, resinas epoxi, resinas de poliéster, y mezclas de las mismas. Una membrana microporosa 128 se aplica a la superficie exterior de la pala 114 para facilitar el proceso de infusión de resina. La resina se introduce en el núcleo 120 bajo un vacío. El vacío hace que la resina fluya a través del núcleo 120 y de la piel de refuerzo 126. La membrana microporosa 128 permite que el aire se desplace por la resina para escapar del núcleo 120 y de la piel de refuerzo 126. Sin embargo, la membrana microporosa 128 no permite que la resina pase a través de la membrana 128. La membrana microporosa 128, en una realización ejemplar, tiene un tamaño medio de poro de aproximadamente 0,01 micrómetros ( $\mu$ ) a aproximadamente 10  $\mu$ , y en otra realización, desde aproximadamente 0,1  $\mu$  a aproximadamente 5  $\mu$ . La membrana microporosa 128 se forma a partir de, por ejemplo, politetrafluoretileno, poliolefina, poliamida, poliéster, polisulfona, poliéter, polímeros acrílicos y metacrílicos, poliestireno, poliuretano, polipropileno, polietileno, polifenilensulfona, y mezclas de los mismos. En una realización, la membrana microporosa 128 también incluye un material de soporte laminado en una superficie. El material de soporte se forma a partir de fibras poliméricas, por ejemplo, fibras de poliéster, fibras de nylon, fibras de polietileno y mezclas de las mismas. Un material transportador 129 de aire se coloca sobre la membrana microporosa 128 para ayudar en la desgasificación del núcleo, al permitir que el aire desplazado por la resina infundida se escape a la atmósfera. El material transportador 129 de aire puede formarse a partir de cualquier material de malla adecuado, por ejemplo, una malla de polietileno.

En la realización ejemplar, el núcleo 120 incluye una pluralidad de ranuras 130 para facilitar el flujo de la resina a través del núcleo 120. En realizaciones alternativas, el núcleo 120 no incluye ranuras 130.

Para formar la pala 114 del rotor, unas pieles de refuerzo 126 se envuelven alrededor del núcleo 120 para formar un subconjunto de pala 131 que se coloca a continuación en un molde 132. En realizaciones alternativas no se utiliza el molde 132. Una conexión de entrada 134 de infusión de resina está situada adyacente a la piel de refuerzo 126 exterior. La membrana microporosa 128 se coloca entonces sobre la piel de refuerzo exterior 126 y la conexión de entrada de infusión de resina. El material transportador 129 de aire se coloca entonces sobre la membrana microporosa 128, y una conexión al vacío 136 se coloca adyacente al material transportador 129 de aire. Una película al vacío 138 formada a partir de un material adecuado, por ejemplo, una poliamida, se coloca sobre el material transportador 129 de aire con conexión al vacío que se extiende a través de la película al vacío 138. La resina se introduce en el núcleo 120 y en las pieles de refuerzo 126 a través de la conexión de entrada 134, mientras que el vacío se establece a través de la conexión al vacío 136. El vacío facilita el flujo de la resina e infunde la resina en el núcleo 120 y en las pieles de refuerzo 126. La membrana microporosa 128 impide que la resina fluya lejos de

núcleo 120 y de las pieles de refuerzo 126, permitiendo al mismo tiempo que el aire desplazado por la resina infundida escape a la atmósfera. La resina se cura entonces y la conexión de entrada 134 de resina, la conexión al vacío 136, el material transportador 129 de aire, y la película al vacío 138 se retiran de la pala 114.

- 5 Aunque la invención ha sido descrita en términos de varias realizaciones específicas, los expertos en la técnica reconocerán que la invención puede practicarse con modificaciones dentro del alcance de las reivindicaciones.

**Lista de partes**

- turbina eólica 100
- torre 102
- superficie de soporte 104
- 10 góndola 106
- bancada 108
- rotor 110
- buje 112
- palas del rotor 114
- 15 núcleo 120
- larguero principal 122
- larguero de extremo 124
- piel de refuerzo 126
- membrana microporosa 128
- 20 material transportador de aire 129
- ranuras 130
- subconjunto de pala 131
- molde 132
- conexión de entrada de infusión de resina 134
- 25 conexión al vacío 136
- película al vacío 138

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de fabricación de una pala (144) de rotor de turbina (100) eólica, que comprende:
- proporcionar un núcleo (120);
  - 5 aplicar al menos una piel de refuerzo (126) al núcleo, comprendiendo cada piel de refuerzo una estera de fibras de refuerzo para formar un subconjunto de pala (131);
  - aplicar una membrana microporosa (128) sobre la al menos una piel de refuerzo;
  - aplicar una película al vacío (138) sobre la membrana microporosa;
  - 10 introducir una resina polimérica en el núcleo entre el elemento microporoso y la al menos una piel de refuerzo;
  - 10 infundir la resina a través del núcleo y a través de la al menos una piel de refuerzo mediante la aplicación de un vacío al subconjunto de pala; y
  - curar de la resina para formar la pala del rotor.
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la provisión de un núcleo (120) comprende proporcionar un núcleo que comprende una pluralidad de ranuras (130) para permitir que la resina fluya a través del núcleo.
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que las fibras de refuerzo comprenden al menos una de entre fibras de vidrio, fibras de grafito, fibras de carbono, fibras de aramida, fibras cerámicas, fibras de kenaf, fibras de yute, fibras de lino, fibras de cáñamo, fibras celulósicas, fibras de sisal y fibras de coco.
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, que comprende además la aplicación de una capa de material transportador (129) de aire entre la película al vacío (138) y la membrana microporosa (128).
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la resina comprende al menos una de resinas de éster de vinilo, resinas epoxi, y resinas de poliéster.
6. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que el núcleo (120) comprende al menos uno de una espuma polimérica, madera, y un nido de abeja de metal.
7. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la membrana microporosa (128) comprende al menos uno de politetrafluoretileno, poliolefina, poliamida, poliéster, polisulfona, poliéter, polímeros acrílicos y metacrílicos, poliestireno, poliuretano, polipropileno, polietileno, y polifenileno sulfona.
8. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que dicha membrana microporosa (128) comprende una pluralidad de poros que tienen un diámetro medio de aproximadamente 0,01  $\mu$  a aproximadamente 10  $\mu$ .
9. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que dicha membrana microporosa (128) comprende una pluralidad de poros que tienen un diámetro medio de aproximadamente 0,1  $\mu$  a aproximadamente 5  $\mu$ .
10. Un procedimiento de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en el que la membrana microporosa (128) comprende un material de soporte sobre una superficie.

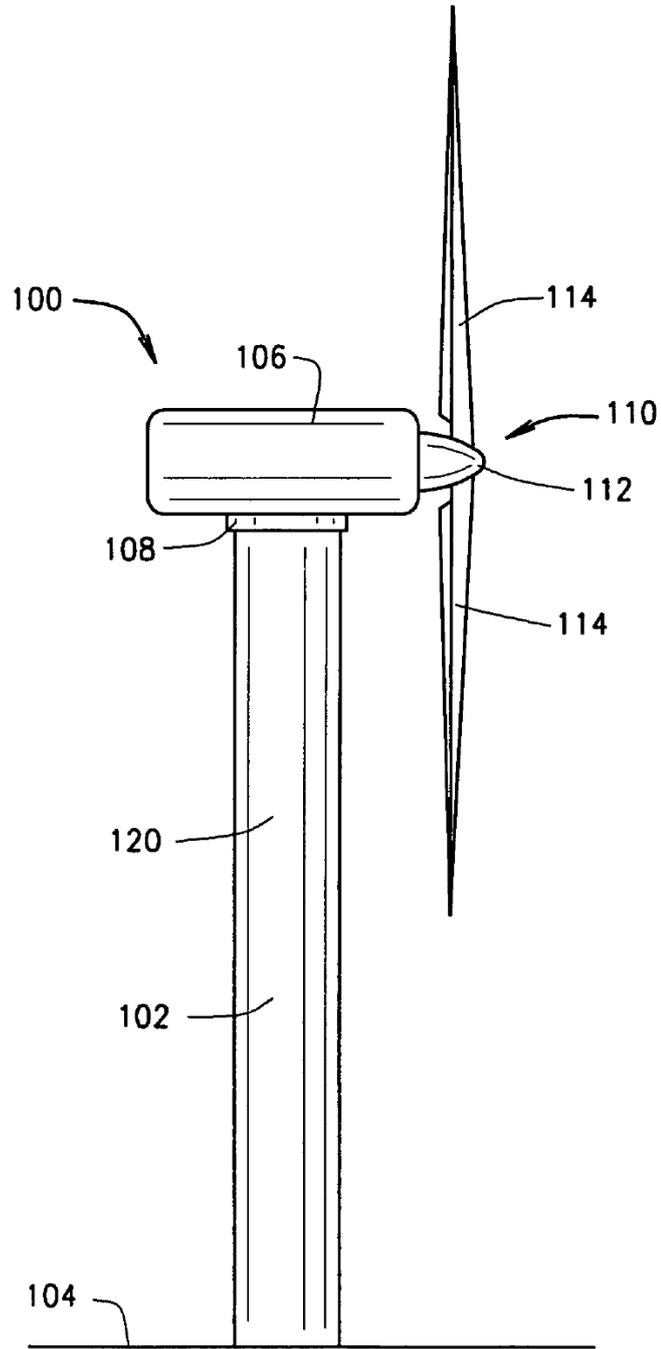


FIG. 1

