

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 633 479**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

B64C 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.07.2014 PCT/DK2014/050232**

87 Fecha y número de publicación internacional: **05.02.2015 WO15014370**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.07.2014 E 14748103 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **14.06.2017 EP 3027892**

54 Título: **Una pala para una turbina eólica y un método para la fabricación de una pala para una turbina eólica**

30 Prioridad:

02.08.2013 DK 201370424

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

21.09.2017

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 42

8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

DENT, DAVE;

ROMBLAD, JONAS y

SERRA, SONIA SALCEDO

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 633 479 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

Una pala para una turbina eólica y un método para la fabricación de una pala para una turbina eólica

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a una pala para una turbina eólica, particularmente a la estructura de superficie aerodinámica de la pala cerca de la sección de su borde de salida. La invención se refiere también a un método para la fabricación de una pala de ese tipo.

10

Antecedentes de la invención

Las conchas para palas de turbina eólica que forman el perfil aerodinámico de las palas, es decir las superficies aerodinámicas, se fabrican comúnmente mediante la disposición de refuerzos de fibra en semi-moldes superior e inferior respectivos. Los semi-moldes superior e inferior se usan para formar dos semi-conchas —una primera semi-concha proporciona la superficie de succión de la pala y una segunda semi-concha proporciona la superficie de presión de la pala—. Las dos semi-conchas se unen juntas a lo largo de un borde de ataque y un borde de salida para formar la pala.

15

20

Para fabricar cada semi-concha, se dispone un material de refuerzo de fibra (tal como fibra de vidrio y/o fibra de carbono) en cada semi-molde. A continuación, se coloca una película de vacío sobre el material de fibra. La película de vacío se denomina comúnmente como "película de bolsa de vacío" y se sella contra el semi-molde para eliminar fugas de aire y crear un volumen sustancialmente sellado que contiene el material de refuerzo de fibra. A continuación se retira el aire del volumen sustancialmente sellado usando una bomba de vacío. La bomba de vacío extrae aire del volumen sustancialmente sellado y de la disposición de material de refuerzo de fibra para crear un vacío efectivo, que provoca que la película de vacío aplique presión al material de refuerzo de fibra. Bajo el vacío, la resina (típicamente resina termoestable) se infunde dentro del material de fibra y el semi-molde se calienta para curar la resina. Cuando ambas semi-conchas se han fabricado en sus semi-moldes respectivos, los dos semi-moldes se llevan a unión para cerrar el molde y para unir en forma adhesiva las semi-conchas a lo largo del borde de ataque y el borde de salida para formar la pala.

25

30

En lugar de que la resina sea infundida dentro del volumen sustancialmente sellado, los refuerzos de fibra pueden preimpregnarse con resina termoestable (es decir, material de fibra preimpregnado), que se calienta por encima de su temperatura de transición vítrea bajo vacío, para provocar que la resina se distribuya uniformemente dentro del molde y una juntos los refuerzos de fibra.

35

La sección del borde de salida de las palas de turbina eólica plantean una dificultad particular en relación con la fabricación por moldeo. Desde una perspectiva aerodinámica, puede ser deseable minimizar el espesor del borde de salida de las superficies aerodinámicas para palas de turbina eólica para minimizar la resistencia aerodinámica. Por razones obvias, sin embargo, no pueden conseguirse bordes de salida indefinidamente delgados y, en consecuencia, las palas de turbina eólica tienen generalmente un cierto espesor del borde de salida de entre unos pocos milímetros y unos pocos centímetros. Se han propuesto en la técnica anterior los denominados perfiles de recorte plano con un espesor de borde de salida considerable. Se apreciará por tanto que el borde de salida tiene efectivamente un espesor no cero en las palas tradicionales y de la misma forma estructuras de recorte plano. Los semi-moldes superior e inferior usados para la fabricación de dichas palas se dividen nuevamente a lo largo de un lado de presión, es decir la superficie inferior de la pala. En consecuencia, el semi-molde superior que define y aloja el lado de succión de la pala también define la sección del borde de salida de recorte plano y aloja el refuerzo de fibra, que forma la sección del borde de salida, siendo proporcionado en general el refuerzo de fibra como una alfombrilla. En el borde de salida de la pala, la pala forma una esquina de 90° o casi 90°, en la que las alfombrillas de fibra pueden no ajustar de modo efectivo a menos que la esquina esté redondeada. Para evitar un frágil área rica en resina en dichas esquinas, puede por ello redondearse una transición entre la superficie del lado de presión de la pala y el borde de salida, es decir provisto con un radio de esquina. Dicho radio puede, sin embargo, comprometer el rendimiento dinámico de la pala, debido a que reduce el área aerodinámicamente efectiva de la superficie aerodinámica e impide la separación controlada del flujo. El documento EP2169216 divulga una turbina eólica con una cavidad en el borde de salida.

40

45

50

55

Sumario de la invención

Sobre los antecedentes anteriores es un objeto de las realizaciones preferidas de la invención proporcionar una pala para una turbina eólica, que evite las áreas de esquina ricas en resina como se ha explicado anteriormente y aún mejore la eficiencia aerodinámica de la pala.

60

En un primer aspecto, la invención proporciona una pala para una turbina eólica, extendiéndose la pala en su dirección longitudinal desde una parte de buje a una parte de punta de la pala y en su dirección de cuerda desde un borde de ataque a un borde de salida de la pala, en el que una parte principal de la pala define una superficie aerodinámica en una sección transversal que se extiende transversalmente a la dirección longitudinal, teniendo la

65

superficie aerodinámica una superficie exterior que define:

- una sección de borde de ataque y una sección de borde de salida de recorte plano;
- una sección del lado de presión y una sección del lado de succión opuesta que se extienden entre e
- 5 interconectan la sección del borde de ataque y la sección del borde de salida;
- una sección de conexión redondeada que interconecta la sección del lado de presión y la sección del borde de salida,

10 en el que la sección de conexión redondeada se fija a la sección del lado de presión en un punto de transición, en el que la tangente de la sección del lado de presión no coincide con la tangente de la sección de la conexión redondeada, de modo que la superficie exterior de la superficie aerodinámica tiene una esquina aguda en dicho punto de transición.

15 La presente invención proporciona por tanto un radio truncado en la esquina entre la sección del lado de presión y la sección del borde de salida. El radio truncado hace posible extender la superficie del lado de presión de la superficie aerodinámica, dado que puede reducirse la longitud de la sección de conexión redondeada, incrementando de ese modo ese área superficial de la pala, que está disponible para la generación de empuje aerodinámico. Más aún, dado que la discontinuidad geométrica entre la superficie del lado de presión y la sección del borde de salida proporciona una esquina aguda, puede forzarse la separación del flujo en el punto de transición, en el que la sección de conexión redondeada se fija al lado de presión. En ese punto es deseable la separación del flujo, particularmente con respecto a las superficies aerodinámicas de recorte plano, debido a que dichas superficies aerodinámicas pueden generar gradientes de presión escalonados, lo que puede conducir a una separación del flujo aerodinámicamente destructiva desde la superficie de succión. En consecuencia, la separación del flujo en el punto de transición en el lado de presión puede utilizarse como una técnica de control de la separación, que impide la separación prematura desde el lado de succión.

20 De acuerdo con la invención, la sección de conexión redondeada se fija a la sección del lado de presión en un punto de transición. En el punto de transición, una tangente de la sección del lado de presión no coincide con una tangente de la sección de conexión redondeada, de modo que la superficie exterior de la superficie aerodinámica tiene una esquina aguda en el punto de transición. Por "tangente" se quiere indicar la línea recta que toca la sección del lado de presión o la sección de conexión redondeada y es una aproximación en línea recta a la sección del lado de presión o a la sección de conexión redondeada en el punto de transición.

30 Mientras que la esquina aguda en el punto de transición resultante de las tangentes no coincidentes de la sección del lado de presión y la sección de conexión redondeada ocasiona los efectos aerodinámicos anteriores, la presente invención preserva los beneficios de una sección de conexión totalmente redondeada en relación con la facilidad de fabricación. Esto es debido a que se evita una esquina aguda de 90°, en la que los refuerzos de fibra, tales como las alfombrillas de fibra, pueden no ajustar de modo efectivo y por ello pueden provocar áreas ricas en resina estructuralmente débiles.

40 A lo largo de al menos una parte de la longitud de la pala en su dirección de envergadura, es decir desde una parte de buje a una de punta de la misma, la sección del borde de salida es preferentemente un borde de salida de recorte plano. La relación entre una altura del borde de salida de recorte plano y una longitud de cuerda puede estar entre el 2 % y el 15 %. En la dirección de envergadura la pala tiene preferentemente un borde de salida de recorte plano a lo largo del 30 % de una longitud en la dirección de envergadura de la pala, desde una sección de raíz cilíndrica hacia la punta. El borde de salida de recorte plano podría extenderse también desde la raíz de la pala hasta el 60 % de la longitud de la envergadura de la pala.

50 En realizaciones preferidas de la invención, la tangente de la sección de conexión redondeada forma un ángulo de 60° o menos respecto a la tangente del lado de presión, tal como desde aproximadamente 10° a aproximadamente 60°, tal como un ángulo en el intervalo desde aproximadamente 25° a aproximadamente 35°, estando definido el ángulo entre la parte de la tangente del lado de presión, que se extiende separándose de la superficie aerodinámica (es decir en dirección al flujo a través de la superficie aerodinámica), y esa parte de la tangente de la sección de conexión, que se extiende hacia el lado de succión de la superficie aerodinámica.

55 Generalmente, una relación entre un radio de curvatura de la sección de conexión redondeada y una altura de la sección del borde de salida definida como una distancia en línea recta entre el lado de presión y el lado de succión de la superficie aerodinámica en la sección del borde de salida puede estar entre 0,01 y 0,2. O, esta relación puede estar entre 0,01 y 1. La altura de la sección del borde de salida puede estar entre 1 y 100 mm o más, tal como entre 1 y 200 mm, o entre 1 y 500 mm.

60 La altura de la sección del borde de salida puede reducirse hacia la punta de la pala al menos sobre una zona hacia el exterior de la longitud de la pala, es decir a lo largo de una zona de esa parte de la pala, que se extiende desde el apoyo de la pala (esa parte de la pala que tiene la dimensión de cuerda mayor) a la punta de la pala. Por ejemplo, la altura de la sección del borde de salida puede reducirse gradualmente, de modo que la altura del borde de salida se reduce cuando la dimensión de la cuerda de la superficie aerodinámica se reduce a lo largo de la longitud de la pala.

De ese modo, una altura de la sección del borde de salida puede ser mayor en un primer punto a lo largo de la longitud de la pala que en un segundo punto a lo largo de la longitud de la pala, estando el segundo punto más próximo a la zona de punta que el primer punto.

5 La sección de conexión redondeada puede, en realizaciones preferidas de la invención, tener un radio de curvatura de aproximadamente 10 mm a aproximadamente 50 mm. Sin embargo, puede concebirse un radio de curvatura incluso mayor, particularmente con respecto a estructuras de recorte plano con una altura de recorte plano sustancial en la sección del borde de salida.

10 Para optimizar el rendimiento aerodinámico de la pala, el espesor de la pala puede incrementarse hacia la sección del borde de salida de la superficie aerodinámica en la proximidad de la sección del borde de salida. Preferentemente, el espesor se incrementa a lo largo del 1-5 % de la parte más posterior de la longitud de la superficie aerodinámica. En este contexto, el espesor de la superficie aerodinámica se define como una distancia en línea recta entre el lado de presión y el lado de succión cuando se mide en una dirección perpendicular a la línea de cuerda. El área de espesor incrementado puede proporcionarse como un elemento separado, preferentemente un elemento no estructural fabricado por ejemplo a partir de espuma o material de goma, fijado a la parte principal de la pala.

20 En un segundo aspecto, la invención proporciona un método de fabricación de una estructura de pala para una turbina eólica, extendiéndose la pala en su dirección longitudinal desde una parte de buje a una parte de punta de la pala y en su dirección de cuerda desde un borde de ataque a un borde de salida de la pala, en el que una parte principal de la pala define una superficie aerodinámica en una sección transversal que se extiende transversalmente a la dirección longitudinal, teniendo la superficie aerodinámica una superficie exterior que define:

- 25
- una sección de borde de ataque y una sección de borde de salida de recorte plano;
 - una sección del lado de presión y una sección del lado de succión opuesta que se extienden entre e interconectan la sección del borde de ataque y la sección del borde de salida;
 - una sección de conexión redondeada que interconecta la sección del lado de presión y la sección del borde de salida,

30 en el que la sección de conexión redondeada se fija a la sección del lado de presión en un punto de transición, en el que la tangente de la sección en el lado de presión no coincide con la tangente de la sección de conexión redondeada, de modo que la superficie exterior de la superficie aerodinámica tiene una esquina aguda en dicho punto de transición,

35 comprendiendo dicho método las etapas de:

- 40
- proporcionar un molde para la pala o un segmento de la misma, comprendiendo el molde un primer semi-molde conformado para definir el lado de succión de la superficie aerodinámica, y un segundo semi-molde conformado para definir el lado de presión de la superficie aerodinámica, y en el que, en una sección del borde de salida de la superficie aerodinámica, el segundo semi-molde define adicionalmente la sección del borde de salida de la superficie aerodinámica;
 - proporcionar capas de un material fibroso en el primer y segundo semi-moldes respectivos;
 - montar el primer y segundo semi-moldes;
 - llenar una resina dentro del molde;
- 45
- curar la resina;
 - retirar la estructura así fabricada del molde.

50 Se entenderá que el método de acuerdo con el segundo aspecto de la invención es adecuado para la fabricación de al menos una parte sustancial de una pala de turbina eólica de acuerdo con el primer aspecto de la invención.

Las capas de material fibroso forman preferentemente primera y segunda partes de concha de pala en los semi-moldes. Las capas de material fibroso pueden proporcionarse, por ejemplo, como alfombrillas, tal como preimpregnaciones uni- o multidireccionales que, preferentemente, son secas al contacto. Pueden recubrirse previamente con una resina, o pueden carecer de resina. La resina que se llena dentro del molde tras el montaje de los semi-moldes puede ser una resina termoplástica o una termoestable. Puede llenarse dentro del molde mediante cualquier proceso de inyección o infusión conocidos *per se*.

60 La estructura formada por el método de acuerdo con el segundo aspecto de la invención puede constituir al menos una parte sustancial de la pala de turbina eólica. Pueden llevarse a cabo etapas adicionales, tales como pulido, pintado, montaje de receptores de rayos y conductores de rayos, o montaje de medios para la fijación de la pala al buje de la turbina eólica, siguiendo las etapas del método de acuerdo con el segundo aspecto de la invención para llegar a una pala de turbina eólica finalizada. La estructura formada puede ser un segmento de pala, que ha de montarse con segmentos de pala adicionales, que juntos componen la pala completa.

65 Debería entenderse que el término "semi-molde" no designa necesariamente exactamente la mitad en términos de peso o volumen de la estructura de la pala. El término "semi-molde" debería por el contrario entenderse que

comprende una parte superior o inferior de la estructura del molde.

El segundo semi-molde se conforma para definir la sección del borde de salida de la superficie aerodinámica; en otras palabras, el molde se divide a lo largo del lado de succión de la pala. Gracias a esta característica, la sección de conexión redondeada y la sección de molde correspondiente pueden conformarse para definir un ángulo de desmolde del segundo semi-molde para permitir que la pala sea extraída del molde. El beneficio de proporcionar el molde dividido a lo largo del lado de succión de la pala es particularmente pronunciado con respecto a realizaciones de recorte plano de la pala, en las que la pala se gira a lo largo de su envergadura, mediante lo que la sección del borde de salida de recorte plano también se gira. Por ello, mediante la disposición del molde dividido a lo largo del lado de succión de la pala, la presente invención hace posible moldear palas con borde de salida de recorte plano que se giran a lo largo de su envergadura.

Descripción detallada de realizaciones de la invención

Se describirán ahora adicionalmente realizaciones de la invención con referencia a las figuras adjuntas, en las que:

- la Fig. 1 muestra una superficie aerodinámica que constituye una sección transversal de una pala de turbina eólica;
- la Fig. 2 ilustra una parte del borde de salida de un molde para la fabricación de una estructura de pala de acuerdo con la presente invención;
- la Fig. 3 ilustra una parte de un lado de presión de una pala de acuerdo con la presente invención en la proximidad de la sección del borde de salida del mismo así como una parte de la sección del borde de salida en sí;
- las Figs. 4-6 muestran vistas parciales de tres realizaciones alternativas de una parte del borde de salida de una pala de acuerdo con la invención.

La superficie aerodinámica 100 de la Fig. 1 comprende una superficie del lado de succión 103, una superficie del lado de presión 104, una sección de borde de ataque 105, y una sección de borde de salida 106 de recorte plano. El número de referencia 107 en la Fig. 1 designa la línea de cuerda de la superficie aerodinámica. Las paredes exteriores de la superficie aerodinámica constituyen una estructura de concha, que se fabrica a partir de resina reforzada con fibra. La concha puede ser auto-mantenida, es decir auto-soportada, o puede reforzarse por una estructura apropiada (no mostrada), tal como una o más vigas que se extienden en una dirección longitudinal de la pala, es decir que se extienden fuera del plano aerodinámico representado en la Fig. 1. Los espesores de la pala en varias posiciones a lo largo de la línea de cuerda se indican por t_1 , t_2 y t_3 en la Fig. 1, y la altura del borde de salida de recorte plano se indica por h .

La estructura de concha de la pala se forma mediante la disposición de capas de fibras, tal como alfombrillas de fibra, en semi-moldes respectivos, dentro de los que se rellena la resina mediante inyección o infusión. La Fig. 2 muestra un detalle del borde de salida de una realización de una sección transversal de un molde para la fabricación de una pala de acuerdo con el primer aspecto de la invención por el método de acuerdo con el segundo aspecto de la invención. Un semi-molde inferior 202 define el lado de presión 104 de la estructura de pala así como su sección de borde de salida 106 de recorte plano. Una sección redondeada del molde 208 interconecta una primera parte 204 del semi-molde inferior 202, que forma la superficie del lado de presión 104 de la pala 100, y una segunda parte 206 del semi-molde inferior, que forma la sección del borde de salida 106 de recorte plano de la pala 100. En un punto de transición 210 entre la primera parte de molde 204 y la segunda parte de molde 206, el interior del molde 200 forma una esquina aguda. El semi-molde superior 212 forma y define la superficie del lado de succión 103 de la pala 100. Las partes de molde inferior y superior 202 y 212 forman rebordes 203 y 213, que pueden graparse juntos o fijarse en otra forma entre sí cuando el semi-molde inferior 202 y el semi-molde superior 212 se llevan a unión.

La Fig. 3 muestra un detalle parcial de una realización de una sección del borde de salida de la pala representada en general en la Fig. 1 formada en un molde tal como se muestra en la Fig. 2. La pala comprende una superficie del lado de presión 104 y una superficie del lado de salida 106 de recorte plano, que se interconectan mediante una sección de conexión redondeada 108. En un punto de transición 110 entre la superficie del lado de presión 104 y la sección de conexión redondeada 108, la superficie de la pala forma una esquina aguda, en la que una tangente 114 de la sección del lado de presión no coincide con la tangente 118 de la sección de conexión redondeada. Como se muestra en la Fig. 3, esa parte de la tangente 114 del lado de presión, que se extiende separándose de la superficie aerodinámica (de izquierda a derecha en la Fig. 3), y esa parte de la tangente 118 de la sección de conexión, que se extiende hacia el lado de succión de la superficie aerodinámica (hacia arriba en la Fig. 3), forman un ángulo mutuo Θ . En realizaciones preferidas de la invención, el ángulo Θ es de 60° o menos, tal como desde aproximadamente 10° a aproximadamente 60° , tal como en el intervalo desde aproximadamente 25° a aproximadamente 35° .

Debido a las tangentes no coincidentes, la superficie aerodinámica forma una esquina aguda en el punto de transición 110, que puede producir una separación de flujo controlada, y que extiende la superficie aerodinámica efectiva del lado de presión 104 de la superficie aerodinámica en una distancia δ en comparación con una superficie aerodinámica de acuerdo con la técnica anterior que comprende una sección de

conexión redondeada 108', cuya tangente coincide con la tangente del lado de presión en el punto de transición 110'.

- 5 Las Figs. 4-6 ilustran detalles de realizaciones de una parte del borde de salida de una estructura de la pala de acuerdo con la presente invención. La Fig. 4 muestra una forma básica tal como se muestra en la Fig. 3. En las realizaciones de las Figs. 5 y 6, el espesor de la pala se incrementa hacia la sección del borde de salida de la superficie aerodinámica en la proximidad de la sección del borde de salida, siendo definido el espesor de la superficie aerodinámica como una distancia en línea recta entre el lado de presión y el lado de succión cuando se mide en una dirección perpendicular a la línea de cuerda. El área del espesor incrementado puede proporcionarse como un elemento separado 220 tal como se muestra en la Fig. 5, tal como un elemento no estructural fabricado por ejemplo a partir de espuma o de material de goma, fijado a una parte principal de la pala. Alternativamente, el área de espesor incrementado puede proporcionarse como una parte integrada 222 de la estructura de pala tal como se muestra en la Fig. 6.
- 10

REIVINDICACIONES

1. Una pala para una turbina eólica, extendiéndose la pala en su dirección longitudinal desde una parte de buje a una parte de punta de la pala y en su dirección de cuerda desde un borde de ataque a un borde de salida de la pala, en el que una parte de la pala define una superficie aerodinámica (100) en una sección transversal que se extiende transversalmente a la dirección longitudinal, teniendo la superficie aerodinámica una superficie exterior que define:
- 5 una sección de borde de ataque (105) y una sección de borde de salida (106) de recorte plano;
 una sección del lado de presión (104) y una sección del lado de succión (103) opuesta que se extienden entre e
 10 interconectan la sección del borde de ataque y la sección del borde de salida;
 una sección de conexión redondeada (108) que interconecta la sección del lado de presión (104) y la sección del borde de salida (106),
- 15 en el que la sección de conexión redondeada (108) se fija a la sección del lado de presión (104) en un punto de transición (110), en el que la tangente (114) de la sección del lado de presión no coincide con la tangente (118) de la sección de la conexión redondeada, de modo que la superficie exterior de la superficie aerodinámica tiene una esquina aguda en dicho punto de transición.
2. Una pala de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la tangente (118) de la sección de conexión redondeada forma un ángulo (Θ) desde aproximadamente 10° a aproximadamente 60° con la tangente (114) del lado de presión.
- 20 3. Una pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que una relación entre un radio de curvatura de la sección de conexión redondeada (108) y una altura de la sección del borde de salida (106) definida como una distancia en línea recta entre el lado de presión (104) y el lado de succión (103) de la superficie aerodinámica en la sección del borde de salida está entre 0,01 y 0,2.
- 25 4. Una pala de acuerdo con la reivindicación 3, en la que la relación entre el radio de curvatura de la sección de conexión redondeada (108) y la altura de la sección del borde de salida (106) está entre 0,01 y 1.
- 30 5. Una pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la relación entre la altura de la sección del borde de salida (106) y una longitud de cuerda de la pala está entre el 2 % y el 15 %.
6. Una pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la altura de la sección del borde de salida (106) es mayor en un primer punto a lo largo de la longitud de la pala que en un segundo punto a lo largo de la longitud de la pala, estando el segundo punto más próximo a la zona de punta que el primer punto.
- 35 7. Una pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la superficie aerodinámica (100) define una línea de cuerda (107), y en la que, en cualquier posición a lo largo de la línea de cuerda, un espesor de la superficie aerodinámica se define como una distancia en línea recta entre el lado de presión (104) y el lado de succión (103) cuando se mide en una dirección perpendicular a la línea de cuerda, y en la que, en la proximidad de la sección del borde de salida (106), el espesor de la pala se incrementa hacia la sección del borde de salida de la superficie aerodinámica.
- 40 8. Una pala de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que, en al menos esa área de la superficie aerodinámica (100) que tiene un espesor incrementado, el espesor incrementado se proporciona como un elemento separado fijado a una parte principal de la pala.
- 45 9. Un método de fabricación de una estructura de pala para una turbina eólica, extendiéndose la pala en su dirección longitudinal desde una parte de buje a una parte de punta de la pala y en su dirección de cuerda desde un borde de ataque a un borde de salida de la pala, en el que una parte principal de la pala define una superficie aerodinámica (100) en una sección transversal que se extiende transversalmente a la dirección longitudinal, teniendo la superficie aerodinámica una superficie exterior que define:
- 50 una sección de borde de ataque (105) y una sección de borde de salida (106) de recorte plano;
 una sección del lado de presión (104) y una sección del lado de succión (103) opuesta que se extienden entre e
 55 interconectan la sección del borde de ataque y la sección del borde de salida;
 una sección de conexión redondeada (108) que interconecta la sección del lado de presión (104) y la sección del borde de salida (103);
- 60 en el que la sección de conexión redondeada (108) se fija a la sección del lado de presión en un punto de transición (110), en el que la tangente (114) de la sección en el lado de presión no coincide con la tangente (118) de la sección de conexión redondeada, de modo que la superficie exterior de la superficie aerodinámica tiene una esquina aguda en dicho punto de transición,
 comprendiendo dicho método las etapas de:
- 65

- proporcionar un molde (200) para la pala o un segmento de la misma, comprendiendo el molde un semi-molde superior (212) conformado para definir el lado de succión de la superficie aerodinámica, y un semi-molde inferior (202) conformado para definir el lado de presión (104) de la superficie aerodinámica (100), y en el que, en una sección del borde de salida (106) de la superficie aerodinámica, el semi-molde inferior define adicionalmente la sección del borde de salida de la superficie aerodinámica;
- 5 proporcionar capas de un material fibroso en los semi-moldes superior (212) e inferior (202) respectivos;
- montar los semi-moldes superior e inferior;
- llenar una resina dentro del molde;
- curar la resina;
- 10 retirar la estructura así fabricada del molde.

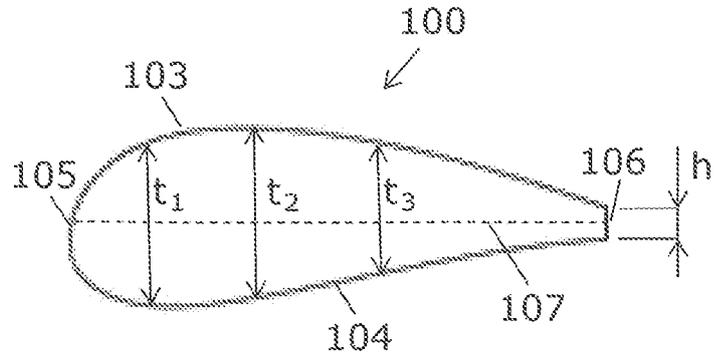


Fig. 1

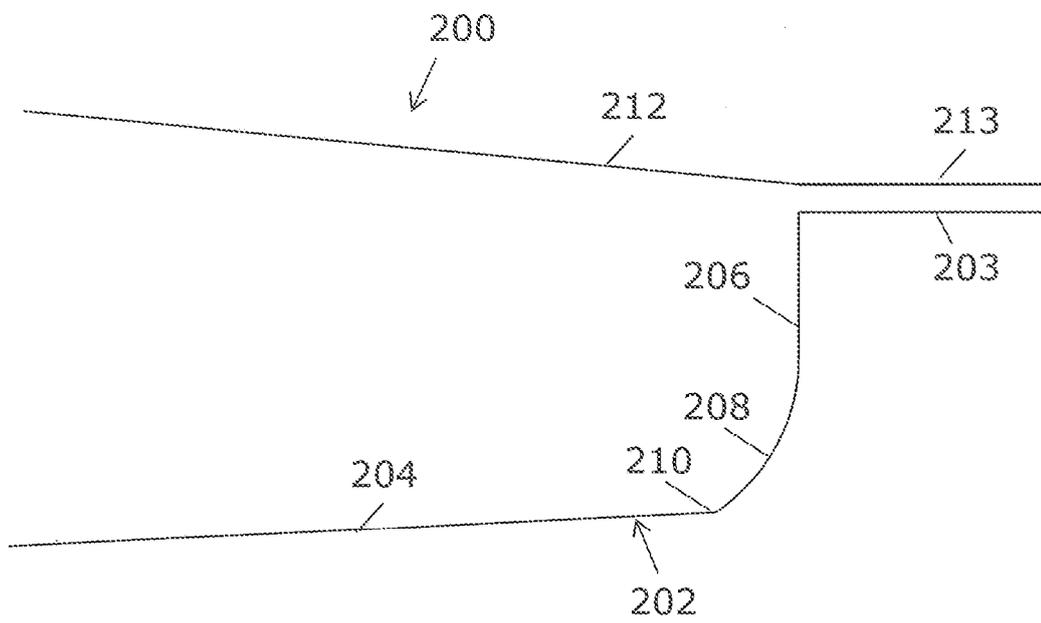


Fig. 2

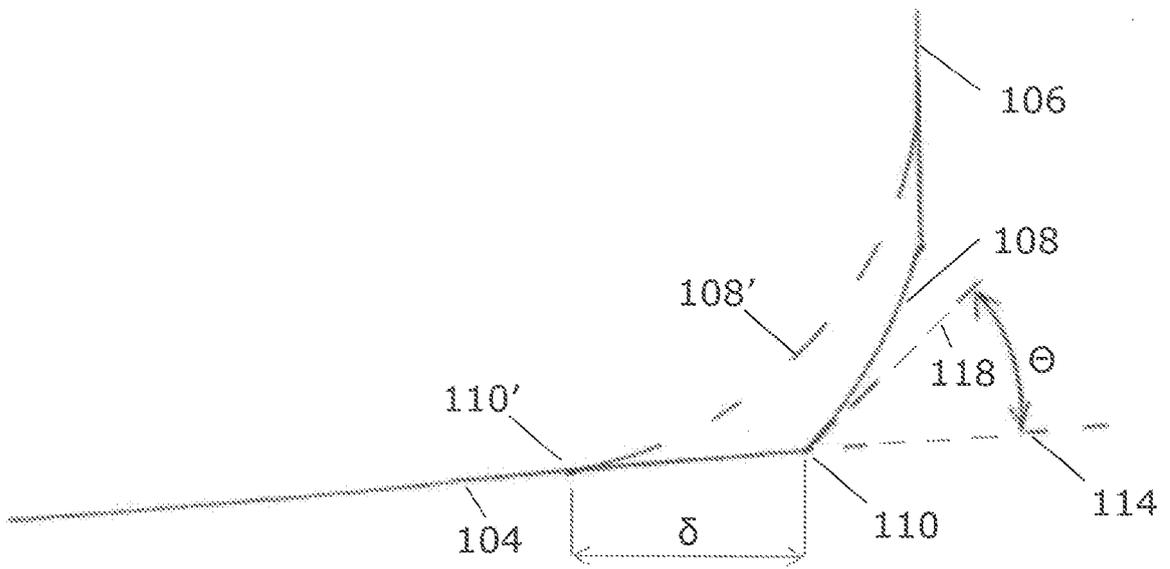


Fig. 3

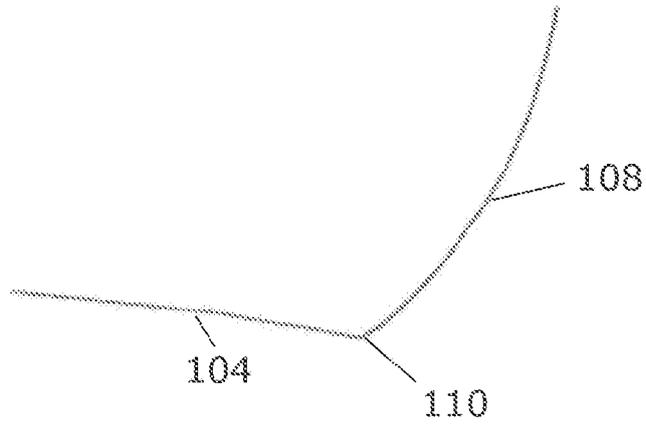


Fig. 4

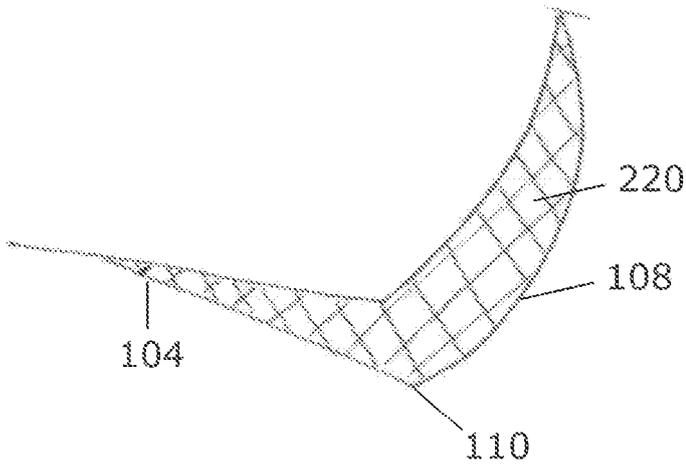


Fig. 5

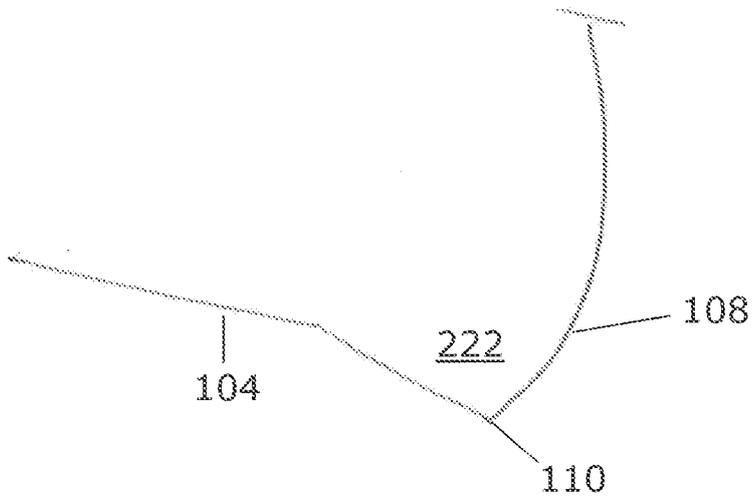


Fig. 6