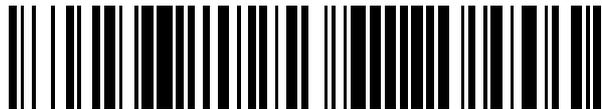


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 620 787**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.11.2010 E 10191829 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.02.2017 EP 2357358**

54 Título: **Pala del rotor de una turbina eólica**

30 Prioridad:

01.12.2009 US 628575

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

29.06.2017

73 Titular/es:

**GENERAL ELECTRIC COMPANY (100.0%)
1 River Road
Schenectady, NY 12345, US**

72 Inventor/es:

**BABU, ACHUTHAN;
TRIPATHI, SACHIN K. y
AKHTAR, AFROZ**

74 Agente/Representante:

CARPINTERO LÓPEZ, Mario

ES 2 620 787 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**Pala del rotor de una turbina eólica**

Las formas de realización descritas en la presente memoria se refieren, en general, a una pala de rotor de turbina eólica y, más concretamente, a un sistema de larguero de refuerzo para una pala de rotor de turbina eólica.

5 Al menos algunas palas conocidas de rotor de turbinas eólicas incluyen dos porciones de carcasa de pala de polímero reforzado con fibras. Las porciones de carcasa de las palas son moldeadas y a continuación acopladas entre sí a lo largo de unos bordes cooperantes que utilizan un material adhesivo apropiado. Las porciones de carcasa de las palas típicamente incluyen unas paredes de panel que son fabricadas utilizando fibras apropiadas distribuidas de manera uniforme, haces de fibras o mats de fibras en capas de una pieza de moldeo. Sin embargo, las paredes del panel son relativamente ligeras y tienen únicamente una rigidez escasa. Por tanto, el atirantamiento y la rigidez, así como la resistencia al pandeo de las paredes del panel no soportarán las cargas y las fuerzas ejercidas sobre la pala del rotor durante su operación. Para incrementar la resistencia de la pala del rotor, las porciones de carcasa de la pala son reforzadas por largueros de refuerzo laminados sobre la superficie interna de las porciones de carcasa de la pala. Típicamente, los largueros de refuerzo se extienden sustancialmente a lo largo de una extensión longitudinal de la pala del rotor. Al menos algunas palas del rotor conocidas incluyen largueros de refuerzo con anchuras en sección transversal simétricas y áreas en sección transversal aproximadamente iguales. Al menos algunos de los largueros de refuerzo conocidos son fabricados a partir de un material de vidrio apropiado.

El documento DE 10 2008 055 540 divulga una pala con largueros de refuerzo.

Las cargas en el sentido de batida del viento, que provocan que la punta de la pala del rotor se desvíe hacia la torre de la turbina eólica, son transferidas a lo largo de la pala del rotor sobre todo a través de los largueros de refuerzo. Así mismo, en los últimos años con una longitud continuamente creciente de las palas del rotor de las turbinas eólicas, satisfacer las exigencias de rigidez, es un problema importante en el diseño estructural de la pala del rotor. Estrictamente hablando, los diseños de palas convencionales son o bien sobrerreforzados provocando un diseño más pesado o bien sobrerigidizados provocando aumentos de coste en el diseño. Así mismo, los diseños de palas de rotor convencionales incluyen unas paredes de panel más gruesas y / o unas longitudes de pared de panel de mayor tamaño para que las paredes del panel sean comparativamente más costosas que los largueros de refuerzo. Al menos algunas palas de rotor de turbina eólica conocidas incluyen paredes de panel que están fabricadas a partir de un material de balsa apropiado, relativamente más costoso que el material de larguero de refuerzo.

En otro aspecto, se proporciona una pala del rotor para su uso en una turbina eólica. La pala de rotor incluye una primera sección de pala que incluye al menos una primera pared de panel. Una segunda sección de pala incluye al menos una segunda pared de panel y está acoplada a la primera sección de pala para formar la pala del rotor. Un primer larguero de refuerzo está acoplado a la primera sección de pala y tiene una primera anchura en el sentido de la cuerda. Un segundo larguero de refuerzo acoplado a la segunda sección de pala y presenta una segunda anchura en el sentido de la cuerda mayor que la primera anchura en el sentido de la cuerda.

En otro aspecto adicional, se proporciona una turbina eólica. La turbina eólica incluye una torre, una góndola acoplada a la torre, un buje acoplado en rotación a la góndola y al menos una pala del rotor acoplada al buje. La pala del rotor incluye una primera sección de la pala que incluye al menos una primera pared de panel. Una segunda sección de la pala incluye al menos una segunda pared de panel y está acoplada a la primera sección de la pala para formar la pala del rotor. Un primer larguero de refuerzo está acoplado a la primera sección de la pala y tiene una primera anchura en el sentido de la cuerda. Un segundo larguero de refuerzo acoplado a la segunda sección de la pala y tiene una segunda anchura en el sentido de la cuerda mayor que la primera anchura en el sentido de la cuerda.

Las formas de realización descritas en la presente memoria facilitan el ensamblaje de una pala de rotor que satisface las exigencias de rigidez y deflexión de las palas del rotor con una longitud reducida de una pared de panel. Más concretamente, la pala del rotor descrita en la presente memoria incluye unos largueros de refuerzo que incluyen unas anchuras en sección transversal asimétricas con unas áreas en sección transversal aproximadamente iguales que proporcionan una suficiente rigidez de la pala que permite que la pala del rotor tenga una deflexión apropiada de la punta respecto de las palas de rotor convencionales. Así mismo, incorporando unos largueros de refuerzo con anchuras asimétricas, se requiere que se incluya una cantidad reducida de material de panel costoso en una sección de pala, reduciendo con ello los costes globales de la fabricación de la pala del rotor.

Las Figuras 1 - 9 muestran formas de realización ejemplares de los sistemas y procedimientos descritos en la presente memoria, en los que:

La Figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica ejemplar.

La Figura 2 es una vista en sección de una pala del rotor ejemplar apropiada para su uso en la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

La Figura 3 es una vista en sección transversal de la pala del rotor ejemplar mostrada en la Figura 2.

Las Figuras 4 - 6 son vistas en sección transversal de formas de realización alternativas de palas del rotor apropiadas para su uso en la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

La Figura 7 es una vista en sección de una pala del rotor alternativa apropiada para su uso en la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

5 La Figura 8 es una vista en sección transversal de la pala del rotor mostrada en la Figura 7.

La Figura 9 es un diagrama de flujo de un procedimiento ejemplar para el ensamblaje de una pala del rotor apropiada para su uso en la turbina eólica mostrada en la Figura 1.

10 Las formas de realización descritas en la presente memoria incluyen una turbina eólica que incluye al menos una pala del rotor que incluye una pared de panel con una longitud menor que una longitud de la pared de panel de una pala del rotor convencional. Más concretamente, en una forma de realización, la pala del rotor descrita en la presente memoria incluye unos largueros de refuerzo que tienen unas anchuras en sección transversal asimétricas con unas áreas en sección transversal aproximadamente iguales que permiten que la pala del rotor tenga unas rigidez y deflexión de punta similares a las de las palas del rotor convencionales, que incluyen una pared de panel con una mayor longitud, incluyen unos largueros de refuerzo con unas anchuras en sección transversal asimétricas.

15 La Figura 1 es una vista en perspectiva de una turbina 10 eólica ejemplar. En la forma de realización ejemplar, la turbina 10 eólica es una turbina eólica con un eje geométrico horizontal. Como alternativa, la turbina 10 eólica puede ser una turbina eólica con eje geométrico vertical. En la forma de realización ejemplar, la turbina 10 eólica incluye una torre 12 que se extiende desde una superficie 14 de soporte, una góndola 16 montada sobre la torre 12 y un rotor 18 que está acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje 20 rotatorio y al menos una pala 22 del rotor acoplada a y que se extiende hacia fuera desde el buje 20. En la forma de realización ejemplar, el rotor 18 incorpora tres palas 22 del rotor. En una forma de realización alternativa, el rotor 18 incluye más o menos de tres palas 22 del rotor. En la forma de realización ejemplar, la torre 12 está fabricada a partir de un acero tubular de forma que se define una cavidad (no mostrada en la Figura 1) entre la superficie 14 de soporte y la góndola 16. En una forma de realización alternativa, la torre 12 es una torre de cualquier tipo apropiado que tenga una altura adecuada.

20 Las palas 22 del rotor están separadas alrededor del buje 20 para facilitar que el rotor 18 rote. Las palas 22 del rotor incluyen una porción 24 de la raíz de las palas y una porción 26 de punta de las palas, y están acopladas al buje 20 mediante la porción 24 de la raíz de las palas al buje 20 en una pluralidad de zonas 27 de transferencia de las cargas. Las zonas 27 de transferencia de las cargas presentan una zona de transferencia de las cargas del buje y una zona de transferencia de las cargas de las palas (ambas no mostrada en la Figura 1). Las cargas inducidas por las palas 22 del rotor son transferidas al buje 20 por las zonas 27 de transferencia de las cargas.

25 En la forma de realización ejemplar, las palas 22 del rotor tienen una longitud L_1 que se extiende desde la porción 24 de la raíz de las palas hasta la porción 26 de la punta de las palas. En una forma de realización, la longitud L_1 oscila entre aproximadamente 15 metros (m) hasta aproximadamente 91 m. Como alternativa, las palas 22 del rotor pueden tener cualquier longitud apropiada que permita que la turbina 10 eólica funcione como se describe en la presente memoria. Por ejemplo, otros ejemplos no limitativos de longitudes de pala incluyen 10 m o menos, 20 m, y 37 m, o una longitud que sea menor de 91 m. Cuando el viento golpea las palas 22 del rotor desde una dirección 28, el rotor 18 es rotado alrededor de un eje geométrico de rotación 30. Cuando las palas 22 del rotor son rotadas y sometidas a fuerzas centrífugas, las palas 22 del rotor también quedan sometidas a diversas fuerzas y momentos. Estrictamente hablando, las palas 22 del rotor pueden desviarse y / o rotar desde una posición neutro, o no desviada, hasta una posición desviada. Un sistema 32 de ajuste del paso hace rotar las palas 22 del rotor alrededor de un eje geométrico 34 del paso para ajustar una orientación de las palas 22 del rotor con respecto a la dirección 28 del viento. Una velocidad de rotación del rotor 18 puede ser controlada ajustando la orientación de al menos una pala 22 del rotor con respecto a los vectores del viento. En la forma de realización ejemplar, un paso de cada pala 22 del rotor es controlado individualmente por un sistema 36 de control. Como alternativa, el paso de pala para todas las palas 22 del rotor puede ser controlado simultáneamente por el sistema 36 de control. Así mismo, en la forma de realización ejemplar, cuando la dirección 28 cambia, una dirección de guiñada de la góndola 16 puede ser controlada alrededor de un eje geométrico 38 de guiñada para posicionar las palas 22 del rotor con respecto a la dirección 28.

30 La Figura 2 es una vista en sección de una pala 100 del rotor apropiada para su uso en la turbina 10 eólica. La Figura 3 es una vista en sección transversal de una pala 100 del rotor ejemplar a lo largo de la línea 3 - 3 en sección en el sentido de la cuerda en la Figura 2. Idénticos componentes ilustrados en la Figura 3 se marcan con los mismos números de referencia utilizados en la Figura 2. La pala 100 del rotor incluye un primer o extremo 102 de la raíz configurado para facilitar el montaje de la pala 100 del rotor con el buje 20 y un segundo extremo 104 o punta del extremo 102 de la raíz opuesto. Un cuerpo 106 de la pala 100 del rotor se extiende entre el extremo 102 de la raíz y el extremo 104 de la punta y a lo largo del eje geométrico 107 longitudinal. En una forma de realización, la pala 100 del rotor incluye una primera sección 108 de la pala, como por ejemplo una sección de la pala lateral de aspiración y una segunda sección 110 de la pala opuesta (mostrada en la Figura 3), por ejemplo una sección de la pala lateral de presión, acoplada a una primera sección 108 de la pala para formar la pala 100 del rotor. Un larguero 114 está acoplado a y se extiende entre la primera sección 108 de la pala y una segunda sección 110 de la pala. En la forma

de realización ejemplar, el larguero 114 se extiende casi hasta la total extensión longitudinal de la pala 100 del rotor. Como alternativa, el larguero 114 se extiende al menos parcialmente a lo largo de la extensión longitudinal de la pala 100 del rotor. Según se utiliza en la presente memoria el término "extensión longitudinal" se refiere a una extensión del cuerpo 106 a lo largo del eje geométrico 107 longitudinal de la pala 100 del rotor.

5 Con referencia a la Figura 3, en la forma de realización ejemplar, la pala 100 del rotor incluye una primera pared lateral 120 o de aspiración y una segunda pared lateral 122 cooperante o de presión. La pared lateral 122 de presión está acoplada a la pared lateral 120 de aspiración a lo largo de un borde 124 de ataque y a lo largo de un borde 126 de salida opuesto. La pared lateral 120 de aspiración y la pared lateral 122 de presión están acopladas entre sí para definir una cavidad 128 entre la pared lateral 120 de aspiración y la pared lateral 122 de presión. Concretamente, la
 10 cavidad 128 está limitada al menos en parte por una superficie 130 interna de la pared lateral 120 de aspiración y por una superficie 132 interna de la pared lateral 122 de presión. Un revestimiento 134 de la pala está acoplado a una superficie 136 externa de la pared lateral de presión y a una superficie 138 exterior de la pared lateral de aspiración para formar la pala 100 del rotor que define un contorno de la pala 100 del rotor como se muestra en las vistas en sección transversal. El larguero 114 está situado dentro de la cavidad 128 y se extiende entre la pared
 15 lateral 122 de presión y la pared lateral 120 de aspiración. El larguero 114 incluye un primer larguero de refuerzo 142 o de aspiración, un segundo larguero de refuerzo 144 o lateral de presión y al menos una banda de cizalla 146 que se extiende entre el larguero de refuerzo 142 lateral de aspiración y el larguero de refuerzo 144 lateral de presión. Un casquete 148 de unión del morro está acoplado a la pared lateral 120 de aspiración y a la pared lateral 122 de presión para formar el borde 124 de ataque. Un casquete 150 de unión del borde de salida está acoplado a la pared
 20 lateral 120 de aspiración y a la pared lateral 122 de presión para formar el borde 126 de salida.

En la forma de realización ejemplar, la pared lateral 120 de aspiración incluye un panel 152 del borde de salida del lado de aspiración acoplado al larguero de refuerzo 142 lateral de aspiración y a un panel 154 del borde de ataque del lado de la aspiración acoplado al larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración. El panel 152 del borde de salida del lado de la aspiración está acoplado al casquete 150 de unión del borde de salida y se extiende entre el
 25 casquete 150 de unión del borde de salida y el larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración. El panel 154 del borde de ataque del lado de la aspiración está acoplado al casquete 148 de unión del morro y se extiende entre el casquete 148 de unión del morro y el larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración.

La pared lateral 122 de presión incluye un panel 156 del borde de salida del lado de la presión y un panel 158 del borde de ataque del lado de la presión. El panel 156 del borde de salida del lado de la presión está acoplado al larguero de refuerzo 144 del lado de la presión y se extiende entre el larguero de refuerzo 144 del lado de la presión y el casquete 150 de unión del borde de salida. El panel 158 del borde de ataque del lado de la presión está acoplado al larguero de refuerzo 144 del lado de la presión y se extiende entre el larguero de refuerzo 144 del lado de la presión y el casquete 148 de unión del morro.

El larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración y el larguero de refuerzo 144 del lado de la presión incluyen cada uno un área en sección transversal igual a un producto de un grosor en el sentido de la cuerda y a una anchura en el sentido de la cuerda medidas a lo largo de un eje geométrico 160 neutro que se extiende desde el borde 124 de ataque hasta el borde 126 de salida. En la forma de realización ejemplar, el larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración presenta una primera área 162 en sección transversal. El larguero de refuerzo 144 del lado de la presión presenta una segunda área 164 en sección transversal que es aproximadamente igual a la primera área 162 en sección transversal. El larguero de refuerzo 142 lateral de la aspiración presenta además una primera anchura 166 en el sentido de la cuerda y un primer grosor 168 máximo en el sentido de la cuerda. El larguero de refuerzo 144 lateral de la presión presenta una segunda anchura 170 en el sentido de la cuerda más larga que la primera anchura 166 en el sentido de la cuerda, y un segundo grosor 172 máximo en el sentido de la cuerda inferior al primer grosor 168 máximo en el sentido de la cuerda.

45 En la forma de realización ejemplar, el larguero de refuerzo 142 lateral de la aspiración presenta una superficie 174 interna que está situada a una primera distancia d_1 del eje geométrico 160 neutro de la pala del rotor. El larguero de refuerzo 144 lateral de la presión presenta una superficie 176 interna que está situada a una segunda distancia d_2 del eje geométrico 160 neutro mayor que la primera distancia d_1 . La segunda distancia d_2 mayor permite que el larguero de refuerzo 144 lateral de la presión compense una rigidez disminuida como resultado de un grosor 172 del
 50 lado de la cuerda máximo más corto en comparación con el grosor 168 del lado de la cuerda máximo del larguero de refuerzo lateral de la aspiración.

Uno o más listones 178 centrales del lado de la aspiración están acoplados al larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración, al panel 152 del borde de salida del lado de la aspiración y / o al panel 154 del borde de ataque del lado de la aspiración para proporcionar una transición de superficie suave entre la superficie 174 interna del larguero de refuerzo del lado de la aspiración y una superficie 180 interna del panel 154 del borde de ataque del lado de la aspiración, y entre la superficie 174 interna y una superficie 182 interna del panel 152 del borde de salida del lado de la aspiración. Uno o más listones 184 centrales del lado de la presión están acoplados al larguero de refuerzo 144 del lado de la presión en el panel 158 del borde de ataque del lado de la presión y / o en el panel 156 del borde de salida del lado de la presión para proporcionar una transición de superficie suave entre la superficie 176 interna del larguero de refuerzo 144 del lado de la presión y una superficie 186 interna del panel 158 del borde de ataque del
 60 lado de la presión, y entre la superficie 176 interna y una superficie 188 interna del panel 156 del borde de salida del

lado de la presión. En la forma de realización ejemplar, los listones 178 centrales del lado de la aspiración presentan un tercer grosor 190 en el sentido de la cuerda máximo. Los listones 184 centrales del lado de la presión presentan un cuarto grosor 192 máximo del lado de la cuerda que es inferior al tercer grosor 190 máximo en el sentido de la cuerda.

5 Las Figuras 4 - 6 son vistas en sección transversal de formas de realización alternativas de la pala 100 del rotor. Idénticos componentes ilustrados en las Figuras 4 - 6 se indican con los mismos números de referencia utilizados en la Figura 3. Con referencia a la Figura 4, en una forma de realización alternativa, el área 162 en sección transversal del larguero de refuerzo lateral de la aspiración es aproximadamente igual al área 164 en sección transversal del larguero de refuerzo del lado de la presión. El larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración presenta una anchura 194 en el sentido de la cuerda y un larguero de refuerzo 144 lateral de la presión presenta una anchura 196 en el sentido de la cuerda. El larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración presenta un grosor 198 máximo en el sentido de la cuerda y un larguero de refuerzo 144 lateral de la presión presenta un grosor 200 máximo en el sentido de la cuerda. En esta forma de realización alternativa, la anchura 194 en el sentido de la cuerda del larguero de refuerzo del lado de la aspiración es mayor que la anchura 196 en el sentido de la cuerda del larguero de refuerzo del lado de la presión, y el grosor 198 en el sentido de la cuerda máximo del larguero de refuerzo del lado de la aspiración es inferior al grosor 200 en el sentido de la cuerda máximo del larguero de refuerzo lateral de la presión. Así mismo, los listones 178 centrales del lado de la aspiración presentan un grosor 202 inferior a un grosor 204 que los listones 184 centrales del lado de la presión.

20 Con referencia a la Figura 5, en una forma de realización alternativa adicional, el larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración es sustancialmente simétrico con el larguero de refuerzo 144 lateral de la presión. Cada uno de los largueros de refuerzo 142 del lado de la aspiración y 144 del lado de la presión incluye una anchura 206 y un grosor 208 máximo en el sentido de la cuerda que son aproximadamente iguales entre sí. En esta forma de realización alternativa, un tercer larguero 210 de refuerzo está acoplado a la pared lateral 122 de la presión en un panel 156 del borde de salida del lado de la presión. La adición del tercer larguero de refuerzo 210 durante el ensamblaje de la pala 100 del rotor permite que una longitud del panel 156 del borde de salida del lado de la presión se acorte en comparación con la mayor longitud y los largueros de refuerzo con las anchuras en sección transversal simétricas. Como alternativa, el tercer larguero de refuerzo 210 está acoplado a la pared lateral 120 de aspiración en el panel 152 del borde de salida del borde de la aspiración-

30 Con referencia a la Figura 6, en una forma de realización alternativa adicional, el larguero de refuerzo 142 del lado de la aspiración es sustancialmente simétrico con el larguero de refuerzo 144 del lado de la presión. En esta forma de realización, el tercer larguero de refuerzo 210 está acoplado a la pared lateral 122 de la presión en un panel 158 del borde de ataque del lado de la presión. La adición del tercer larguero de refuerzo 210 durante el ensamblaje de la pala 100 del rotor permite que una longitud del panel 158 del borde de ataque del lado de la presión se acorte en comparación con las palas del rotor convencionales. Como alternativa, el tercer larguero de refuerzo 210 está acoplado a la pared lateral 120 de la aspiración en el panel 154 del borde de ataque del lado de la aspiración, lo que permite que una longitud del panel 154 del borde de ataque del lado lateral de la aspiración se reduzca.

40 La Figura 7 es una vista en sección de una pala 300 del rotor alternativa. La Figura 8 es una vista en sección transversal de la pala 300 del rotor a lo largo de la línea 8 - 8 en sección del sentido de la cuerda de la Figura 7. Idénticos componentes ilustrados en la Figura 8 son designados con los mismos números de referencia utilizados en la Figura 7. En esta forma de realización alternativa, la pala 300 del rotor incluye un larguero 302 que se extiende desde un extremo 304 de la raíz hacia un extremo 306 de la punta, extendiéndose sustancialmente a lo largo de la total extensión longitudinal de la pala 300 del rotor. El larguero 302 incluye un larguero de refuerzo 308 lateral de la aspiración y un larguero de refuerzo 310 del lado de la presión. Cada larguero de refuerzo 308 del lado de la aspiración y 310 del lado de la presión incluye una primera 312 o porción de la raíz situada en o cerca del extremo 304 de la raíz de la pala del rotor, y una segunda o porción 314 de la punta situada en o cerca del extremo 306 de la punta de la pala del rotor. La porción 312 de la raíz presenta una primera anchura 318 en el sentido de la cuerda. La porción 314 de la punta presenta una segunda anchura 320 en el sentido de la cuerda inferior al primer grosor 318 en el sentido de la cuerda. En esta forma de realización, el larguero 302 incluye una anchura escalonada que se extiende desde el extremo 304 de la raíz de la pala del rotor hasta el extremo 306 de la punta de la pala del rotor a lo largo de la extensión longitudinal de la pala 300 del rotor. Como alternativa, el larguero 302 incluye una anchura ahusada que se extiende desde el extremo 304 de la raíz de la pala del rotor hasta el extremo 306 de la punta de la pala del rotor a lo largo de la extensión longitudinal de la pala 300 del rotor.

55 La Figura 9 es un diagrama de flujo de un procedimiento 400 ejemplar que no forma parte de la reivindicación reivindicada para ensamblar la pala 100 de la turbina eólica. El procedimiento 400 incluye un acoplamiento 402, un primer larguero de refuerzo 402 con una o más paredes de panel para formar una primera sección 120 de la pala. Un segundo larguero de refuerzo 144 está acoplado 404 a una o más paredes de panel para formar la segunda sección 122 de la pala. La primera sección 120 de la pala está acoplada 406 a la segunda sección 122 de la pala para formar la pala 100 del rotor. El tercer larguero de refuerzo 210 está opcionalmente acoplado 408 a una o más paredes de panel al tiempo que forma la primera sección de la pala o la segunda sección 122 de la pala.

60 Los sistemas y procedimientos anteriormente descritos facilitan el ensamblaje de una pala del rotor que satisface las exigencias de rigidez y deflexión de las palas del rotor convencionales con una longitud reducida de la pared del

5 panel. Las paredes del panel son típicamente más costosas de fabricar que los largueros de refuerzo e incluyen un material más costoso. Más concretamente, la pala del rotor descrita en la presente memoria incluye unos largueros de refuerzo que presentan unas anchuras en sección transversal asimétricas con unas áreas en sección transversal aproximadamente iguales que proporcionan una rigidez suficiente de la pala que permite que la pala del rotor tenga una deflexión de la punta apropiada similar a las palas del rotor convencionales y para satisfacer las exigencias de resistencia, dureza al doblado y dureza al pandeo de las palas del rotor de las turbinas eólicas conocidas. Así mismo, incorporando largueros de refuerzo con anchuras en sección transversal asimétricas, se requiere una cantidad disminuida de material de panel más costoso para su inclusión en la sección de pala, reduciendo de esta manera los costes globales de fabricación de la pala del rotor. Estrictamente hablando, el coste del ensamblaje de una turbina eólica se reduce de modo considerable.

10 Aunque características específicas de diversas formas de realización de la invención pueden mostrarse en unos dibujos y no en otros, esto es por razones de conveniencia únicamente. De acuerdo con los principios de la invención, cualquier característica de un dibujo puede ser referenciada y / o reivindicada en combinación con cualquier característica de cualquier otro dibujo.

15 La descripción escrita utiliza ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el modo preferente, y también para permitir que cualquier persona experta en la materia ponga en práctica la invención, incluyendo la realización y el uso de cualquier dispositivo o sistema y la ejecución de cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención se define por las reivindicaciones y puede incluir otros ejemplos que tengan presentes los expertos en la materia. Dichos otros ejemplos están destinados a incluirse en el alcance de las reivindicaciones si presentan elementos estructurales que no difieren del lenguaje literal de las reivindicaciones o si incluyen elementos estructurales equivalentes con diferencias no sustanciales respecto del lenguaje literal de las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 1.- Una pala (100, 300) del rotor para su uso en una turbina (10) eólica, comprendiendo la pala del rotor:
- una primera sección (108) de la pala que comprende al menos una primera pared del panel;
 - 5 una segunda sección (110) de la pala que comprende al menos una segunda pared del panel, estando dicha segunda sección de la pala acoplada a dicha primera sección de la pala para formar dicha pala del rotor;
 - un primer larguero de refuerzo (142) acoplado a dicha primera sección de la pala, presentando dicho primer larguero de refuerzo una primera anchura (166) en el sentido de la cuerda; y
 - 10 un segundo larguero de refuerzo (144) acoplado a dicha segunda sección de la pala, presentando dicho segundo larguero de refuerzo una segunda anchura (170) en el sentido de la cuerda mayor que la primera anchura en el sentido de la cuerda;
 - 15 en la que dicho primer larguero de refuerzo (142) presenta una primera área (162) en sección transversal en el sentido de la cuerda y dicho segundo larguero de refuerzo presenta una segunda área (164) en sección transversal en el sentido de la cuerda aproximadamente igual a la primera área en sección transversal en el sentido de la cuerda.
- 2.- Una pala (100, 300) del rotor de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dicha pala del rotor presenta un eje geométrico (160) neutro que se extiende entre un borde (124) de ataque y un borde (126) de salida de dicha pala del rotor, dicho primer larguero de refuerzo (142) está situado a una primera distancia del eje geométrico neutro, y dicho segundo larguero de refuerzo (144) está situado a una distancia del eje geométrico neutro mayor que dicha primera distancia.
- 20 3.- Una pala (100, 300) del rotor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en la que dicha pala del rotor incluye un borde (124) de ataque y un borde (126) de salida, dicha pala del rotor comprende además un tercer larguero de refuerzo (210) acoplado a una de dicha primera sección (108) de la pala y dicha segunda sección (110) de la pala adyacente al borde de ataque.
- 25 4.- Una pala (100, 300) del rotor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, en la que dicha pala del rotor incluye un borde (124) de ataque y un borde (126) de salida, dicha pala del rotor comprende además un tercer larguero de refuerzo (210) acoplado a una de dicha primera sección (108) de la pala y dicha segunda sección (110) de la pala adyacente al borde de salida.
- 5.- Una pala del rotor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende además:
- 30 al menos un primer listón (178) central acoplado a dicha primera sección (108) de la pala, presentando dicho primer listón central una primera anchura (166) en el sentido de la cuerda; y
 - al menos un segundo listón (184) central acoplado a dicha segunda sección (110) de la pala, presentando dicho segundo listón central una segunda anchura (170) en el sentido de la cuerda inferior a dicha primera anchura en el sentido de la cuerda.
- 35 6.- Una pala (100, 300) del rotor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente, que comprende además una porción (24) de la raíz y una porción (26) de la punta, extendiéndose dicho primer larguero de refuerzo (142) y dicho segundo larguero de refuerzo (144) desde dicha porción de la raíz hasta dicha porción de la punta, en la que la primera anchura (166) en el sentido de la cuerda y la segunda anchura (170) en el sentido de la cuerda son cada una más cortas en la porción de la punta que en dicha porción de la raíz.
- 40 7.- Una turbina (10) eólica que comprende:
- una torre (12);
 - una góndola (16) acoplada a dicha torre;
 - un buje (20) acoplado de forma rotatoria a dicha góndola; y
 - 45 al menos una pala (100, 300) del rotor acoplada a dicho buje, estando dicha pala del rotor de acuerdo con cualquier reivindicación precedente.

FIGURA 1

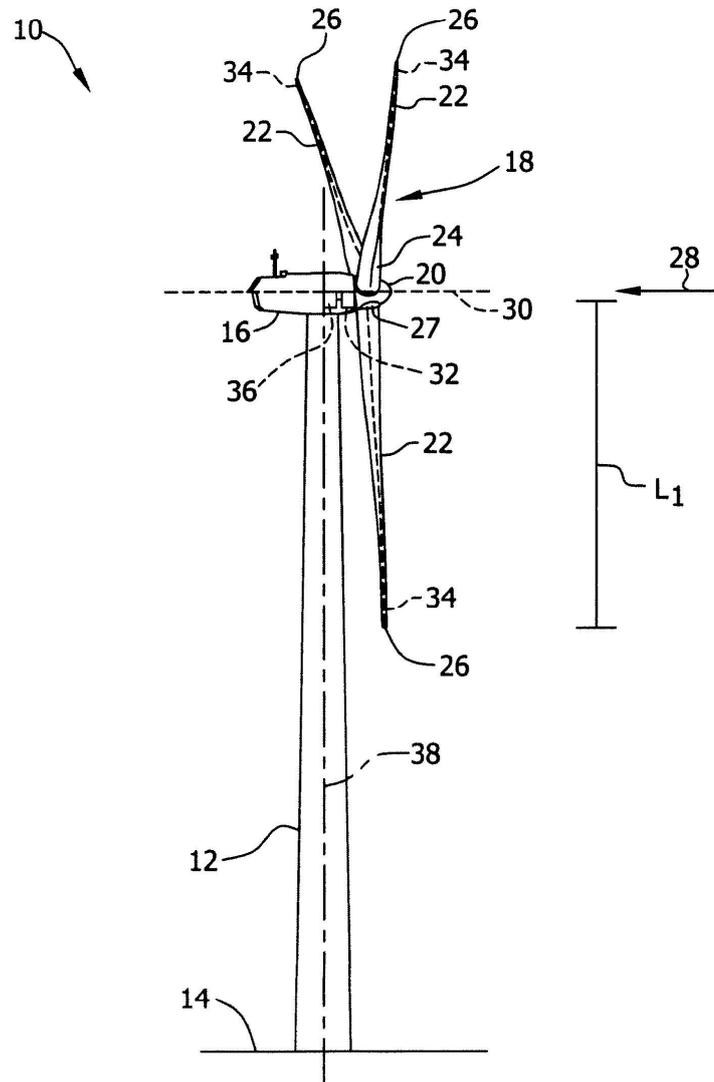


FIGURA 2

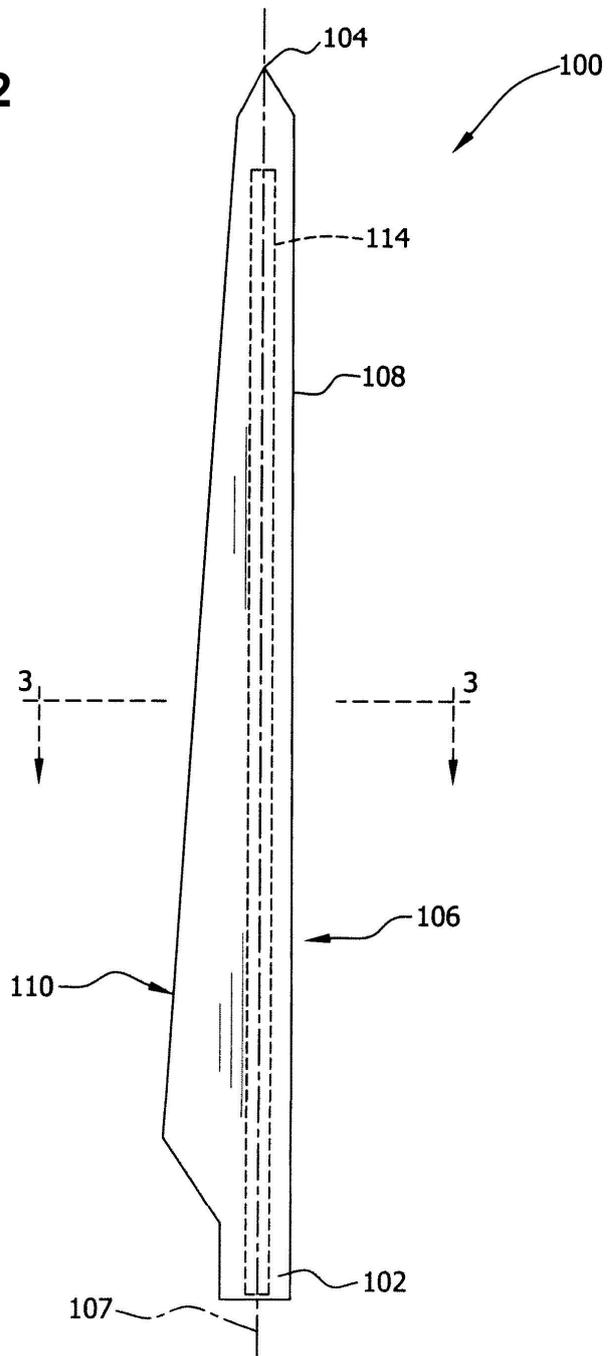


FIGURA 3

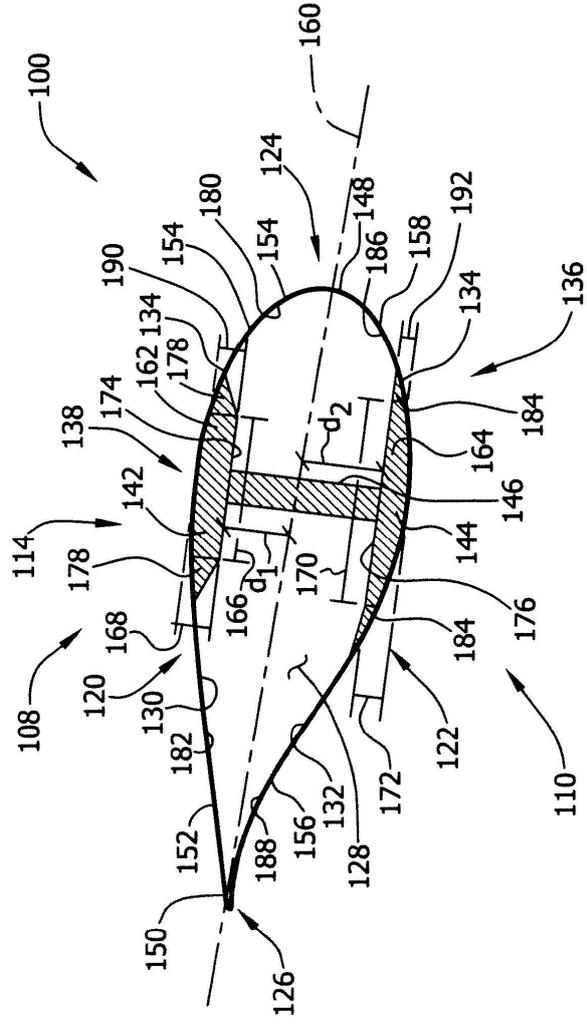


FIGURA 4

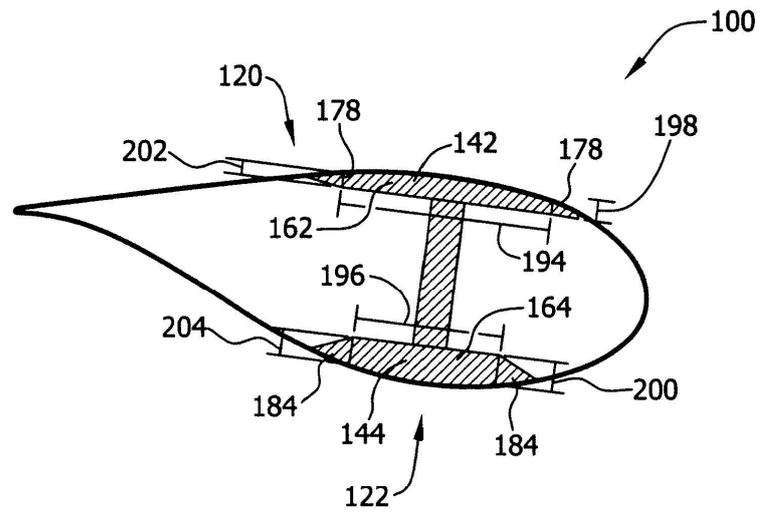


FIGURA 5

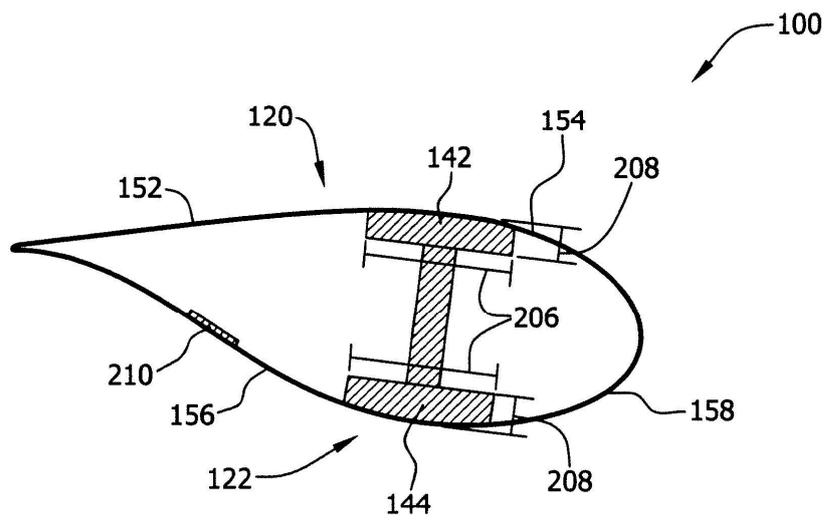


FIGURA 6

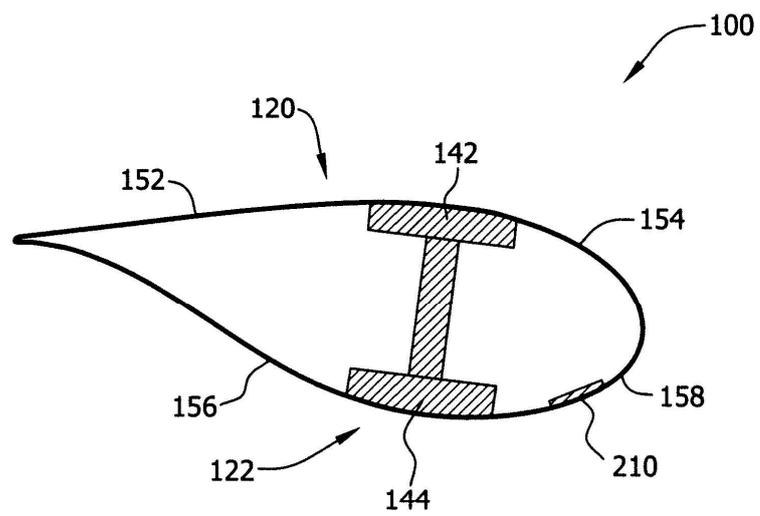


FIGURA 7

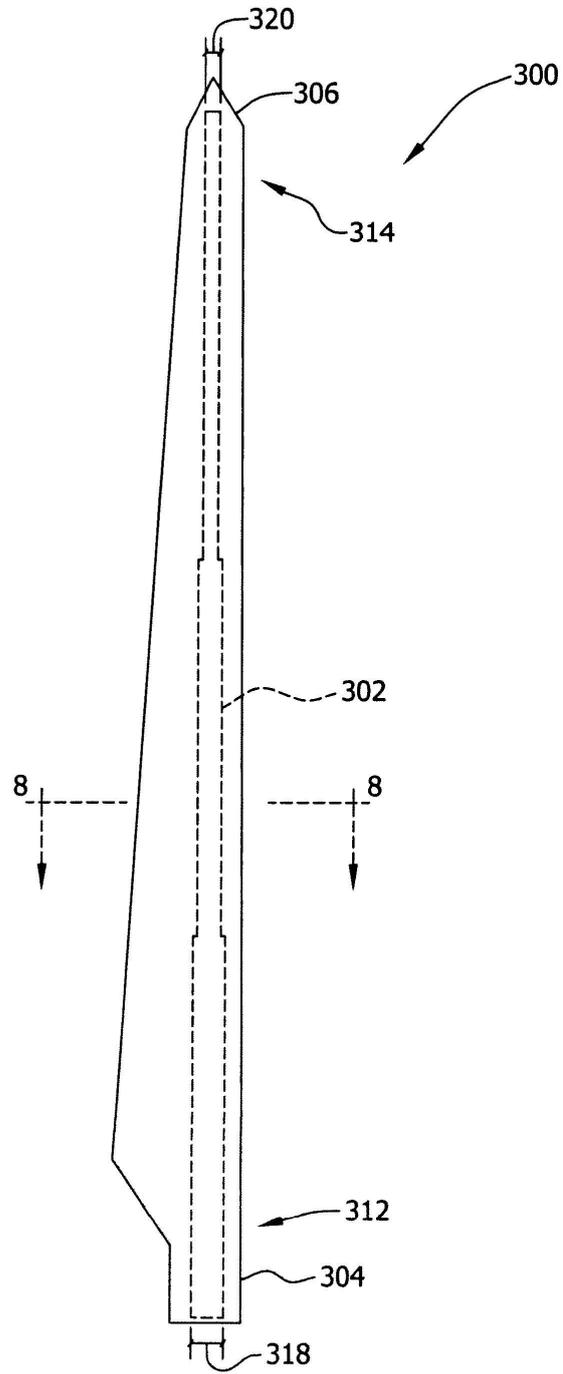


FIGURA 8

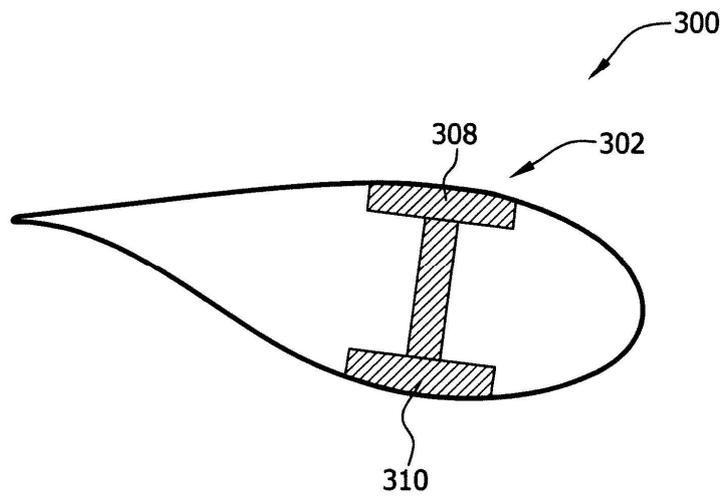


FIGURA 9

