



19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 362 159**

51 Int. Cl.:  
**F03D 1/06** (2006.01)  
**F03D 7/02** (2006.01)  
**F03D 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08784434 .6**  
96 Fecha de presentación : **29.08.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2201243**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **30.06.2010**

54 Título: **Paleta para rotor de una turbina de viento provista de medios de generación de barrera.**

30 Prioridad: **29.08.2007 EP 07388060**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**29.06.2011**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**29.06.2011**

73 Titular/es: **LM Glasfiber A/S**  
**Jupitervej 6**  
**6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es: **Fuglsang, Peter y**  
**Bove, Stefano**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 362 159 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

Paleta para rotor de una turbina de viento provista de medios de generación de barrera

Campo Técnico

5 La presente invención se refiere a una paleta o aspa para un rotor de una turbina de viento que tiene un árbol de rotor esencialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un cubo desde el cual se extiende la paleta esencialmente en una dirección radial cuando está montada en el cubo, comprendiendo la paleta: un contorno perfilado que incluye un borde delantero y un borde trasero, así como un lado de presión y un lado de succión, generando el contorno perfilado una fuerza de empuje cuando está siendo impactado por un flujo de aire incidente, en el que el contorno perfilado está dividido en: una región de raíz con un perfil esencialmente circular más próximo al cubo, una región de superficie aerodinámica con un perfil de generación de fuerza de empuje más alejadamente separado del cubo y una región de transición entre la región de raíz y la región de superficie aerodinámica, cambiando gradualmente el perfil de la región de transición en la dirección radial desde el perfil circular de la región de raíz a la región de regeneración de fuerza de empuje de la región superficie aerodinámica.

Antecedentes

15 Las turbinas de viento de eje horizontal comprenden un rotor provisto de cierto número de paletas – con frecuencia dos o tres- que se extienden radialmente desde un cubo. Las paletas tienen un perfil transversalmente a la dirección longitudinal o radial de la paleta. La paleta comprende una región de raíz con un perfil esencialmente circular más próximo al cubo, una región de superficie aerodinámica con un perfil de generación de fuerza de empuje más alejadamente separado del cubo, y una región de transición entre la región de raíz y la región de superficie aerodinámica, cambiando gradualmente el perfil de la región de transición en la dirección radial desde el perfil circular de la región de raíz hasta el perfil de generación de fuerza de empuje de la región de superficie aerodinámica. El perfil de generación de fuerza de empuje está provisto de un lado de succión y un lado de presión, así como de un borde delantero y un borde trasero, de manera que la paleta, durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor accionado por el viento, es impactado por un flujo de aire incidente que fluye desde el borde delantero hacia el borde trasero, generando con ello una presión reducida en el lado de succión (en un lado de sotavento) con relación al lado de presión (en un lado de barlovento), de manera que crea una diferencia de presiones entre el lado de succión y el lado de presión, originándose así una fuerza de empuje.

30 Idealmente, el flujo de aire permanece unido a la superficie de la paleta en toda la dimensión longitudinal de la paleta. Sin embargo, en la práctica, el flujo de aire puede desprenderse en el lado de succión de la paleta, lo que puede causar un arrastre incrementado, fuerza de empuje reducida y con ello conducir a una reducción de la producción de energía. Este desprendimiento o separación del flujo de aire ocurre usualmente en la dirección transversal, entre una posición de máximo grosor y el borde trasero del perfil y ocurre típicamente en la región de raíz o región de transición, donde el perfil es no ideal y tiene el espesor de paleta relativamente más grande.

35 La separación del flujo puede entrañar esencialmente vórtices de estancación de flujo de aire, los cuales, debido a las fuerzas de rotación del rotor, pueden propagarse hacia la punta extrema de la paleta. Estos flujos transversales de flujo de aire separado perjudican la funcionalidad de la paleta, reduciendo la fuerza de empuje en una extensión longitudinal mayor de la paleta.

40 El documento WO 2005/0359978, que se considera como la técnica anterior más próxima al objeto de la reivindicación 1, da a conocer una paleta que está provista de un elemento plano que sobresale del lado de succión de la paleta y que se extiende desde el borde delantero hasta el borde trasero de la paleta. El elemento plano está dispuesto en una zona de flujo transversal con el fin de evitar que el flujo transversal se propague hacia el extremo de punta de la paleta.

45 El documento WO 02/08600 da a conocer una paleta de turbina de viento con un nervio montado en la sección de raíz. En una realización, están dispuestos generadores de vórtice de aleta en el lado de presión de la paleta, en la región de transición de la paleta.

El documento 00/15961 expone una paleta de turbina de viento con generadores de vórtice en forma de delta.

50 Wetzel K K et al.: "Influencia de generadores de vórtice sobre Características Aerodinámicas de Superficies Aerodinámicas NREL S807 y Rendimiento de Turbinas de Viento". Wind Engineering, Vol. 19, no. 3, páginas 157-165, describe el uso de generadores de vórtices en forma de hueso de pechuga de ave para paletas de turbinas de viento.

El documento WO 03/016713 da a conocer un generador de potencia de viento pequeño que tiene paletas planas provistas de un miembro de barrera dispuesto en una superficie trasera de la paleta en la dirección de avance de la paleta.

55 El documento WO 2007/065434 describe una paleta de turbina de viento provista de dentados de superficie en la región de raíz y transición de la paleta con el fin de reducir el arrastre en estas secciones.

El documento GB 885.449 expone una superficie aerodinámica provista de medios para inyectar Chorros de fluido de manera que se re-energice la capa límite del flujo de fluido más allá de la superficie aerodinámica.

#### Descripción de la Invención

5 Es un objeto de la invención obtener una nueva paleta de rotor de una turbina de viento, que supere o mejore al menos una de las desventajas de la técnica anterior o que proporcione una alternativa útil.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, el objeto es obtenido por unos primeros medios de generación de barrera que están dispuestos en el lado de succión de la paleta en la región de transición o en la región de superficie aerodinámica en una parte más próxima a la región de transición, estando los primeros medios de generación de barrera adaptados para generar una barrera de flujo de aire a lo largo de una primera banda, que se extiende  
10 esencialmente en una dirección transversal de la paleta en el lado de succión de la paleta. De ese modo, los primeros medios de generación de barrera están dispuestos en una zona que comprende la región de transición y una parte de la región de superficie aerodinámica más próxima a la región de transición. Preferiblemente, los primeros medios de barrera están dispuestos en una primera zona situada en una zona de flujo transversal. Este flujo transversal puede ser inherente al diseño de la paleta durante el uso de la paleta. En un rotor de turbina de viento, la barrera de flujo de aire debe ser de resistencia y longitud suficientes para que se reduzca eficazmente el flujo transversal. Los flujos transversales que aparecen en una región de flujo de aire separado, por ejemplo debido a diferencias de presiones causadas por diferentes velocidades del flujo de aire incidente a diferentes radios de paleta, y que se presentan especialmente en la zona de la raíz de la paleta, pueden por ello ser reducidos o evitados por la barrera de flujo de aire que evita que los flujos transversales rebasen la primera zona. Por ello, es posible  
15 evitar que un flujo separado se propague en la dirección longitudinal o radial de la paleta hacia la punta de la paleta y evitando especialmente que el flujo separado se propague a lo largo de la región perfilada de la paleta.

De acuerdo con una primera realización ventajosa, la primera banda tiene una anchura que está comprendida en un intervalo entre 20 cm y 2 m, o entre 25 cm y 1,5 m, o entre 30 cm y 1 m. Típicamente, la dimensión longitudinal de la banda es de unos 50 cm. De acuerdo con una segunda realización ventajosa, los primeros medios de generación de barrera no tienen medios de generación de barrera en lados radiales de los primeros medios de generación de barrera, es decir, los medios de generación de barrera no se ponen en contacto a tope con la primera banda o los primeros medios de generación de barrera. El uso de medios de generación de barrera pueden incrementar el arrastre (y en ciertos caso incluso la relación de fuerza de empuje a arrastre) de la paleta en la zona en la que están dispuestos los medios de generación de barrera. Disponiendo los medios de generación de barrera en bandas  
20 solamente, se asegura que los medios de generación de barrera aumenten sólo el arrastre en una pequeña región de la paleta.

De acuerdo todavía con otra realización ventajosa, la primera zona y zonas adicionales opcionales (o de manera equivalente la primera banda y una banda adicional opcional) están situadas dentro del 50% interior de la paleta, o del 35% interior de la paleta, o incluso del 25% interior de la paleta, es decir, dentro de la distancia radial de 50%,  
35 35% ó 25% de la longitud de la paleta desde el cubo. Esto está relacionado con el hecho de que la parte de superficie aerodinámica, que comienza normalmente en la posición de la máxima longitud de cuerda, típicamente está situada a una distancia radial desde la raíz de aproximadamente 20% de la longitud de paleta. De acuerdo con una realización alternativa, dicha parte de la región de superficie aerodinámica más próxima a la zona de transición tiene una dimensión longitudinal de hasta, y que incluye, 3 metros, ó 2 metros, ó 1,5 metros ó 1 metro.

40 De acuerdo con una realización ventajosa, los primeros medios de generación de barrera están dispuestos en la región de transición solamente. Por ello, los medios de generación de barrera no perjudican la funcionalidad de la región de superficie aerodinámica de la paleta. Preferiblemente, los medios de generación de barrera están dispuestos de manera que un flujo transversal del flujo separado no se propaga hacia la región de superficie aerodinámica.

45 De acuerdo con una realización preferida, los medios de generación de barrera están destinados a generar una barrera de flujo de aire que se extiende al menos desde una zona de máximo espesor de perfil relativo y el borde trasero de la paleta. Es decir, la barrera se extiende al menos desde una zona correspondiente a la posición de máximo espesor (o de manera equivalente la posición de máxima relación de espesor a cuerda) de un perfil de superficie aerodinámica del borde trasero. Por ello, los medios de generación de barrera impiden efectivamente flujos transversales que discurran en el lado de succión de la paleta a través de esta región del perfil, donde ocurre  
50 usualmente la separación – en parte debido a la fuerza centrífuga – que puedan propagarse hacia la punta de la paleta.

De acuerdo con otra realización, los medios de generación de barrera están destinados a generar una barrera de flujo de aire que se extienda esencialmente desde el borde delantero al borde trasero de la paleta.

55 De acuerdo todavía con otra realización, la paleta comprende además unos medios de generación de barrera adicionales dispuestos en el lado de succión de la paleta en la región de transición o en la región de superficie aerodinámica, en una parte más próxima a la región de transición, estando los medios de generación de barrera adicionales adaptados para generar una barrera de flujo de aire a lo largo de una banda adicional que se extiende

- 5 esencialmente en una dirección transversal de la paleta en el lado de succión de la paleta. Preferiblemente, los medios de generación de barrera adicionales están dispuestos en una zona adicional situada en una zona de un flujo transversal adicional, que es generado en un radio más allá de la primera zona (o la primera banda), es decir, más alejado del cubo. Este flujo transversal puede ser inherente al diseño de la paleta durante el uso de la paleta en un rotor de turbina de viento. La paleta puede, por supuesto, tener también una tercera zona o tercera banda con unos terceros medios de generación de barrera. La disposición de los medios de generación de barrera adicionales (y de los terceros medios de generación de barrera) puede corresponder, por supuesto, a las realizaciones previamente mencionadas relativas a los primeros medios de generación de barrera.
- 10 En una primera realización de acuerdo con la invención, los primeros medios de generación de barrera y/o los segundos medios de generación de barrera comprenden un cierto número de medios de generación de turbulencia, tal como un cierto número de generadores de vórtices. De ese modo, una barrera de estructuras turbulentas coherentes, es decir, vórtices que se propagan en la superficie de la paleta hacia el borde trasero, pueden ser generados en la primera zona y/o la zona adicional mediante el uso de dispositivos de control de flujo pasivos, evitando la barrera que se propague el flujo transversal más allá de las respectivas zonas. Preferiblemente, el número de medios de generación de turbulencia están adaptados para proporcionar vórtices con un tamaño, tal como una altura, correspondiente al tamaño, tal como la altura, del flujo transversal. Es decir, la altura de los vórtices ha de ser al menos tan grande como la altura del flujo transversal o la altura de la separación o desprendimiento del flujo separado o desprendido, con el fin de evitar que el flujo transversal cruce la primera banda. De acuerdo con otra realización, la altura de los vórtices generados es esencialmente idéntica a la altura de la capa límite del flujo de aire a través de la paleta.
- 15 De acuerdo con una realización ventajosa, los medios de generación de turbulencia consisten en dos pares de generadores de vórtice de aletas. Esta realización proporciona una barrera de flujo de aire que tiene una resistencia y una anchura suficientes que impiden que el flujo transversal de flujo de aire separado se propague en la dirección radial de la paleta. Los generadores de vórtice de aletas pueden estar dispuestos de acuerdo con la descripción que acompaña la figura 9 de la descripción detallada.
- 20 Por lo tanto, el tamaño y/o la forma de los medios de generación de turbulencia o generadores de vórtice han de ser elegidos con el fin de proporcionar un flujo turbulento con una altura que funcione como una barrera con el fin de evitar eficazmente el flujo transversal. Se ha de observar aquí que los generadores de vórtice generan normalmente vórtices que crecen en altura hacia el borde trasero de la paleta.
- 25 En otra realización de acuerdo con la invención, los primeros medios de generación de barrera y/o los segundos medios de generación de barrera comprenden cierto número de medios de control de capa límite. De ese modo, los medios de control de capa límite pueden crear una franja de flujo unido, que actúa como una barrera para un flujo transversal separado por el hecho de "capturar" el flujo transversal.
- 30 Todavía en otra realización de acuerdo con la invención, los medios de control de capa límite comprenden cierto número de orificios de ventilación para soplado, tal como chorros de aire o chorros de soplado, o succión entre el interior de la paleta y el exterior de la paleta. Por ello, se proporciona una solución particularmente sencilla para crear la franja de flujo unido. El aire ventilado o evacuado por los orificios de ventilación se utiliza para energizar o re-energizar la capa límite con el fin de mantener el flujo unido en la superficie exterior de la paleta.
- 35 Los orificios de ventilación pueden estar dispuestos en esencia tangencialmente al contorno de la paleta. Esto puede ser conseguido por la paleta que tiene un contorno con un espesor que tiene cierto número de reducciones escalonadas hacia el borde trasero de la paleta. Los orificios pueden estar también orientados con un ángulo en relación con el contorno de la paleta. Sin embargo, los orificios no han de estar orientados normalmente hacia el contorno, ya que esto generaría un nuevo flujo separado que podría propagarse hacia el extremo de la punta de la paleta. Por lo tanto, los orificios están preferiblemente orientados con un gradiente hacia el borde trasero de la paleta con el fin de asegurar que el aire evacuado se propague esencialmente hacia el borde trasero en lugar de hacia el extremo de punta de la paleta.
- 40 De acuerdo con otra realización, los primeros medios de generación de barrera y/o los segundos medios de generación de barrera comprenden un listón dispuesto en el borde delantero de la paleta. El listón se orienta usualmente hacia abajo, es decir hacia el lado de presión de la paleta, y se utiliza para crear un cambio local en el ángulo del flujo entrante y fuerza de empuje de superficie aerodinámica, causando con ello que el flujo permanezca unido a la superficie de la paleta. Este "túnel" unido para el flujo crea una barrera en el que es capturado el flujo transversal y de ese modo es forzado a unirse al flujo unido hacia el borde trasero en lugar de fluir hacia el extremo de la punta. Por lo tanto, el listón puede ser considerado también como unos medios de control de capa límite.
- 45 De acuerdo con la realización preferida, la primera zona y/o la zona adicional están dispuestas en la región de superficie aerodinámica en una parte más próxima al cubo. Es decir, la zona está situada justamente más allá de la zona de transición. Esto es eficaz para interrumpir un flujo transversal ya existente que procede de la zona de raíz.
- 50 De acuerdo con otra realización preferida, la primera zona y/o la segunda zona están dispuestas en la zona de transición. Debido a las condiciones especiales relativas a las paletas para turbinas de viento, los flujos
- 55

transversales que interfieren se presentan especialmente en esta región de la paleta. Las zonas con medios de generación de barrera impiden así que los flujos transversales se propaguen hacia la punta de la paleta.

5 En otra realización de acuerdo con la invención, la primera zona y/o la segunda zona comprenden una solapa de Gurney dispuesta en el borde trasero y en el lado de presión de la paleta. Esto puede además mejorar el rendimiento de la paleta. Usualmente la solapa de Gurney se utiliza en adición a los medios de generación de barrera. Sin embargo, en situaciones en las que ocurre la separación cerca del borde trasero, la solapa de Gurney puede ser suficiente por sí misma.

La primera zona y/o la zona adicional, o la primera y/o banda la zona adicional pueden, por supuesto, comprender una combinación de cualesquiera de los medios de generación de barrera de flujo.

10 En una realización de acuerdo con la invención, la paleta comprende medios de generación de barrera sólo en la primera zona y opcionalmente en las zonas adicionales de flujos transversales adicionales.

15 De acuerdo con un segundo aspecto, la invención proporciona un rotor de turbina de viento que comprende cierto número, de preferencia dos o tres, de paletas o aspas de turbina de viento de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas. De acuerdo con un tercer aspecto, la invención proporciona una turbina de viento que comprende cierto número de paletas de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriormente descritas o un rotor de turbina de viento de acuerdo con el segundo aspecto de la invención.

#### Breve Descripción de los Dibujos

La invención se explica con detalle a continuación con referencia a los dibujos, en los cuales:

La figura 1 muestra una turbina de viento,

20 La figura 2 muestra una paleta o aspa de turbina de viento de acuerdo con la invención,

La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica

La figura 4 muestra una sección de paleta de una primera realización con medios de generación de barrera de acuerdo con la invención,

25 La figura 5 muestra un perfil de una segunda realización con medios de generación de barrera de acuerdo con la invención,

La figura 6 muestra un perfil de una tercera realización con medios de generación de barrera de acuerdo con la invención,

La figura 7 muestra un perfil de una cuarta realización con medios de generación de barrera de acuerdo con la invención,

30 La figura 8 muestra un perfil de una quinta realización con medios de generación de barrera de acuerdo con la invención,

La figura 9 muestra una disposición de generadores de vórtice de aleta para proporcionar una barrera de flujo de aire de acuerdo con la invención.

#### Descripción detallada de la Invención

35 La figura 1 ilustra una turbina de viento convencional moderna de acuerdo con el denominado "concepto danés", con una torre 4, una góndola o barquilla 6 y un rotor con un árbol de rotor esencialmente horizontal. El rotor incluye un cubo 8 y tres paletas 10 que se extienden radialmente desde el cubo 8, teniendo cada una de ellas una raíz de paleta 16 más próxima al cubo y una punta de paleta 14 más alejada del cubo 8.

40 La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica 50 de una paleta típica de una turbina de viento, representada con los diversos parámetros que son típicamente utilizados para definir la forma geométrica de una superficie aerodinámica. El perfil 50 de superficie aerodinámica tiene un lado de presión 52 y un lado de succión 54, los cuales, durante el uso – es decir, durante la rotación del rotor – se enfrentan normalmente hacia el lado de barlovento y hacia el lado de sotavento, respectivamente. La superficie aerodinámica 50 tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda  $c$  que se extiende entre un borde delantero 56 y un borde trasero 58 de la paleta. La superficie aerodinámica 50 tiene un espesor  $t$  que está definido como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de succión 54. El espesor  $t$  de la superficie aerodinámica varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación desde un perfil simétrico viene dada por una línea de combadura 62 que es una línea media a través del perfil de superficie aerodinámica 50. La línea media se puede encontrar dibujando círculos inscritos desde el borde delantero 56 hasta el borde trasero 58. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia desde la cuerda 60 se denomina la flecha  $f$ . La asimetría puede ser también definida por el uso de parámetros

45

50

denominados flecha superior y flecha inferior, que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado de succión 54 y el lado de presión 52, respectivamente.

5 Los perfiles de superficie aerodinámica están con frecuencia caracterizados por los siguientes parámetros: la longitud de cuerda  $c$ , la flecha máxima  $f$ , la posición  $d_f$  de la flecha máxima  $f$ , el espesor máximo  $t$  de superficie aerodinámica, que es el diámetro máximo de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de combadura media, la posición  $d_t$  del espesor máximo  $t$ , y un radio de nariz (no mostrado). Estos parámetros son típicamente definidos como relaciones a la longitud de cuerda  $c$ .

10 Idealmente, cuando una superficie aerodinámica 50 es impactada por un flujo de aire incidente que fluye desde el borde delantero 56 hacia el borde trasero 58 en una dirección esencialmente transversal de la paleta, se genera una presión reducida en el lado de succión 54 con relación al lado de presión 52 de manera que se crea una diferencia de presiones entre el lado de succión 54 y el lado de presión 52, generando de ese modo una fuerza de empuje. Sin embargo, en la práctica puede ocurrir una separación del flujo de aire que causará un aumento del arrastre y una reducción de la fuerza de empuje. Esta separación ocurre usualmente en el lado de succión 54 entre la posición  $d_t$  de espesor máximo y el borde trasero 58 de la superficie aerodinámica 50.

15 La figura 2 muestra una vista esquemática de una realización de turbina de viento de acuerdo con la invención. La paleta 10 de turbina de viento tiene la forma de una paleta convencional de turbina de viento y comprende una región de raíz 30 más próxima al cubo, una región perfilada o de superficie aerodinámica 34 más alejadamente separada del cubo, y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y el área de región 34. La paleta 10 comprende un borde delantero 18 que se enfrenta al sentido de rotación de la paleta 10 cuando la paleta está montada en el cubo, y un borde trasero 20 que se enfrenta al sentido opuesto del borde delantero 18.

20 La región de superficie aerodinámica 34 (denominada también la región perfilada) tiene una forma de paleta ideal o casi ideal con respecto a la generación de fuerza de empuje, mientras que la región de raíz 30 tiene una sección transversal esencialmente circular o elíptica, que reduce las cargas de ráfagas de viento y hace más fácil y más segura de montar la paleta 10 en el cubo. El diámetro de la región de raíz 30 es normalmente constante a lo largo de toda la región de raíz 30. La región de transición 32 tiene una forma que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica desde la región de raíz 30 hasta el perfil de superficie aerodinámica de la región de superficie aerodinámica 34. La anchura de la región de transición 32 aumenta típicamente en esencia linealmente con el aumento de la distancia  $L$  al cubo.

25 La región de superficie aerodinámica 34 tiene un perfil de superficie aerodinámica con una cuerda que se extiende entre el borde delantero 18 y el borde trasero 20 de la paleta 10. La anchura de la cuerda disminuye con el aumento de distancia  $L$  al cubo. Se ha de hacer observar que las cuerdas de diferentes secciones de la paleta no se sitúan necesariamente en un plano común, ya que la paleta puede estar retorcida y/o curvada (es decir, previamente doblada), proporcionando así el plano de la cuerda un curso correspondientemente retorcido y/o curvado, siendo este el caso más frecuente con el fin de compensar la velocidad local de la paleta que es dependiente del radio desde el cubo.

30 Debido al perfil no ideal (con respecto a la generación de fuerza de empuje) de la región de raíz 30 y la región de transición 32, ocurre usualmente separación o desprendimiento de flujo en estas regiones. Debido a las fuerzas de rotación del rotor, la separación de flujo de aire puede propagarse hacia el extremo de punta 14 de la paleta 10. Por lo tanto, la paleta 10 está provista de cierto número de medios de generación de barrera adaptados para generar una barrera de flujo de aire que se extiende en la dirección de la cuerda y que impide que los flujos transversales de flujo de aire separados se propaguen más allá de estas barreras. Los medios de generación de barrera están preferiblemente dispuestos de manera que se crea una barrera de flujo de aire que se extiende al menos desde la posición de máximo espesor hasta el borde trasero 18 de la paleta 10.

35 Los medios de generación de barrera están dispuestos en una primera zona 40 que tiene una primera dimensión longitudinal  $l_1$  y/o en una segunda zona o zona adicional 42 que tiene una segunda dimensión longitudinal  $l_2$ . Las dimensiones longitudinales  $l_1$ ,  $l_2$  son aproximadamente de 0,5 a 1 metro. Los medios de generación de barrera dispuestos en la primera zona 40 y la zona adicional opcional 42 pueden ser de cualquiera de las realizaciones mostradas en las figuras 4-8 o combinaciones de las mismas. Así mismo, los medios de generación de barrera de las dos zonas 40, 42 no necesitan ser del mismo tipo.

40 La figura 4 muestra una sección de paleta 100 (es decir, de la primera zona o de la segunda zona) de una primera realización con medios de generación de barrera de acuerdo con la invención. El perfil tiene un borde delantero 102 y un borde trasero 104, y un primer conjunto de generadores de vórtice 106 y un segundo conjunto de generadores de vórtice 108 están dispuestos en el lado de succión de la sección de paleta 100. Los generadores de vórtice 106, 108 están aquí representados como de un tipo de aleta, pero pueden ser cualquier otro tipo de generador de vórtice.

45 Los generadores de vórtice 106, 108 generan una barrera de flujo de aire que consiste en estructuras turbulentas coherentes, es decir, vórtices que se propagan en la superficie de la paleta hacia el borde trasero 104, lo que impide que los flujos transversales de flujo de aire separado se propaguen más allá de la zona en la que están dispuestos los generadores de vórtice 106, 108.

5 La figura 5 muestra un perfil 200 de una segunda realización con medios de generación de barrera de acuerdo con la invención. En esta realización, los medios de generación de barrera consisten en un cierto número de orificios de ventilación 206 para soplado o succión entre el interior de la paleta y el exterior de la paleta. Los orificios de ventilación 206 pueden ser utilizados para crear una franja de flujo unido. El aire ventilado por los orificios de ventilación 206 se utiliza para energizar y re-energizar la capa límite con el fin de mantener el flujo unido a la superficie exterior de la paleta. La franja de flujo unido actúa como una barrera para un flujo transversal separado "capturando" el flujo transversal, el cual es así obligado a añadirse al flujo unido hacia el borde trasero 204 en lugar de fluir hacia fuera, hacia el extremo de punta. Los orificios de ventilación 206 están en esta realización dispuestos en esencia tangencialmente a la superficie del perfil 200. Los orificios de ventilación 206 pueden estar dispuestos como una serie de orificios en la dirección longitudinal de la paleta o como ranuras que se extiendan longitudinalmente.

15 La figura 6 muestra un perfil 300 de una tercera realización con unos medios de generación de barrera en forma de orificios de ventilación 306. Esta realización corresponde a la segunda realización mostrada en la figura 5, con la excepción de que los orificios de ventilación 306 no están dispuestos tangencialmente a la superficie del perfil. En vez de ello, los orificios 306 están orientados según un ángulo con respecto a la superficie, pero tienen todavía un gradiente que se dirige hacia el borde trasero 304 del perfil 300, asegurando con ello que el aire ventilado se propague en esencia hacia el borde trasero 304 del perfil, en lugar de hacia la punta de la paleta.

20 La figura 7 muestra un perfil 400 de una cuarta realización con medios de generación de barrera de acuerdo con la invención. En esta realización, los medios de generación de barrera consisten en un listón 406 dispuesto en el borde delantero 402 del perfil 400. El listón apunta hacia abajo, hacia el lado de presión del perfil 402 y es utilizado para crear un cambio local del ángulo de flujo entrante y fuerza de empuje de superficie aerodinámica, con lo que se hace que el flujo permanezca unido a la superficie de la paleta. Este "túnel" unido para el flujo crea una barrera donde el flujo transversal es aprisionado y por tanto forzado a añadirse al flujo unido hacia el borde trasero 404 en lugar de fluir hacia fuera, hacia el extremo de punta.

25 La figura 8 muestra un perfil 500 de una quinta realización de acuerdo con la invención. En esta realización, el perfil de barrera 500 está además provisto de una solapa de Gurney 510 dispuesta sobre el lado de presión en el borde trasero 504 del perfil 500. Esto puede mejorar más el rendimiento de la paleta.

30 La figura 9 muestra la disposición de dos pares de generadores de vórtice, que ha demostrado ser particularmente apropiada para generar una barrera de flujo de aire con el fin de evitar flujos transversales de flujo de aire separado. La disposición consiste en un primer par de generadores 70 de vórtice de aletas que comprenden una primera aleta 71 y una segunda aleta 72, y un segundo par de generadores 75 de vórtice de aletas que comprende una primera aleta 76 y una segunda aleta 77. Las aletas están diseñadas como elementos planos de forma triangular que sobresalen de la superficie de la paleta y están dispuestos de manera que la altura de las aletas aumenta hacia el borde trasero de la paleta. Las aletas tienen una altura máxima  $h$  que está comprendida en un intervalo de entre 0,5% y 1% de la longitud de cuerda en la disposición del par de aletas. Las aletas están dispuestas en un ángulo  $b$  de entre 15 y 25 grados con respecto a la dirección transversal de la paleta. Normalmente el ángulo  $b$  es de aproximadamente 20 grados. Las aletas de un par de aletas están dispuestas de manera que los puntos extremos, es decir los puntos más próximos al borde trasero de la paleta están separados con una separación  $s$  en un intervalo de 2,5 a 3,5 veces la altura máxima, típicamente, de forma aproximada, tres veces la altura máxima ( $s=3h$ ). Las aletas tienen una longitud  $l$  correspondiente a entre 1,5 y 2,5 veces la altura máxima  $h$  de las aletas, de manera típica aproximadamente dos veces la altura máxima ( $l=2h$ ). Los pares de aletas están dispuestos con una separación radial o longitudinal  $z$  correspondiente a entre 4 y 6 veces la altura máxima  $h$  de las aletas, típicamente unas cinco veces aproximadamente la altura máxima ( $z=5h$ ).

45 La invención ha sido descrita con referencia a la realización preferida. Sin embargo, el alcance de la invención no está limitado a la realización ilustrada y se pueden realizar alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de las reivindicaciones.

Lista de números de referencia

En los números, x se refiere a una realización particular. Así, por ejemplo, 402 se refiere al borde delantero de la cuarta realización.

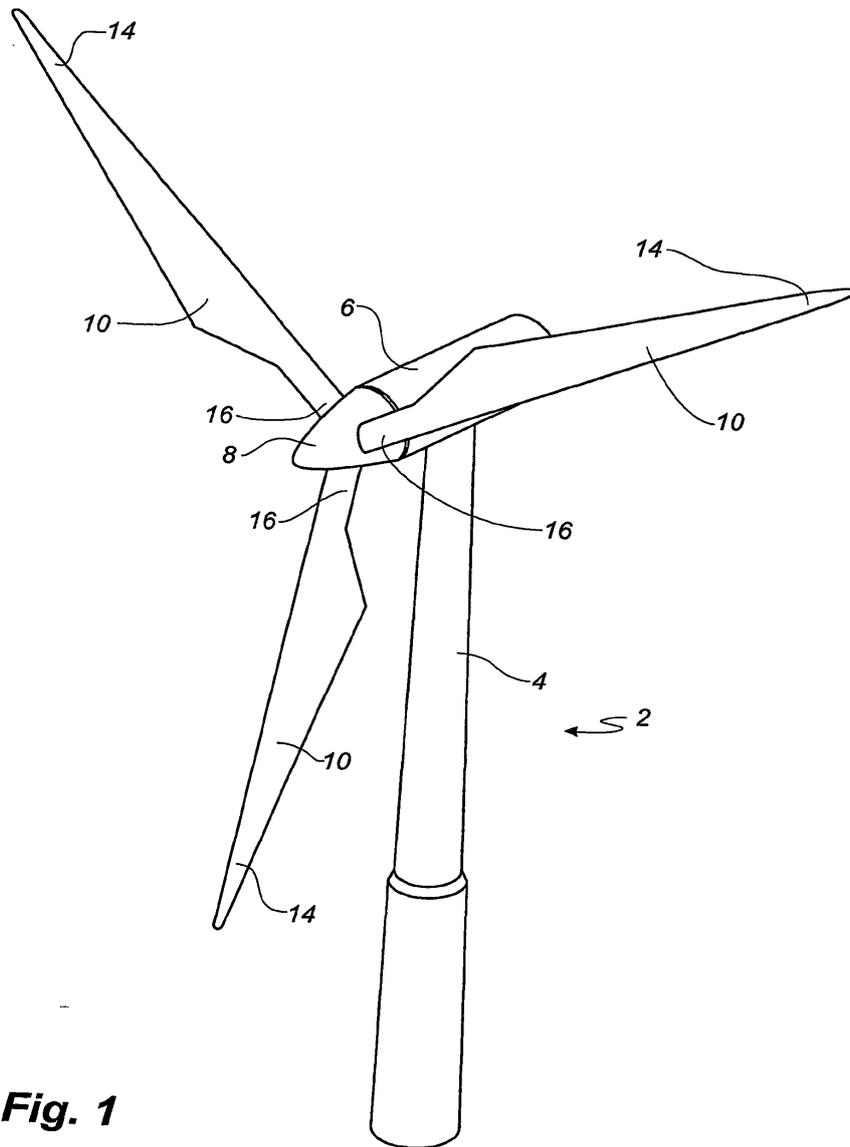
- 50 2 turbina de viento
- 4 torre
- 6 barquilla
- 8 cubo
- 10 paleta
- 55 14 punta de paleta

	16	raíz de paleta
	18	borde delantero
	20	borde trasero
	30	región de raíz
5	32	región de transición
	34	región de superficie aerodinámica
	40	primera zona
	42	segunda zona /zona adicional
	50	perfil de superficie aerodinámica
10	52	lado de presión
	54	lado de succión
	56	borde delantero
	58	borde trasero
	60	cuerda
15	62	línea de combadura / línea media
	70	primer par de generadores de vórtice de aleta
	75	segundo par de generadores de vórtice de aleta
	71, 72, 76, 77	aletas
	x00	perfil de paleta
20	x02	borde delantero
	x04	borde trasero
	x06, 108	medios de generación de barrera
	510	solapa de Gurney

## REIVINDICACIONES

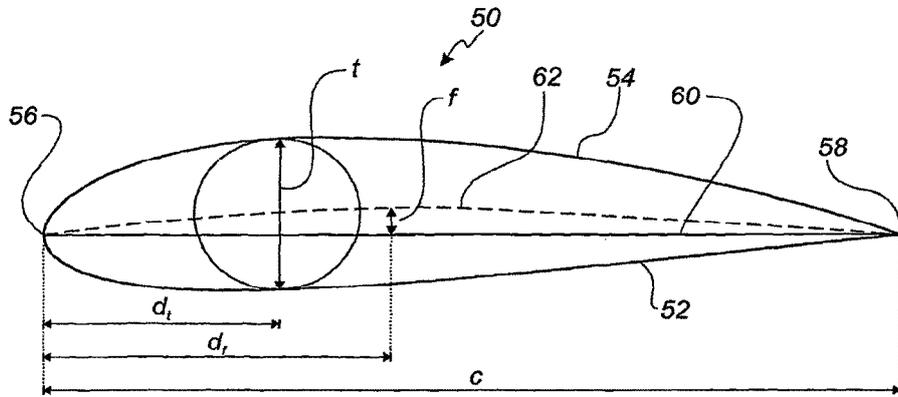
1. Una paleta (10) para rotor de una turbina de viento (2) que tiene un árbol de rotor esencialmente horizontal, comprendiendo el citado rotor un cubo (8), desde el cual se extiende la paleta o aspa (10) esencialmente en una dirección radial cuando está montada en el cubo (8), comprendiendo la paleta:
- 5 - un contorno perfilado que incluye un borde delantero (18) y un borde trasero (20), así como un lado de presión y un lado de succión, generando el contorno perfilado una fuerza de empuje cuando está siendo impactado por un flujo de aire incidente, en la que el contorno perfilado está dividido en:
- una región de raíz (30) con un perfil esencialmente circular más próximo al cubo,
- 10 - una región de superficie aerodinámica (34) con un perfil de generación de fuerza de empuje más alejado del cubo, y
- una región de transición (32) entre la región de raíz (30) y la región de superficie aerodinámica (34), cambiando gradualmente el perfil de la región de transición (32) en la dirección radial desde el perfil circular de la región de raíz al perfil de generación de fuerza de empuje de la región de superficie aerodinámica,
- 15 **caracterizada porque**
- están dispuestos unos primeros medios de generación de barrera (106) en el lado de succión de la paleta (10), en la región de transición (32) o en la región de superficie aerodinámica (34), en una parte más próxima a la región de transición (32), estando los primeros medios de generación de barrera (106) adaptados a generar una barrea de flujo de aire a lo largo de una primera banda que se extiende
- 20 esencialmente en una dirección transversal de la paleta (10), en el lado de succión de la paleta, en la que los primeros medios de generación de barrera están dispuestos sin medios de generación de barrera en lados radiales de los primeros medios de generación de barrera.
2. Una paleta de acuerdo con la reivindicación 1, en la que la primera banda (40, 42) tiene una anchura que está comprendida en el intervalo de entre 20 cm y 2 m, o de entre 25 cm y 1,5 m, o de entre 30 cm y 1 m.
- 25 3. Una paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la citada parte de la región de superficie aerodinámica (34) más próxima a la región de transición (32) está situada dentro de un 50% ó 35% ó 25% interior de la paleta.
4. Una paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los primeros medios de generación de barrera están dispuestos en la región de transición (32) solamente.
- 30 5. Una paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los medios de generación de barrera (106) están destinados a generar una barrera de flujo de aire que se extiende al menos desde una zona de máximo espesor de perfil relativo y el borde trasero (20) de la paleta (10).
6. Una paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los medios de generación de barrera están destinados a generar una barrera de flujo de aire que se extiende esencialmente desde el borde
- 35 delantero (18) hasta el borde trasero (20) de la paleta (10).
7. Una paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la paleta comprende además unos medios de generación de barrera adicionales (106) dispuestos en el lado de succión de la paleta (10), en la región de transición (32) o en la región de superficie aerodinámica (34), en una parte más próxima a la región de transición (32), estando adaptados los medios de generación de barrera adicionales (106) a generar una barrera
- 40 de flujo de aire a lo largo de una banda adicional que se extiende esencialmente en una dirección transversal de la paleta (10), en el lado de succión de la paleta (10).
8. Una paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los primeros medios de generación de barrera (106) y/o los segundos medios de generación de barrera (106) comprenden cierto número de medios de generación de turbulencia, tales como cierto número de generadores de vórtice.
- 45 9. Una paleta de acuerdo con la reivindicación 8, en la que el número de medios de generación de turbulencia están adaptados a proporcionar vórtices con una altura correspondiente a la altura de los flujos transversales de flujo de aire unido, que se forman inherentemente durante el uso normal de la paleta de turbina de viento.
10. Una paleta de acuerdo con la reivindicación 8 o la 9, en la que los medios de generación de turbulencia consisten en dos pares de generadores de vórtice de aleta.
- 50 11. Una paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los primeros medios de generación de barrera (x06) y/o los segundos medios de generación de barrera (106) comprenden cierto número de medios de control de capa límite.

12. Una paleta de acuerdo con la reivindicación 11, en la que los medios de control de capa límite comprenden cierto número de orificios de ventilación (206, 306) para soplado o succión entre una parte interior de la paleta y una parte exterior de la paleta.
- 5 13. Una paleta de acuerdo con la reivindicación 12, en la que los orificios de ventilación (206) están dispuestos en esencia tangencialmente al contorno de la paleta.
14. Una paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que los primeros medios de generación de barrera y/o los segundos medios de generación de barrera comprenden un listón (406) dispuesto en el borde delantero de la paleta.
- 10 15. Una paleta de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en la que la primera zona (40, 42) y/o la segunda zona (40, 42) comprenden una solapa de Gurney dispuesta en el borde trasero (20) y en el lado de presión de la paleta.

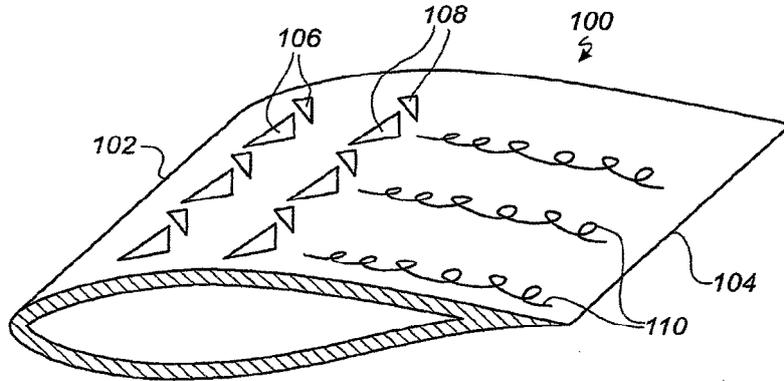


**Fig. 1**

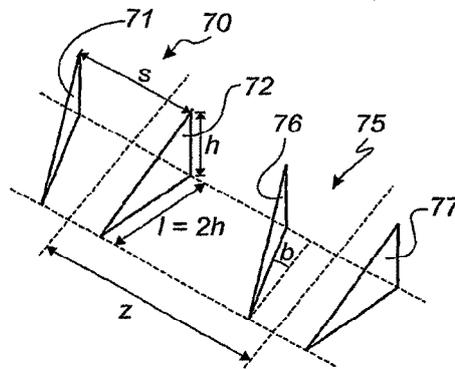




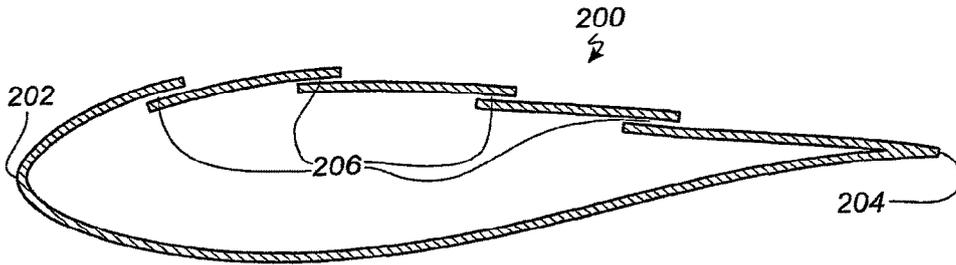
**Fig. 3**



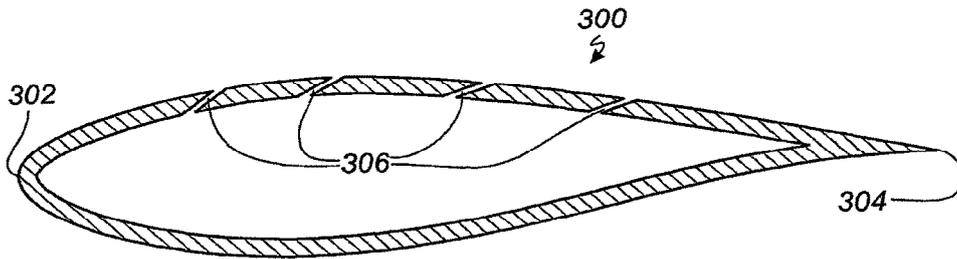
**Fig. 4**



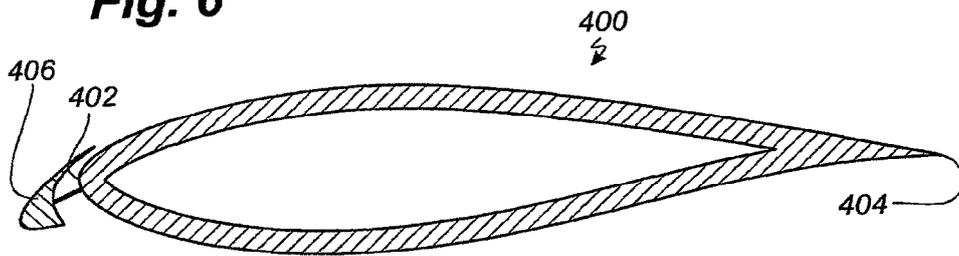
**Fig. 9**



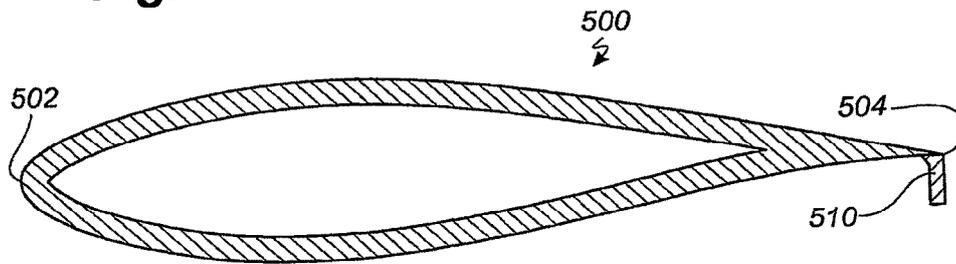
**Fig. 5**



**Fig. 6**



**Fig. 7**



**Fig. 8**