

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 869 888**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

B64C 27/467 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **02.08.2013** **PCT/NL2013/050575**

87 Fecha y número de publicación internacional: **13.02.2014** **WO14025252**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **02.08.2013** **E 13747895 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.03.2021** **EP 2880307**

54 Título: **Perfil alar de cola de golondrina**

30 Prioridad:

06.08.2012 NL 2009286

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

26.10.2021

73 Titular/es:

**NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR
TOEGEPAST- NATUURWETENSCHAPPELIJK
ONDERZOEK TNO (100.0%)
Anna van Buerenplein 1
2595 DA 's-Gravenhage, NL**

72 Inventor/es:

GRASSO, FRANCESCO

74 Agente/Representante:

TOMAS GIL, Tesifonte Enrique

ES 2 869 888 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

Perfil alar de cola de golondrina

Campo de la invención

[0001] La presente invención se refiere a un elemento aerodinámico, por ejemplo, para un álabe de rotor de turbina eólica, que tiene una sección transversal en una dirección de flujo de aire con un borde de salida del tipo de perfil alar de parte posterior plana (o borde de salida desafilado). El elemento aerodinámico también se puede proporcionar en otras aplicaciones, tales como cuerpos de alas, etc. En otro aspecto, la presente invención se refiere a un álabe de rotor de una turbina eólica.

Estado de la técnica

[0002] El borde de salida desafilado o los perfiles alares de parte posterior plana son ejemplos de elementos aerodinámicos usados en muchas aplicaciones aerodinámicas, que cumplen con los requisitos estructurales y de volumen de estas aplicaciones, como en aviones combinados con cuerpo de ala, vehículos aéreos no tripulados y álabes de turbina eólica. Se conocen en la técnica modificaciones adicionales de los perfiles alares de parte posterior plana para abordar los problemas asociados. Una de estas modificaciones es el uso de dispositivos de control del flujo activo, como micropestañas, reactores sintéticos y microlengüetas (normalmente denominados controles inteligentes). Estos dispositivos son capaces de introducir modificaciones en el campo de flujo local y ayudan a reducir, por ejemplo, la resistencia. Sin embargo, todos estos tipos de soluciones introducen más complejidad en el perfil alar. Como consecuencia, hay un aumento en el coste de desarrollo y/o producción para implementar dichas soluciones. Además, existe un coste en caso de mantenimiento (especialmente para los actuadores) y, en realidad, ya en la fase de diseño, se necesitan herramientas más caras y complejas para diseñar los actuadores y predecir sus efectos en, por ejemplo, el rendimiento de la turbina. Una alternativa es, por ejemplo, placas divididas. Estas son placas aplicadas en la dirección de la cuerda al borde de salida de los perfiles alares de parte posterior plana.

[0003] La publicación "Trailing Edge Modifications for Flatback Airfoils" por C.P. van Dam et al., Sandia Report SAND2008-1781, marzo 2008, divulga una serie de modificaciones proporcionadas para perfiles alares (o perfiles alares de borde de salida desafilado) que se aplican en álabes de turbina eólica, que incluye borde de salida redondeado, cavidad de base, cavidad ranurada/perforada, placa divisoria y un borde de salida dentado.

[0004] El artículo "Drag Reduction of blunt trailing-edge airfoils" por J.P. Baker and C.P. van Dam, BBAA VI International Colloquium en *Bluff Bodies Aerodynamics & Application*, Milán, Italia, julio 20-24, 2008 divulga soluciones para reducir la resistencia de los perfiles alares de borde de salida desafilado que se aplican en varios sistemas aerodinámicos, que incluyen álabes de turbina eólica. Se sugieren varias formas de realización de adaptaciones del borde de salida de un perfil alar, que incluyen una placa divisoria, una cavidad de uso que usa dos placas divisorias y una cavidad desplazada que usa dos placas.

[0005] Una publicación del estado de la técnica adicional es el artículo escrito por Thu Thau, Li Chenb, Jiyuan Tu "Numerical study of turbulent trailing-edge flows with base cavity effects using URANS", en *Journal of Fluids and Structures*, parte 26, nº. 7-8, páginas 1155-1173. Este artículo divulga varios elementos aerodinámicos en el borde de salida de los elementos aerodinámicos. En la tabla 1 y 5, por ejemplo, se muestra una cavidad cuadrada (A), una cavidad triangular (B), una cavidad semicircular (C) y una cavidad rectangular (D). El documento EP1757806 divulga un elemento de perfil alar con una sección recortada en el borde de salida.

Resumen de la invención

[0006] La presente invención busca proporcionar un diseño mejorado de la forma de perfil alar de un cuerpo de ala, como el álabe de rotor de una turbina eólica.

[0007] Según la presente invención, se proporciona un elemento aerodinámico según el preámbulo definido anteriormente, donde el elemento aerodinámico comprende, además, un cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina unido al borde de salida del elemento aerodinámico. El cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina comprende un primer miembro que tiene una superficie superior alineada con una superficie superior del elemento aerodinámico y un segundo miembro que tiene una superficie inferior alineada con una superficie inferior del elemento aerodinámico, donde el primer miembro y el segundo miembro forman, además, una cavidad entre sí. El primer miembro y el segundo miembro están colocados en la parte superior y parte inferior, respectivamente, del borde de salida (de parte posterior plana), lo que forma una cavidad en forma de cola de golondrina en el medio. La cavidad tiene un perfil no simétrico (en sección transversal). Este se implementa, por ejemplo, al elegir una longitud del primer miembro en una dirección de flujo de aire del elemento aerodinámico mayor que una longitud del segundo miembro en la dirección de flujo de aire del elemento aerodinámico (es decir, por encima o por debajo del elemento aerodinámico). El cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina influirá

en el flujo de aire alrededor del elemento aerodinámico de manera positiva y dará como resultado un mejor rendimiento.

5 [0008] En otra forma de realización, una superficie inferior del primer miembro y una superficie superior del segundo miembro forman una única superficie de bordes de salida de forma cóncava. Alternativamente, una superficie inferior del primer miembro y una superficie superior del segundo miembro forman una superficie de bordes afilados.

10 [0009] El segundo miembro está unido de forma móvil al borde de salida del elemento aerodinámico en otra forma de realización, lo que permite una mayor adaptación del elemento aerodinámico después de la instalación del segundo miembro para poder adaptarse a las circunstancias reales. Puede proporcionarse un actuador conectado operativamente al segundo miembro para controlar el ángulo de la superficie inferior del segundo miembro con respecto a la superficie inferior del elemento aerodinámico. Esto permite un control activo del cuerpo de cavidad, incluso durante la operación.

[0010] En una forma de realización, el primer miembro y el segundo miembro están combinados en un único cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina, lo que hace que el ensamblaje y la unión sean más simples y rentables. Alternativamente, el primer miembro y el segundo miembro son elementos separados.

20 [0011] En otro aspecto, la presente invención se refiere a un álabe de rotor para una turbina eólica, donde el álabe de rotor está provisto, al menos parcialmente, de un elemento aerodinámico según cualquiera de las formas de realización descritas anteriormente. Una parte específica de un álabe de rotor para una turbina eólica normalmente está proporcionado de un borde de salida de parte posterior plana para cumplir con los requisitos estructurales. El elemento aerodinámico se proporciona en una parte del álabe de rotor que tiene un borde de salida de parte posterior plana para obtener las mejoras en el comportamiento aerodinámico. En otra forma de realización, el elemento aerodinámico se proporciona en una parte del álabe de rotor que tiene una sección transversal sustancialmente cilíndrica. La presencia de dicha sección transversal cilíndrica normalmente también está determinada por los requisitos estructurales y, por lo tanto, el rendimiento operativo se puede mejorar utilizando las formas de realización de la presente invención.

Breve descripción de los dibujos

35 [0012] La presente invención se explicará con más detalle a continuación, utilizando varias formas de realización ejemplares, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

La figura 1 muestra una vista en sección transversal de un elemento aerodinámico según una primera forma de realización de la presente invención;
La figura 2 muestra una vista en sección transversal de un elemento aerodinámico ejemplar; y
40 La figura 3 muestra una vista en sección transversal parcial de un elemento aerodinámico según otra forma de realización más de la presente invención.

Descripción detallada de formas de realización ejemplares

45 [0013] La región de la raíz de un álabe de turbina eólica tiene que garantizar las propiedades estructurales del álabe, incluso si ello perjudicase al rendimiento aerodinámico de esta parte. Sin embargo, con el tamaño cada vez mayor de turbinas eólicas, son deseable buenas características aerodinámicas en la raíz para aumentar el rendimiento general del álabe.

50 [0014] Los perfiles alares gruesos de parte posterior plana son populares hoy en día como elemento aerodinámico en, por ejemplo, álabes de rotor de turbina eólica, porque la forma desafilada del borde de salida contribuye a mejorar el rendimiento de elevación del perfil alar y también a preservar sus propiedades estructurales. El inconveniente de dicha solución es el aumento de la resistencia de base, la inestabilidad del flujo y, como consecuencia, el aumento de ruido (aunque el ruido en la raíz no es la principal fuente de ruido).

55 [0015] La figura 1 muestra una vista en sección transversal de un perfil alar de parte posterior plana 10 a lo largo de la dirección de flujo de aire de, por ejemplo, un álabe de rotor de turbina eólica. El álabe de rotor está proporcionado, al menos parcialmente, (a lo largo de su longitud) de un elemento aerodinámico según una de las formas de realización de la presente invención, por ejemplo, en una parte del álabe de rotor que tiene un borde de salida de parte posterior plana 10c. El perfil alar de parte posterior plana 10 es un tipo específico de elemento aerodinámico y tiene una superficie superior 10a y una superficie inferior 10b, que tienen formas diferentes para proporcionar elevación. El borde de salida 10c del perfil alar 10 es una superficie sustancialmente plana.

60 [0016] Esta forma de realización del perfil alar de parte posterior plana 10 también está provisto de un primer miembro 1 y un segundo miembro 2, que están unidos al borde de salida 10c del perfil alar 10. El primer miembro 1 tiene una superficie superior 1a que está alineada con la superficie superior 10a del perfil alar 10. De forma similar, el segundo miembro 2 tiene una superficie inferior 2a que está alineada con la superficie inferior 10b del

perfil alar 10. Esto tiene el efecto de que la superficie superior 10a del perfil alar se extiende aerodinámicamente sobre una longitud l_1 del primer miembro 1, y que la superficie inferior se extiende aerodinámicamente sobre una longitud l_2 del segundo miembro 2.

5

[0017] Entre el primer y segundo miembros 1, 2, está formada una cavidad 5 que influye en el comportamiento aerodinámico del perfil alar 10. El primer miembro 1 y el segundo miembro 2, en otras palabras, forman un cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina que se ajusta en el borde de salida 10c del perfil alar 10.

10

[0018] En una forma de realización, la longitud l_1 del primer miembro 1 es mayor que la longitud l_2 del segundo miembro 2. Por lo tanto, en otras palabras, un perfil no simétrico es creado por el primer y el segundo miembro.

15

[0019] Como se muestra en la forma de realización de la figura 1, se proporciona una superficie inferior 1b del primer miembro 1, que está curvada. Además, se proporciona una superficie superior 2b del segundo miembro 2 como una superficie curvada.

20

[0020] Al adoptar la forma innovadora, se mantienen las ventajas principales de un perfil alar de parte posterior plana 10, pero el mismo tiempo, se reducen los efectos secundarios negativos. Debido a la cavidad no simétrica 5, cuando el flujo se separa de la superficie inferior 2a, se fusiona con el flujo en el otro lado (desde la superficie superior 1a del primer miembro 1) de una manera "más suave", lo que conduce a un mejor rendimiento. La parte del borde de salida adaptado del perfil alar 10 introduce una perturbación en el campo de flujo de borde de salida, lo que conduce a una reducción del ruido, la resistencia de la base y la inestabilidad del flujo. No hay partes móviles o partes de movimiento en esta solución, por lo que hay menos costes de instalación, mantenimiento y producción.

25

[0021] En la figura 2 se muestra una vista en sección transversal de un perfil alar ejemplar. Aquí, el primer y segundo miembros 1, 2 están combinados como un único cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina y están unidos a una parte de sección transversal sustancialmente circular 11. Esta parte de sección transversal circular 11 es, por ejemplo, la parte de la raíz de forma cilíndrica de un álabe de rotor de turbina eólica más cercana al eje de la turbina eólica (que, en muchos casos, es circular para permitir un control de paso fácil del álabe de rotor). El elemento aerodinámico 11 se proporciona en una parte del álabe de rotor que tiene una sección transversal sustancialmente cilíndrica.

30

[0022] El primer y segundo miembros 1, 2 combinados son diferentes de la forma de realización con el primer miembro 1 y el segundo miembro 2 como elementos separados en la forma de realización de la figura 1. Esto permitiría un ensamblaje más fácil del primer y segundo miembros 1, 2 al borde de salida del elemento aerodinámico 11.

35

[0023] Como en la forma de realización descrita con referencia a la figura 1, el primer miembro 1 tiene una superficie superior 1a que está alineada con una superficie superior 11a de la parte circular 11 (que puede verse como una especie específica de posibles formas de un perfil alar 10). De forma similar, el segundo miembro 2 tiene una superficie inferior 2a que está alineada con la superficie inferior 11b de la parte circular 11.

40

[0024] Como se puede observar en la vista en sección transversal de la figura 2, la cavidad 5 del primer y segundo miembros 1, 2 combinados es una única superficie de bordes de salida de forma cóncava. Cóncavo significa arqueado dentro o curvado hacia adentro. Lo opuesto a cóncavo es convexo, lo que significa curvado hacia fuera o redondeado hacia fuera. Una línea cóncava en un objeto (en este caso, la circunferencia externa de la sección transversal del perfil alar 10) describe un par de puntos unidos por una línea, donde no todos los puntos de la línea están en el objeto. Una línea convexa describe un par de puntos unidos por una línea, donde todos los puntos de la línea también están en el mismo objeto.

50

[0025] En la figura 3, se muestra una vista en sección transversal parcial de una forma de realización adicional de un perfil alar 10 provista de un primer y segundo miembros 1, 2. En esta forma de realización, la superficie inferior 1b del primer miembro 1 y la superficie superior 2b del segundo miembro 2 forman una superficie de bordes afilados que define la cavidad 5 entre sí. Las superficies curvadas 1b, 2b mostradas también se pueden implementar como superficies rectas.

55

[0026] Además, en esta forma de realización, el segundo miembro 2 está unido de manera móvil a la superficie de bordes de salida 10c del perfil alar 10, por ejemplo, pivotante alrededor de un eje indicado por el número de referencia 3. La superficie inferior 2a del segundo miembro 2 aun se mantiene alineada con una superficie inferior 10b del perfil alar para mantener un flujo de aire no perturbado en funcionamiento. Sin embargo, el segundo miembro 2 ajustable se puede usar para ajustar con precisión el comportamiento aerodinámico del perfil alar 10 en su conjunto.

60

[0027] En una forma de realización adicional, el segundo miembro ajustable 2 se controla usando un actuador que está conectado operativamente al segundo miembro 2 para controlar el ángulo de la superficie inferior 2a del segundo miembro 2 con respecto a la superficie inferior 10b del perfil alar 10.

65

- 5 [0028] El perfil alar 10 en combinación con el cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina 1, 2, como se ha descrito anteriormente en varias formas de realización, también puede verse como una nueva geometría para un perfil alar como tal. Desde el punto de vista de la producción, en particular, la forma del borde de salida 10c del perfil alar 10 podría adaptarse con aplicaciones adicionales específicas para el primer y/o segundo miembro 1, 2, en vez de diseñar un molde especial para todo el perfil alar 10, con beneficios de costes. Además, es posible la adaptación de los perfiles alares 10 existentes, incluso cuando ya están instalados (por ejemplo, como álabes de rotor de una turbina eólica).
- 10 [0029] Las formas de realización de la presente invención se han descrito anteriormente con referencia a varias formas de realización ejemplares, como se muestra en los dibujos. Las modificaciones y aplicaciones alternativas de algunas partes o algunos elementos son posibles, si están incluidas en el alcance de protección, tal y como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Sistema que comprende:

- 5 un primer cuerpo que tiene un elemento aerodinámico (10) con un perfil alar de tipo de parte trasera plana que tiene una sección transversal en una dirección de flujo de aire y un borde de salida plano (10c), y un segundo cuerpo **que tiene** un cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina (1, 2) unido al borde de salida plano (10c) del elemento aerodinámico (10),
10 donde el cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina (1, 2) comprende un primer miembro (1) que tiene una superficie superior (1a) alineada con una superficie superior (10a) del elemento aerodinámico (10), y un segundo miembro (2) que tiene una superficie inferior (2a) alineada con una superficie inferior (10b) del elemento aerodinámico (10), donde el primer miembro (1) y el segundo miembro (2) forman, además, una cavidad (5) entre sí, y
15 donde la cavidad (5) tiene un perfil no simétrico, y
donde una longitud (l_1) del primer miembro (1) en una dirección de flujo de aire del elemento aerodinámico (10) es más larga que una longitud (l_2) del segundo miembro (2) en la dirección de flujo de aire del elemento aerodinámico (10).
2. Sistema según la reivindicación 1, donde una superficie inferior (1b) del primer miembro (1) y una superficie superior (2b) del segundo miembro (2) forman una única superficie de borde de salida de forma cóncava.
3. Sistema según la reivindicación 1, donde una superficie inferior (1b) del primer miembro (1) y una superficie superior (2b) del segundo miembro (2) forman una superficie de bordes afilados.
- 25 4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-3, donde el segundo miembro (2) está unido de manera móvil al borde de salida (10c) del elemento aerodinámico (10).
5. Sistema según la reivindicación 4, que comprende, además, un actuador (3) conectado operativamente al segundo miembro (2) para controlar el ángulo de la superficie inferior (2a) del segundo miembro (2) con respecto a la superficie inferior (10b) del elemento aerodinámico (10).
- 30 6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el primer miembro (1) y el segundo miembro (2) están combinados en un único cuerpo de cavidad en forma de cola de golondrina.
- 35 7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, donde el primer miembro (1) y el segundo miembro (2) son elementos separados.
8. Álabes de rotor para una turbina eólica, donde el álabes de rotor está provisto, al menos parcialmente, de un sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1-7.
- 40 9. Álabes de rotor según la reivindicación 8, donde el elemento aerodinámico (10, 1, 2) se proporciona en una parte del álabes de rotor que tiene un borde de salida de parte posterior plana (10c).
- 45 10. Álabes de rotor según la reivindicación 8 o 9, donde el elemento aerodinámico (10, 1, 2) se proporciona en una parte del álabes de rotor que tiene una sección transversal sustancialmente cilíndrica (11).

Fig. 1

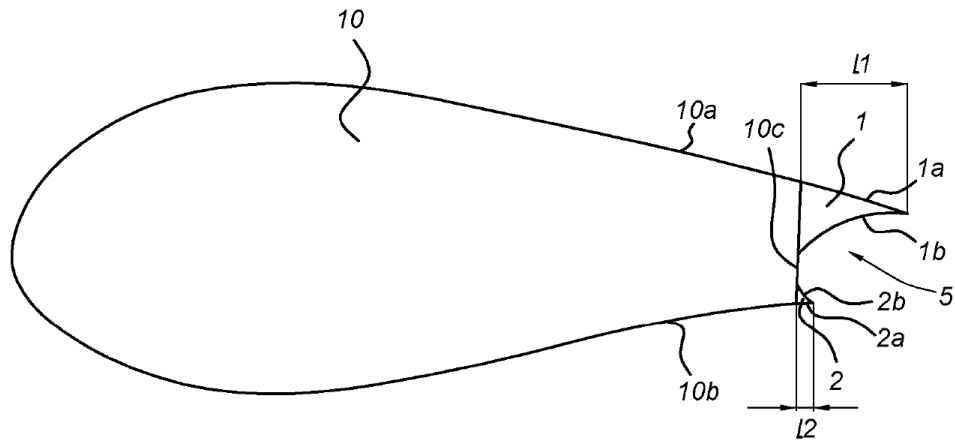


Fig. 2

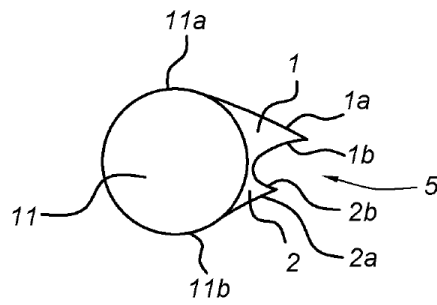


Fig. 3

