

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 564 102**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

**F03D 11/00** (2006.01)

**F03D 7/02** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2007 E 07788560 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.11.2015 EP 2022979**

54 Título: **Pala de aerogenerador con borde de salida divergente**

30 Prioridad:

**31.05.2006 ES 200601444**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.03.2016**

73 Titular/es:

**GAMESA INNOVATION & TECHNOLOGY, S.L.**  
**(100.0%)**  
**Avenida Ciudad de la Innovación 9-11**  
**31621 Sarriguren, Navarra, ES**

72 Inventor/es:

**SLOT, MARK OLAF**

**ES 2 564 102 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 de aerogenerador con borde de salida divergente.

### 5 **Campo de la invención**

La invención se refiere a una pala de aerogenerador aerodinámicamente optimizada, y en particular a una pala de aerogenerador con un borde de salida divergente.

### 10 **Antecedentes**

Los perfiles aerodinámicos con formas que proporcionan elevadas relaciones de sustentación/resistencia tales como perfiles laminares no se emplean en palas de aerogenerador porque son muy sensibles a la rugosidad del borde de ataque.

15

Las palas de aerogenerador tienen normalmente formas que incluyen un borde de salida afilado o un borde de salida moderadamente romo, debido en algunas ocasiones a la producción de desviaciones, desde el cual la estela de la hélice diverge. La resistencia, la distribución y la dirección de la separación y verticidad de la turbulencia de estela, así como la situación del principio de la estela, originan una elevada resistencia y una reducida sustentación, siendo ambos efectos altamente indeseables.

20

Se conocen dispositivos del borde de salida encaminados a aumentar la sustentación, si bien estos dispositivos tienen normalmente un efecto negativo en la resistencia.

25

Uno de estos dispositivos es una aleta Gurney, mostrada esquemáticamente en la Figura 1, montada perpendicularmente a la cuerda del ala. Una aleta Gurney produce dos vórtices que forman una bola de desprendimiento que origina un aumento de la sustentación. También difiere la separación de la corriente de aire, permitiendo un buen comportamiento a elevados ángulos de ataque. Sin embargo, la aleta Gurney provoca una resistencia adicional.

30

El documento EP 1 314 885 describe un dispositivo de borde de salida que consiste en un panel dentado sujeto al borde de salida de la pala.

35

El documento DE 10021850 describe un realce de un borde de salida que puede adoptar diferentes geometrías por deformación elástica.

El documento EP 1 112 928 describe un borde de salida divergente alto.

40

Ninguno de estos dispositivos produce un aumento satisfactorio de la eficiencia del aerogenerador, por lo que existe una continua necesidad de proporcionar palas de aerogenerador con un perfil aerodinámico optimizado.

### 45 **Sumario de la invención**

Un objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador que tenga un perfil que mejore la sensibilidad a la rugosidad del borde de ataque, con lo cual se disminuya la incertidumbre en cargas y en eficiencia aerodinámica, aumentándose la fiabilidad funcional de la pala.

50

Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador que tenga un perfil que mejore la sustentación, haciendo posibles palas de aerogenerador con mejor comportamiento aerodinámico y/o palas de aerogenerador con una longitud menor de la cuerda del ala para facilitar su transporte.

5

Otro objeto de la presente invención es proporcionar una pala de aerogenerador que tenga un perfil geométrico rígido que proporcione una relación de sustentación/resistencia mejorada sin la necesidad de dispositivos adicionales.

10

Estos y otros objetos de la presente invención se consiguen proporcionando una pala de aerogenerador de perfil aerodinámico con un borde de ataque, un borde de salida y lados de descarga y de succión entre el borde de ataque y el borde de salida. que comprende en al menos una parte de la pala una zona del borde de salida que tiene una sección transversal que aumenta en la dirección del borde de salida.

15

La citada zona del borde de salida tiene una forma "divergente" (comparada con la forma "convergente de los perfiles estándar), debido principalmente a que su lado de descarga tiene una forma cóncava curvada.

20

En otro aspecto de la invención, la parte de la pala de aerogenerador que tiene una zona del borde de salida "divergente" es una parte con un perfil grueso, i.e., un perfil con un elevado espesor relativo a la cuerda del ala.

25

Otras características y ventajas de la presente invención se desprenderán de la descripción detallada que sigue en relación con las figuras que se acompañan.

### **Breve descripción de las figuras**

30

La Figura 1 es una vista esquemática de un perfil conocido de pala de aerogenerador con una aleta Gurney.

La Figura 2 es una vista esquemática de un perfil conocido de pala de aerogenerador.

35

La Figura 3 es una vista esquemática de un perfil de pala de aerogenerador según la presente invención.

La Figura 4 es una vista esquemática del funcionamiento del perfil de pala de aerogenerador según la presente invención.

40

### **Descripción detallada de las realizaciones preferidas**

45

La Figura 2 muestra un perfil 3 conocido estándar de una pala de aerogenerador que comprende un borde de ataque 11, un borde de salida 13 moderadamente romo y una superficie de sustentación 15, con un lado de succión 17 y un lado de descarga 19. La cuerda 21 es una línea imaginaria dispuesta entre el borde de ataque 11 y el borde de salida 13.

50

Con respecto al perfil 3 estándar, la Figura 3 muestra el perfil 5 de una pala de aerogenerador según la invención con las modificaciones siguientes, en particular en lo referente a las zonas 31, 33 del lado de descarga y del lado de succión cerca del borde

de salida 13 (se incluyen con líneas fantasma zonas 31', 33' similares en el perfil estándar):

- la zona 31 del lado de descarga tiene geometría cóncava
- la zona 33 del lado de succión tiene una forma que configura un borde de salida 13 más grueso.

Como consecuencia de las citadas modificaciones, el perfil 5 tiene una zona del borde de salida TER que tiene un aumento de sección transversal en la dirección del borde de salida 13. En otras palabras, las citadas zonas 31, 33 cerca del borde de salida tienen una forma "divergente" comparada con la forma "convergente" del perfil 3 conocido estándar.

Por otro lado (ver Figura 4), el borde de salida 13 más grueso que resulta de la configuración "divergente" de la zona del borde de salida TER, origina una sección de tránsito separada con baja presión por detrás de la zona del borde de salida TER que, en un principio, tiende a aumentar la resistencia, pero la zona de baja presión hace succión en la capa límite hacia el borde de salida, lo cual estabiliza la capa límite. Esto origina un retardo en la entrada en pérdida, lo que aumenta la sustentación máxima y reduce la resistencia cuando se opera en torno a la sustentación máxima. Este efecto es más pronunciado si el borde de ataque es rugoso, como consecuencia de la adherencia de insectos u otro tipo de objetos extraños. La desventaja es una resistencia ligeramente aumentada para pequeños ángulos de ataque, que no es importante para la parte interior de la pala de un aerogenerador, que normalmente opera con ángulos de ataque relativamente altos.

Por otro lado, la configuración "divergente" de la zona del borde de salida TER aumenta el coeficiente de sustentación máxima del perfil 5. La forma cóncava de la zona 31 en el lado de descarga 19 actúa de forma similar a la aleta Gurney, desviando el flujo hacia abajo, aumentando la circulación y por lo tanto cambiando la curva de sustentación hacia ángulos de ataque más negativos y una sustentación más elevada, pero siendo más eficiente que la aleta Gurney, ya que se evita la bola de desprendimiento delante de la aleta Gurney al emplear una forma suavemente curvada. La desventaja es una resistencia aumentada para bajos coeficientes de sustentación, aunque el aumento de resistencia es menor que con la aleta Gurney. Además, este efecto no es importante para la parte interior de la pala de un aerogenerador, que normalmente opera con ángulos de ataque relativamente altos.

De acuerdo con la invención, el ángulo B entre las hipotéticas líneas tangentes a las citadas zonas 31, 33 está en el intervalo de 0° a 45°. En perfiles estándar el ángulo B es normalmente negativo, en el intervalo de -20° a 0°.

En otra realización preferida, el espesor  $T_e$  del borde de salida está en el intervalo del 2% al 20% de la longitud de la cuerda C.

En otra realización preferida, la zona del borde de salida TER se extiende desde una sección transversal 23 correspondiente a una posición de cuerda en el intervalo del 72% al 100% de la longitud de cuerda C, medida desde el borde de ataque 11.

5 En otra realización preferida, la parte de la pala de aerogenerador con una zona de borde de salida "divergente" es una parte en la cual la relación entre el máximo espesor T y la longitud de cuerda C está en el intervalo del 30% al 100%. Los perfiles gruesos están especialmente optimizados con una zona "divergente" del borde de salida TER que reduce la sensibilidad a la rugosidad del borde de ataque, debido a que tienen un comportamiento normalmente pobre con la rugosidad del borde de ataque.

10 Aunque la presente invención se ha descrito enteramente en conexión con realizaciones preferidas, es evidente que se pueden introducir aquellas modificaciones dentro del alcance de, no considerando éste como limitado por las anteriores realizaciones, las reivindicaciones siguientes.

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Pala de aerogenerador de perfil aerodinámico (5) que comprende un borde de ataque (11), un borde de salida (13) y lados de descarga y de succión (19, 17) entre el borde de ataque (11) y el borde de salida (13), **caracterizada** porque el citado perfil (5) comprende en al menos una parte de la pala del aerogenerador una zona del borde de salida TER que tiene una sección transversal que aumenta en la dirección del borde de salida (13) y la zona (31) del lado de descarga (19) de la zona del borde de salida TER tiene una superficie curvada cóncava **caracterizada** porque el ángulo B entre una hipotética línea tangente a la citada zona (31) y una hipotética línea tangente a la zona (33) del lado de succión (17) en la zona del borde de salida TER está en el intervalo de 0° a 45°.
- 10
- 15 2. Pala de aerogenerador según una cualquiera de la reivindicación 1, **caracterizada** porque la zona del borde de salida TER se extiende desde una sección transversal (23) correspondiente a una posición de cuerda en el intervalo del 72% al 100% de la longitud de cuerda C, medida desde el borde de ataque (11) hasta el borde de salida (13).
- 20 3. Pala de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones 1 y 2, **caracterizada** porque el espesor  $T_e$  del borde de salida (13) está en el intervalo del 2% al 20% de la longitud de la cuerda C.
- 25 4. Pala de aerogenerador según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, **caracterizada** porque la parte de la pala de aerogenerador con una zona de borde de salida TER que tiene una sección transversal que aumenta en la dirección del borde de salida (13), tiene una relación entre el máximo espesor T y la longitud de cuerda C que está en el intervalo del 30% al 100%.

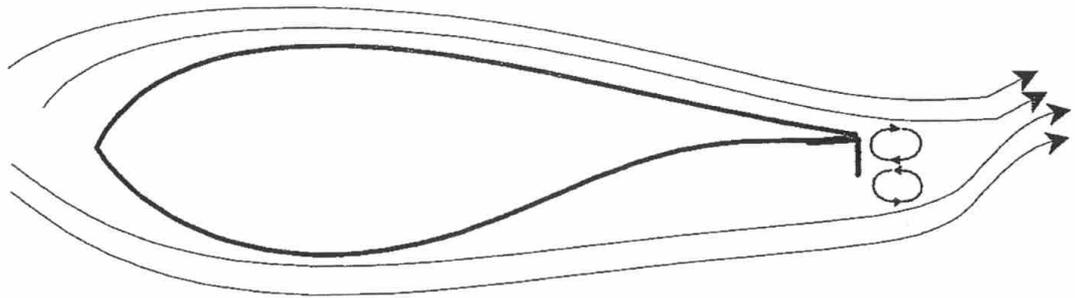


FIG. 1

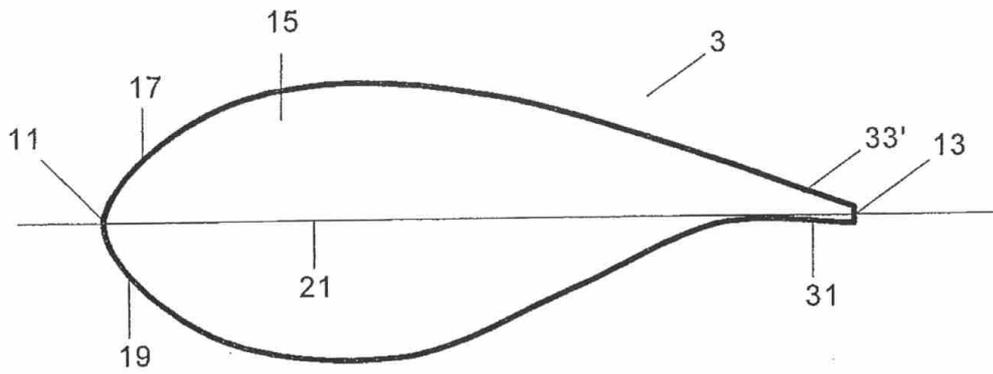


FIG. 2

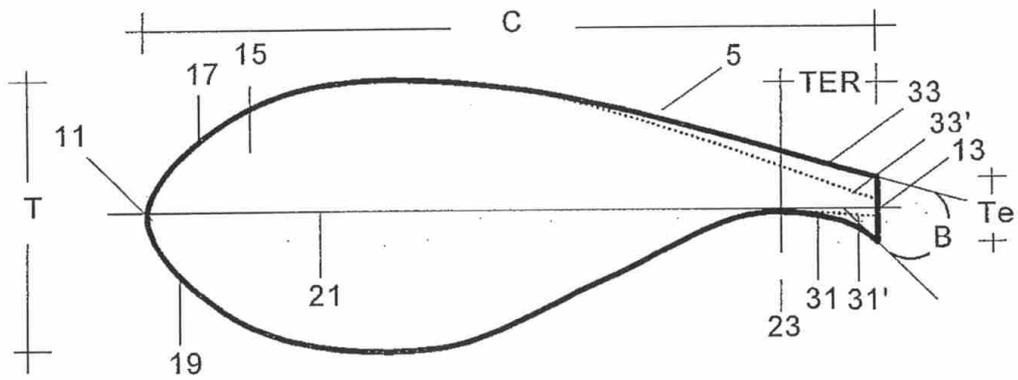


FIG. 3

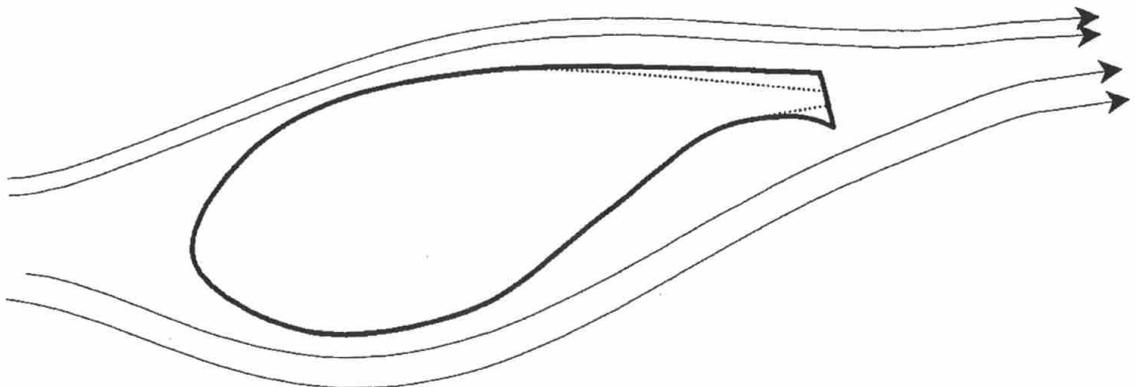


FIG. 4