



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 340 522**

51 Int. Cl.:
F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **06791470 .5**

96 Fecha de presentación : **17.10.2006**

97 Número de publicación de la solicitud: **1945942**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **23.07.2008**

54 Título: **Pala para un rotor de una turbina eólica.**

30 Prioridad: **17.10.2005 DK 2005 01451**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
04.06.2010

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
04.06.2010

73 Titular/es: **LM GLASFIBER A/S**
Rolles Moellevej 1
6640 Lunderskov, DK

72 Inventor/es: **Grabau, Peter**

74 Agente: **Elzaburu Márquez, Alberto**

ES 2 340 522 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 para un rotor de una turbina eólica.

5 Campo técnico

La presente invención está relacionada con una pala para un rotor de una turbina eólica que tiene un eje rotor substancialmente horizontal, comprendiendo el mencionado rotor un cubo, desde el cual se extiende la pala substancialmente en forma radial al montarse, comprendiendo la mencionada pala un plano de cuerda que se extiende entre el borde de ataque y el borde de salida, de la mencionada pala, y la pala mencionada que comprende un área de encastrado más cercana al cubo, un área del perfil aerodinámico más alejada desde el cubo y un área de transición entre el área de encastrado y el área del perfil aerodinámico, y la mencionada pala que comprende un único perfil aerodinámico a lo largo substancialmente del área total del perfil aerodinámico.

15 Antecedentes de la técnica

Idealmente una pala del tipo de perfil aerodinámico está conformada al igual que un ala típica de un aeroplano, en donde el ancho del plano de la cuerda de la pala así como también la primera derivada de la misma se incrementa continuamente al disminuir la distancia desde el cubo. Esto da lugar a una pala que es comparativamente ancha en la proximidad del cubo. Esto de nuevo da lugar a problemas al tener que montar la pala en el cubo, y además esto provoca grandes cargas al montar la pala, tal como las cargas en las tormentas, debido a la gran área superficial de la pala.

En consecuencia, a través de los años, la construcción de las palas ha estado desarrollando una forma en la cual la pala comprende un área de encastrado más cercana al cubo, un área del perfil aerodinámico más alejada del cubo, y un área de transición entre el área de encastrado y el área del perfil aerodinámico. El área del perfil aerodinámico tiene un perfil ideal de la forma de una pala ideal, mientras que el área de encastrado tiene una sección transversal substancialmente circular, lo cual reduce las cargas por tormentas, y la convierte en una forma más fácil y segura de montar la pala en el cubo. El diámetro del área del encastrado es preferiblemente constante a lo largo del área total de encastrado. Debido a la sección transversal circular, el área de encastrado no contribuye al rendimiento de empuje de la turbina eólica, y de hecho reduce su rendimiento de empuje un poco debido a la resistencia al viento. Tal como se sugiere por el nombre, el área de transición tiene una forma que cambia gradualmente desde la forma circular del área de encastrado hacia el perfil aerodinámico del área del perfil aerodinámico. Típicamente, el ancho del área de transición se incrementa substancialmente en forma lineal al incrementar la distancia desde el cubo.

Es bien conocido en la industria aeronáutica que los aeroplanos construidos con dos alas, denominados como biplanos, pueden normalmente elevarse más que un aeroplano con solo un ala. Esto permite un incremento de la sustentación total de las alas del aeroplano sin incrementar el ancho de las alas.

Este principio es conocido también en relación con las palas para las turbinas eólicas, es decir, mediante la fabricación de turbinas eólicas con dos o más rotores. El documento CA 2395612 describe una turbina eólica con dos rotores coaxiales en donde un rotor gira más rápido que el segundo. El documento GB 758628 describe una turbina eólica con dos rotores coaxiales que giran en sentidos opuestos.

El documento WO 98/31934 expone una pala diseñada al igual que un biplano. La pala está construida por los medios de dos largueros paralelos conectados mutuamente por los medios de brazos transversales. Se encuentran fijados dos elementos aerodinámicos sobre cada larguero, en donde los mencionados elementos comprenden un borde de ataque y un borde de salida, respectivamente, proporcionando conjuntamente un perfil aerodinámico.

El documento US 5161952 expone una construcción de un biplano con rotores de turbinas eólicas. La turbina eólica está diseñada de forma que estén conectadas dos palas rectas en el cubo del rotor, a una distancia entre sí. Las puntas de las dos palas están interconectadas.

El documento EP-A-0009767 expone otra construcción de la técnica anterior de una pala de turbina eólica.

55 Exposición de la invención

El objeto de la invención es proporcionar una nueva construcción mejorada de una pala.

De acuerdo con la invención, este objeto se consigue mediante una pala de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende al meno un primer segmento de encastrado y un segundo segmento de encastrado a lo largo substancialmente del área total de encastrado, en donde los mencionados segmentos están dispuestos con una distancia mutua transversal con respecto al plano de la cuerda, y por al menos uno de los segmento de encastrado que tengan un perfil aerodinámico. De esta forma, el segmento de encastrado aerodinámico contribuye al rendimiento de empuje de la turbina eólica.

De acuerdo con una realización preferida de la pala de acuerdo con la invención, el plano de la cuerda de la pala está girado en la dirección longitudinal de la pala, en donde el giro puede ser de hasta 80 grados en el sentido longitudinal

ES 2 340 522 T3

de la pala. Típicamente, el giro se realiza entre 60 y 70 grados. Usualmente, la primera derivada del giro se incrementa al reducir la distancia hacia el cubo, lo cual significa que el plano K1 de la cuerda en el área 2 de encastrado es preferiblemente alta en comparación.

5 De acuerdo con una realización preferida de la invención, el plano de la cuerda de al menos un segmento de encastrado con un perfil aerodinámico es substancialmente paralelo al plano de la cuerda de la propia pala en el área más próxima al cubo. Preferiblemente, el plano de la cuerda de la pala está girado en el sentido longitudinal de la pala, con el fin de compensar el incremento en la velocidad local de la pala al aumentar la distancia desde el cubo, lo cual significa que la pala “ve” el sentido del viento de forma distinta dependiendo del radio desde el cubo. Esto
10 significa que en esta realización, el curso del plano de la cuerda en el sentido longitudinal del área de encastrado es una continuación del curso del plano de la cuerda en el sentido longitudinal del área del perfil aerodinámico y/o del área de la transición.

15 De acuerdo con una realización en particular de la invención, el primer y el segundo segmentos del encastrado están provistos con perfiles aerodinámicos. De esta forma, los segmentos de encastrado contribuyen al rendimiento de empuje de la turbina eólica y pueden diseñarse de forma tal que la contribución total de los dos segmentos puedan corresponder a la contribución de la porción ancha de la pala ideal.

20 De acuerdo con una realización preferida, el plano de la cuerda de al menos un segmento de encastrado con perfil aerodinámico tiene un ancho substancialmente constante, en donde el plano de la cuerda del área de transición llega a ser más ancho al incrementar la distancia desde el cubo, y el plano de la cuerda del área de perfil aerodinámico llega a ser más estrecho al incrementar la distancia desde el cubo. Así pues, la pala de acuerdo con la invención tiene un perfil correspondiente a las palas convencionales, de forma que los moldes existentes para las palas pueden ser modificados de una forma comparativamente simple, con el fin de poder ser capaz de fabricar los nuevos tipos de
25 palas.

De acuerdo con una realización en particular, el área de transición comprende al menos un primer segmento de transición y un segundo segmento de transición, en donde los mencionados segmentos están dispuestos a una distancia mutua, tal como se observa transversalmente con respecto al plano de la cuerda, en donde al menos uno
30 de los segmentos de transición está provisto con un perfil aerodinámico. Preferiblemente, el plano de la cuerda de al menos un segmento de transición con un perfil aerodinámico es substancialmente paralelo al plano de la cuerda de la propia pala en la transición entre el área de transición y el área del perfil aerodinámico, y preferiblemente ambos segmentos de transición están provistos con perfiles aerodinámicos.

35 Típicamente, la longitud total del área de encastrado y el área de transición es del 5% y 25% de la longitud total de la pala o incluso entre el 5% y 15% de la longitud total de la pala.

40 De acuerdo con una realización preferida de la invención, el primer y segundo segmentos de encastrado están unidos en la parte del área de transición más próxima al cubo. De esta forma, el área de transición puede tener un perfil correspondiente a una pala convencional, mientras que solo el área de encastrado tendrá un perfil doble.

45 De acuerdo con otra realización de la pala, el primer y segundo segmentos de encastrado se fusionan en el primer y el segundo segmentos de transición, en donde el primer y segundo segmentos de transición se unen con la porción del área de transición más alejada desde el cubo. De esta forma, el área de transición tiene también una estructura doble y por tanto potencialmente con una sustentación mayor.

50 De acuerdo con una realización preferida, el primer y segundo segmentos de encastrado se unen para formar un área de montaje común en la porción del área de encastrado más cercana al cubo. Preferiblemente, esta área de montaje tiene una sección transversal substancialmente circular. De esta forma, la pala de acuerdo con la invención puede tener un reborde de montaje correspondiente a las palas convencionales, de forma que estas nuevas palas puedan encajar en los cubos existentes.

Breve descripción de los dibujos

55 La invención se expone con detalles más adelante y con referencia a los dibujos, en donde:

la figura 1 muestra una vista superior de una pala ideal del tipo de perfil aerodinámico.

60 la figura 2 muestra una vista en perspectiva de una pala convencional del tipo de perfil aerodinámico, y

las figuras 3-9 muestran distintas realizaciones de la pala de acuerdo con la invención.

Modos óptimos de la realización de la invención

65 La figura 1 muestra una realización de una pala ideal 20 del tipo de perfil aerodinámico. La pala está provista con una parte de encastrado 21 adaptada para su fijación a un cubo de una turbina eólica. La pala ideal 20 está diseñada de forma tal que el ancho de la pala 20 disminuya con el aumento de la distancia L desde el cubo. Además de ello, la primera derivada del ancho de la pala 20 disminuye también al aumentar la distancia desde el cubo 20, lo cual significa

ES 2 340 522 T3

que, idealmente, la pala 20 es muy ancha en el área de encastre 21. Esto provoca problemas con respecto a la fijación de la pala 20 en el cubo. Además de ello, al montarla, la pala 20 impacta el cubo grandes cargas de tormenta, debido a la gran área de la superficie de la pala 20.

5 En consecuencia, a través de los años, la construcción de las palas se ha desarrollado hacia un perfil, en donde la parte exterior de la pala corresponda a la pala ideal 20, mientras que el área superficial del área de encastrado sea substancialmente reducida en comparación con la pala ideal. Esta realización está ilustrada con una línea de trazos en la figura 1, mostrándose en la figura 2 una vista en perspectiva de la misma.

10 Tal como se observa en la figura 2, la pala convencional 1 comprende un área de encastrado 2 más próxima al cubo, un área del perfil aerodinámico 4 más alejada del cubo, y un área de transición 3 entre el área de encastrado 2 y el área 4 del perfil aerodinámico. La pala 1 comprende un borde ataque 5 enfrenteado al sentido de rotación de la pala 1, cuando la pala se encuentre montada sobre el cubo, y un borde de salida 6 enfrenteado al sentido opuesto con respecto al borde de ataque 5. El área 4 del perfil aerodinámico tiene un perfil de la pala casi ideal, mientras que el área 2 de encastrado tiene una sección transversal substancialmente circular, lo cual reduce las cargas de tormenta, y la hace más fácil y segura de montar la pala 1 en el cubo. Preferiblemente, el diámetro del área 2 de encastrado es constante a lo largo del área total 2 de encastrado. El área de transición 3 tiene un perfil que cambia gradualmente desde la forma circular del área 2 de encastrado hasta el perfil aerodinámico del área 4 del perfil aerodinámico. El ancho del área 3 de transición se incrementa substancialmente en forma lineal al aumentar la distancia L desde el cubo.

20 El área 4 del perfil aerodinámico tiene un perfil aerodinámico con un plano K de la cuerda que se extiende entre el borde de ataque 5 y el borde de salida 6 de la pala 1. El ancho del plano de la cuerda disminuye al aumentar la distancia L desde el cubo. Se observará que el plano de la cuerda no discurre necesariamente justo sobre la extensión completa, puesto que la pala puede realizar una torsión y/o curvarse, proporcionando por tanto al plano de la cuerda un curso torsionado y/o curvado, siendo este el caso más frecuente con el fin de compensar la velocidad local de la pala para que sea dependiente del radio del cubo.

25 Debido a la sección transversal circular, el área de encastrado 2 no contribuye al rendimiento de empuje de la turbina eólica, y de hecho reduce el rendimiento de empuje un poco debido a la resistencia al viento. La idea de la invención es por tanto dividir el área de encastrado 2 y opcionalmente también el área de transición 3 en dos o más segmentos, en donde al menos uno de estos segmentos tenga un perfil que proporcione sustentación a esta parte de la pala 1, y por tanto contribuir al rendimiento del empuje de la turbina eólica.

30 La figura 3A muestra una primera realización de una pala, de acuerdo con la invención, en donde la pala está siendo observada hacia el borde de ataque 5, mientras que la figura 3B muestra una sección a lo largo de la línea BB y la figura 3C muestra una sección a lo largo de la línea CC de la figura 3A, en donde la sección CC está situada en la transición entre el área 2 de encastrado y el área de transición 3. De acuerdo con esta realización, el área de encastrado 2 se divide en un primer segmento de encastrado 7 y un segundo segmento 8 de encastrado, y el área de transición 2 se divide en un primer segmento de transición y un segundo segmento 10 de transición. Los dos segmentos de transición 9 y 10 están unidos en la transición entre el área de transición 3 y el área 4 del perfil aerodinámico. Como resultado de ello, existe un espacio libre 17 entre los segmentos. Adicionalmente, los segmentos pueden conectarse mutuamente por los medios de rigidez dispuestos en el espacio 17 entre los segmentos. Estos medios de rigidez pueden proporcionarse por ejemplo como una construcción de una rejilla de por ejemplo acero, y puede proporcionarse además por ejemplo un perfil denominado como de reducción de la resistencia al viento, en donde la sección transversal del perfil tiene una forma de gota simétrica. De esta forma, se reduce la resistencia al viento de los medios de rigidez, y pudiendo disminuir las inmisiones de ruido

35 La figura 3B muestra el área de montaje de la pala. Los perfiles de los segmentos de la pala en esta área se forman de manera que estén situados dentro de una pala convencional correspondiente con una parte de encastrado circular (que se muestra con una línea de trazos 12). El primer segmento 7 de encastrado está provisto con un perfil aerodinámico en el área de montaje, que comprende un plano de la cuerda K1, mientras que el segundo segmento de encastrado 8 está provisto con un perfil que reduce la resistencia al viento del segmento, sin contribuir necesariamente al rendimiento del empuje de la turbina eólica. El primer segmento 7 del encastrado se fusiona dentro del primer segmento de transición 9, que está provisto también con un perfil aerodinámico, que comprende un plano de la cuerda K3. El segundo segmento de encastrado 8 se fusiona dentro del segundo segmento de transición 10, y cambia gradualmente desde un perfil con una resistencia reducida al viento en el área de montaje hasta un perfil aerodinámico real que comprende un plano de la cuerda K4 en el segundo segmento de transición 10. El plano de la cuerda K está torsionado usualmente a lo largo del sentido longitudinal de la pala, para compensar la velocidad local de la pala. En consecuencia, el curso de los planos de la cuerda K1, K3 y K4 es una continuación del curso del plano de la cuerda K de la pala en el área 4 del perfil aerodinámico.

40 El plano de la cuerda K de la pala puede estar torsionado a un valor de 75-80 grados en el sentido longitudinal de la pala, pero típicamente entre 60 y 70 grados. Usualmente, la primera derivada de la torsión se incrementa con la disminución de la distancia hasta el cubo, lo cual significa que la torsión del plano de la cuerda K1 en el área 2 de encastrado es preferible y comparativamente alta.

45 El primer segmento de encastrado 7 y el segundo segmento de encastrado 8 están provistos con varios agujeros de montaje 11 en el área de montaje. Estos agujeros 11 tienen la misma posición que en una pala convencional con

ES 2 340 522 T3

una parte de encastrado circular 12. Así pues, la nueva pala de acuerdo con la invención puede montarse en cubos convencionales, y por tanto reemplazar las palas existentes durante la renovación de una forma sencilla.

5 Las figuras 4 y 5 muestran una segunda y tercera realizaciones de la invención, respectivamente, y que son modificaciones de la realización mostrada en la figura 3. En consecuencia, solo se exponen aquí las diferencias. En la segunda realización mostrada en la figura 4, el segundo segmento de encastrado 8¹ está provisto también con un perfil aerodinámico que comprende un plano de la cuerda K2 en el área de montaje. Además de ello, el perfil del segmento de encastrado 8¹ se extiende más allá del perfil circular convencional de la parte de encastrado 12, tal como es evidente en la figura 4B. La figura muestra también que los planos de la cuerda de los dos segmentos pueden formar mutuamente un ángulo.

15 De acuerdo con una tercera realización mostrada en la figura 5, el primer y segundo segmentos de encastrado 7², 8² así como también el primer y segundo segmentos de transición 9², 10² tienen unos perfiles simétricos. Los perfiles se muestran con los planos de la cuerda paralelos al sentido de rotación de la pala, sin embargo los perfiles pueden preferiblemente formar un ángulo con respecto al sentido de rotación, en donde el ángulo se selecciona basándose en maximizar la sustentación.

20 Tal como se observa en la figura 5B, el primer segmento de encastrado 7² y el segundo segmento de encastrado 8² se extienden más allá del perfil circular de la parte 12 de encastrado convencional. Finalmente, se observará que los segmentos de encastrado de la realización mostrada en las figuras 4 y 5 así como también en la realización mostrada en la figura 3, cada uno se fusiona en un segmento de transición correspondiente (9², 9³, 10², 10³), en donde los mencionados segmentos se unen para formar un perfil común en la transición entre el área de transición 3 y el área 4 del perfil aerodinámico.

25 La figura 6 muestra una cuarta realización de la pala, en donde el primer segmento de encastrado 7³ y el segundo segmento de encastrado 8³ están unidos en el área de montaje 22. Tal como se observa en la figura 6B, el área de montaje 22 es circular y contiene los agujeros de montaje 11, estando aseguradas las palas al cubo mediante pernos a través de los mencionados agujeros. La pala está por tanto adaptada a los cubos convencionales y por tanto pudiendo reemplazar las palas existentes en las turbinas eólicas ya instaladas durante una renovación.

30 La figura 7 muestra una quinta realización de la pala, en donde el primer segmento del encastrado 7⁴ y el segundo segmento de encastrado 8⁴ están unidos en el área de montaje 22, pero en donde los dos segmentos no están unidos a una distancia determinada del cubo, sino que en su lugar aparecen como dos partes de pala independientes con longitudes diferentes. Es evidente también a partir de la figura 7 que los distintos segmentos del encastrado no tienen necesariamente el mismo grosor.

35 La figura 8 muestra una sexta realización de la pala, en donde un primero, un segundo y un tercer segmentos de encastrado 7⁵, 8⁵, 13, se fusionan en un primero, segundo y tercer segmento de transición 9⁵, 10⁵, 14, respectivamente. El primero y el segundo segmentos de encastrado 7⁵, 8⁵, así como también el primero y el segundo segmentos de transición 9⁵, 10⁵ se muestran aquí con un perfil en donde se reduce la resistencia al viento de estos segmentos, mientras que el tercer segmento de encastrado 13 y el tercer segmento de transición 14 están provistos con un perfil actual del perfil aerodinámico. No obstante, los perfiles pueden estar provistos todos con perfiles que incrementen la sustentación de las áreas correspondientes y por tanto también el rendimiento de la turbina eólica. Por supuesto, los tres segmentos de encastrado 7⁵, 8⁵, 13 pueden unirse en el área de montaje justo al igual que la realización mostrada en las figuras 6 y 7.

40 La figura 9 muestra una realización correspondiente a la realización de la figura 6, pero en donde la pala está provista adicionalmente con una primera parte 15 de pala montada en forma independiente, y una segunda parte 16 de pala montada por separado. Las partes 15, 16 de la pala montadas por separado están montadas sobre el primer y segundo segmentos de encastrado 7³, 8³, respectivamente, por los medios de varios medios 18 de retención. Las partes 15 y 18 de la pala se extienden a lo largo del área de encastrado 2, y opcionalmente también a lo largo del área de transición 3 de la pala. Los medios de retención pueden estar formados, por ejemplo, con un perfil de reducción de la resistencia al viento para disminuir la resistencia al viento y las inmisiones de ruido.

55 La invención se ha descrito con referencia a las realizaciones preferidas. Son concebibles muchas modificaciones sin desviarse por tanto del alcance de las reivindicaciones. Por ejemplo, la realización mostrada en la figura 9 puede tener solo una parte de la pala montada por separado. Son concebibles también las realizaciones en donde varios segmentos tienen una regulación del ángulo de la pala independiente.

60

Lista numeral de referencia

- | | | |
|----|------|--------------------|
| 1 | pala | |
| 65 | 2 | área de encastrado |
| | 3 | área de transición |

ES 2 340 522 T3

4	área del perfil aerodinámico	
5	borde de ataque	
5	6	borde de salida
	7	primer segmento de encastrado
	8	segundo segmento de encastrado
10	9	primer segmento de transición
	10	segundo segmento de transición
15	11	agujero de montaje
	12	parte circular de encastrado
	13	tercer segmento de encastrado
20	14	cuarto segmento de encastrado
	15	primera parte de la pala montada por separado
25	16	segunda parte de la pala montada por separado
	17	espacio libre
	18	medios de retención
30	20	pala
	21	parte del encastrado
35	22	área de montaje
	Kx	plano de la cuerda
40	L	dirección longitudinal

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

5 1. Una pala (1) para un rotor de una turbina eólica que tiene un eje rotor substancialmente horizontal, en donde el mencionado rotor comprende un cubo, desde el cual la pala (1) se extiende substancialmente en forma radial al montarse, en que la mencionada pala (1) comprende un plano de la cuerda (K) que se extiende entre el borde de ataque (5) y el borde de salida (6) de la mencionada pala, y la mencionada pala (1) que comprende un área de encastrado (2) más próxima al cubo, un área (4) del perfil aerodinámico más alejada del cubo y un área de transición (3) entre el área de encastrado (2) y el área (4) del perfil aerodinámico, y en donde la mencionada pala (1) comprende un único perfil aerodinámico substancialmente a lo largo de la totalidad del área (4) del perfil aerodinámico, en donde la pala (1) comprende al menos un primer segmento (7) de encastrado, y un segundo segmento de encastrado (8) a lo largo substancialmente de la totalidad del área (2) de encastrado, en donde los mencionados segmentos están dispuestos en una mutua distancia transversal al plano de la cuerda (K), y en donde al menos uno de los segmentos de encastrado (7, 8) tiene un perfil aerodinámico, **caracterizada** porque la longitud total del área de encastrado y el área de transición se encuentra entre el 5% y el 25% de la longitud total de la pala, y en donde el área (2) de encastrado de la pala (1) está provista con varios agujeros (11) de montaje dispuestos a lo largo de un círculo.

20 2. Una pala (1) de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada** porque el plano de la cuerda (K) de la pala está torsionado en la dirección longitudinal (L) de la pala, en donde la torsión puede llegar a ser de 80 grados en la dirección longitudinal (L) de la pala.

25 3. La pala (1) de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada** porque el plano de la cuerda (K1, K2) de al menos un segmento de encastrado (7, 8) con el perfil aerodinámico es substancialmente paralelo al plano de la cuerda (K) de la pala en sí misma en el área más cercana al cubo.

30 4. La pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque ambos primer y segundo segmentos (7, 8) están provistos con perfiles aerodinámicos.

35 5. La pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el plano de la cuerda (K1, K2) de al menos un segmento de encastrado (7, 8) con un perfil aerodinámico tiene substancialmente una anchura máxima, en donde el plano de la cuerda (K3, K4) del área (3) de transición llega a ser más ancho al aumentar la distancia (L) desde el cubo, y en donde el plano de la cuerda (K) del área del perfil aerodinámico (4) llega a ser más estrecho al aumentar la distancia desde el cubo.

40 6. La pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el área (3) de transición comprende al menos un primer segmento de transición (9) y un segundo segmento (10) de transición, en donde los mencionados segmentos están dispuestos con una distancia mutua, tal como se observa en forma transversal al plano de la cuerda (K), en donde al menos uno de los segmentos de transición (9, 10) está provisto con un perfil aerodinámico.

45 7. La pala (1) de acuerdo con la reivindicación 6, **caracterizada** porque el plano de la cuerda (K1, K2) de al menos un segmento de transición (9, 10) con perfil aerodinámico es substancialmente paralelo al plano de la cuerda (K) de la pala en sí en la transición entre el área de transición (3) y el área (4) del perfil aerodinámico.

8. La pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-5, **caracterizada** porque el primer y segundo segmentos de encastrado (7, 8) están unidos en la porción del área de transición (3) más cercana al cubo.

50 9. La pala (1) de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, **caracterizada** porque el primer y el segundo segmentos de transición (7, 8) se fusionan dentro del primer y segundo segmentos de transición (9, 10), en donde el primer y segundo segmentos de transición (9, 10) están unidos con la porción del área de transición (3) más alejada desde el cubo.

55 10. La pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque el primer y segundo segmentos (7, 8) de encastrado están unidos para formar un área de montaje común en la porción del área de encastrado (2), teniendo preferiblemente la mencionada área una sección transversal substancialmente circular.

60 11. La pala (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada** porque la pala está provista adicionalmente con una primera parte (15) de pala montada por separado, y una segunda parte (16) de pala montada por separado.

65

65

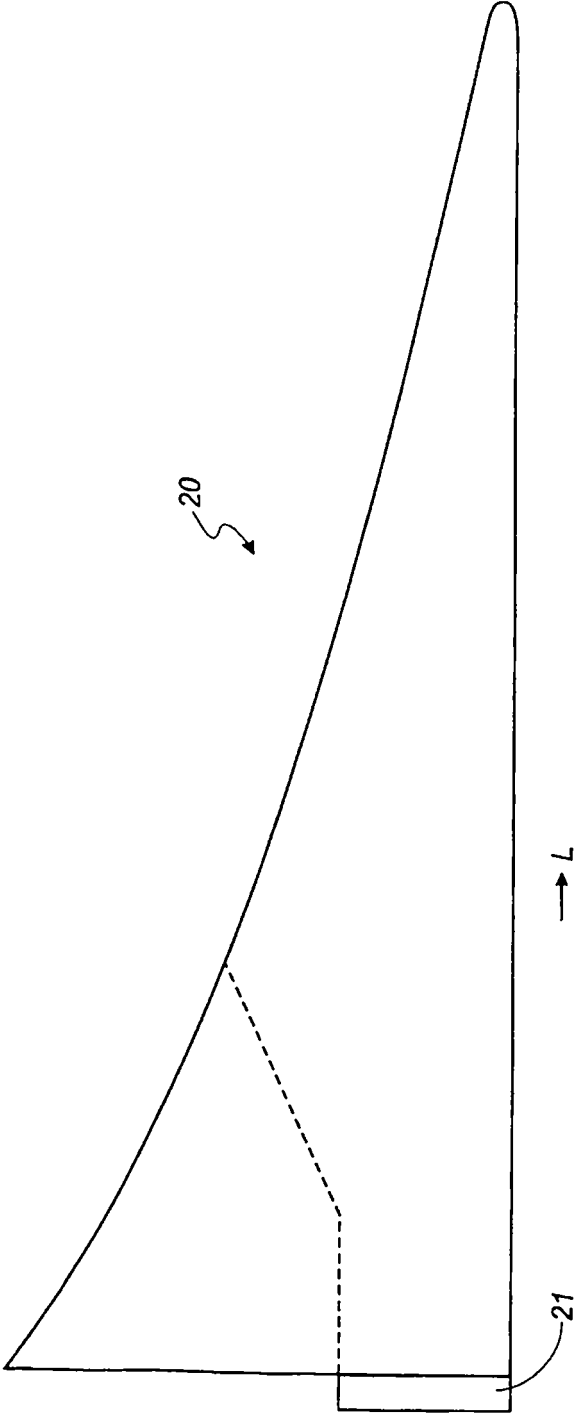


Fig. 1

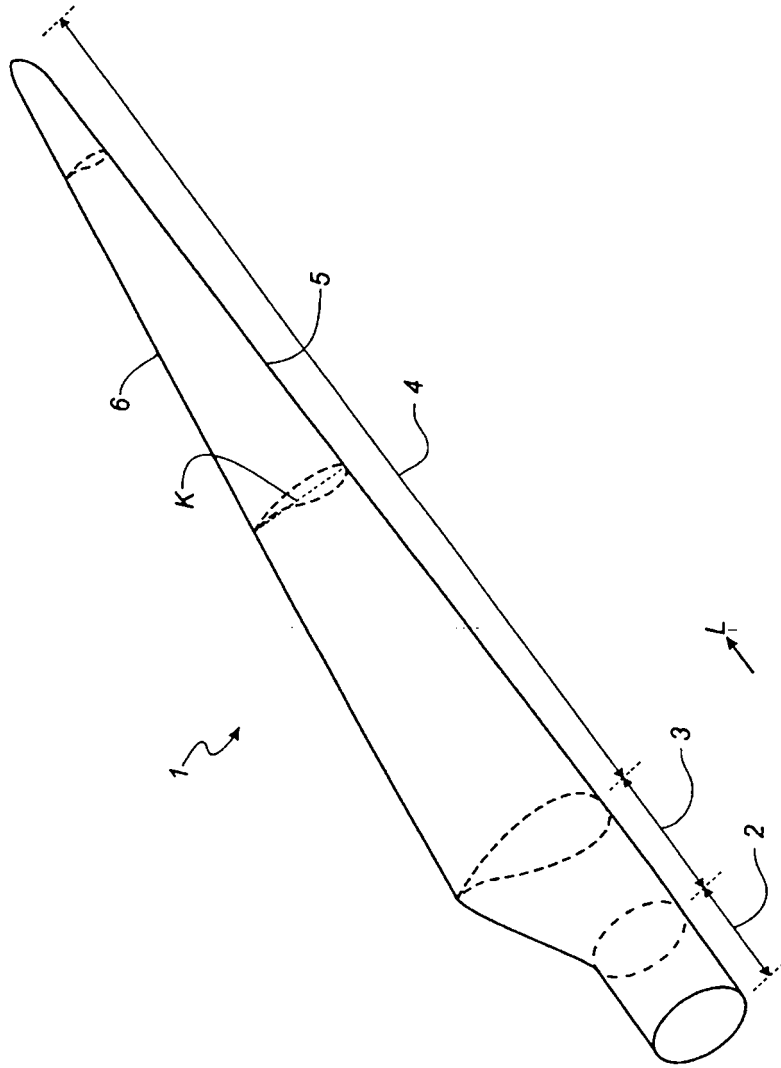


Fig. 2

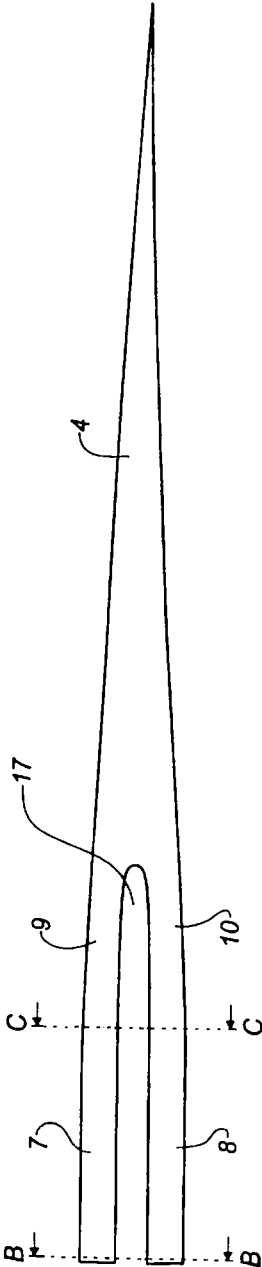


Fig. 3A

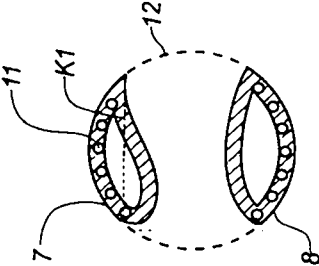


Fig. 3B

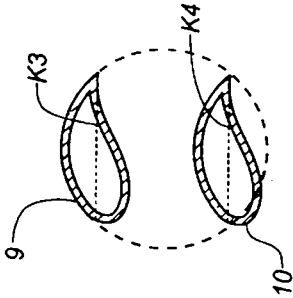


Fig. 3C

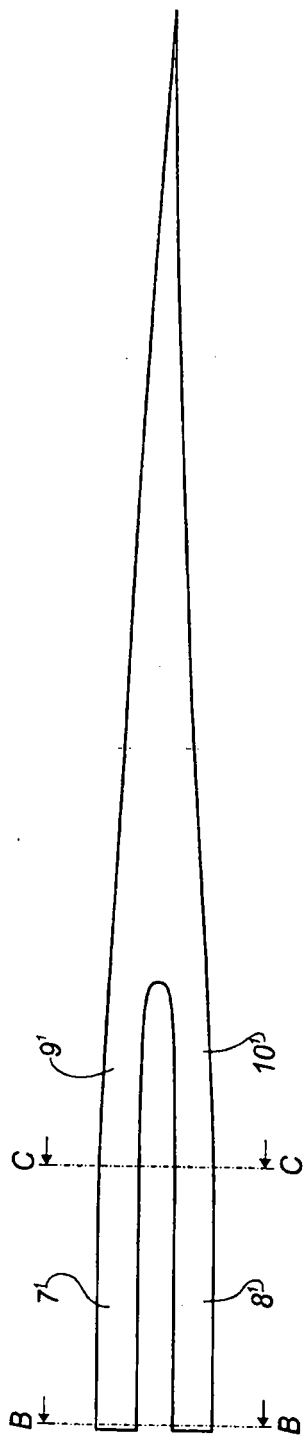


Fig. 4A

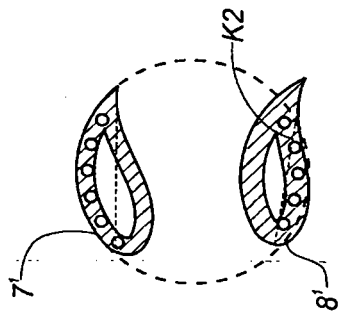


Fig. 4B

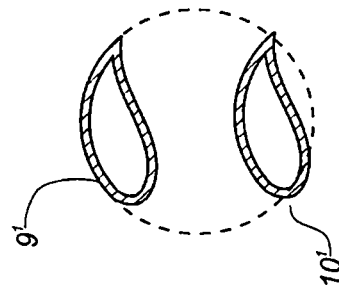


Fig. 4C

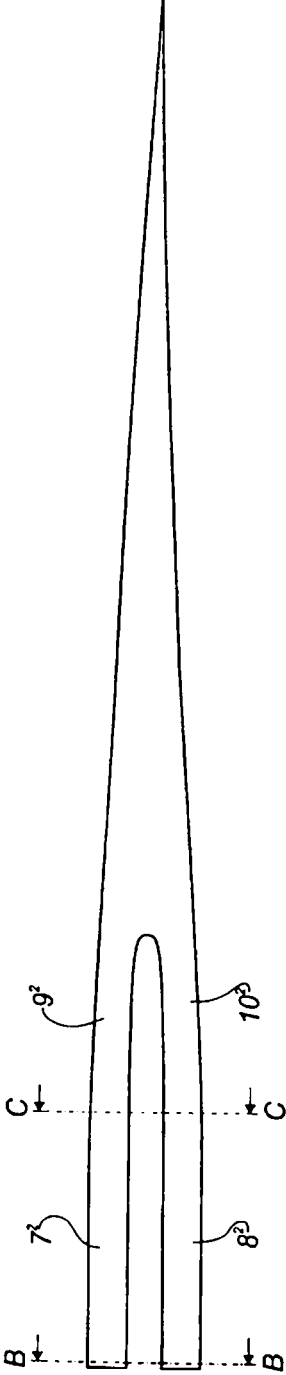


Fig. 5A

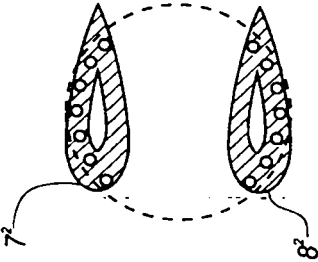


Fig. 5B

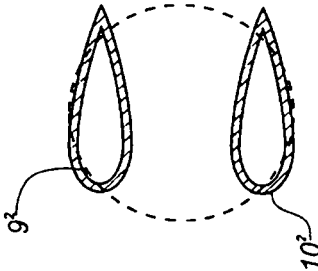


Fig. 5C

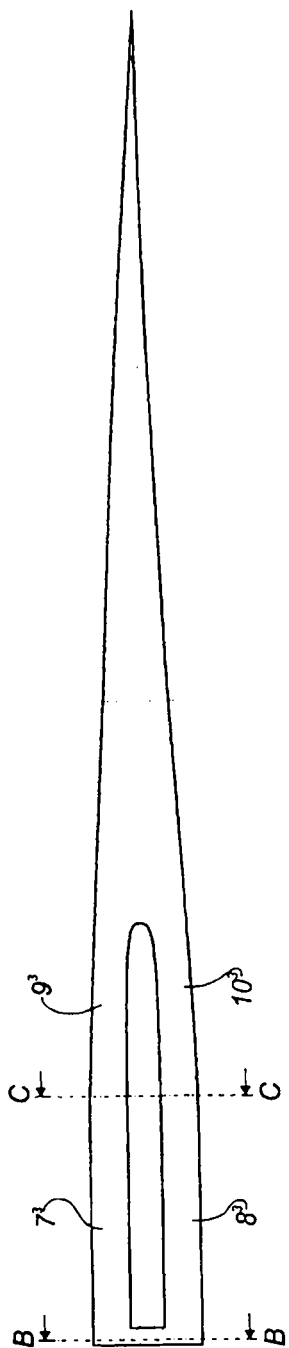


Fig. 6A

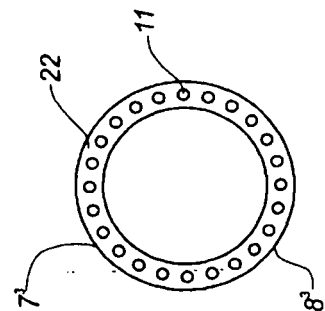


Fig. 6B

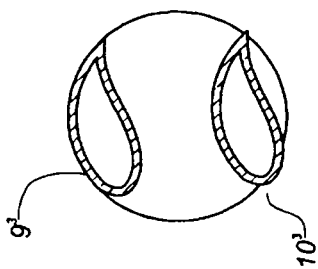


Fig. 6C

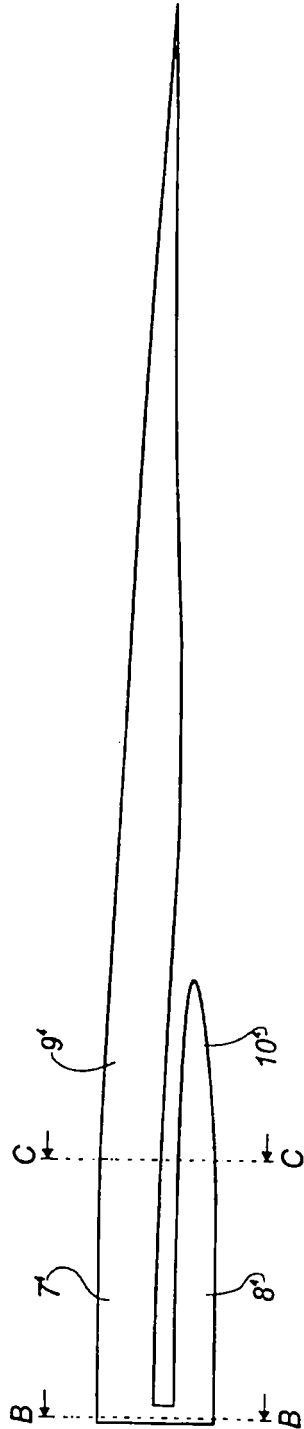


Fig. 7A

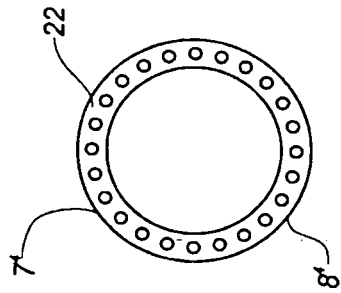


Fig. 7B

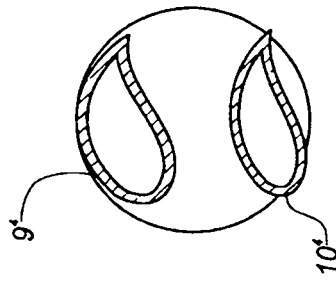


Fig. 7C

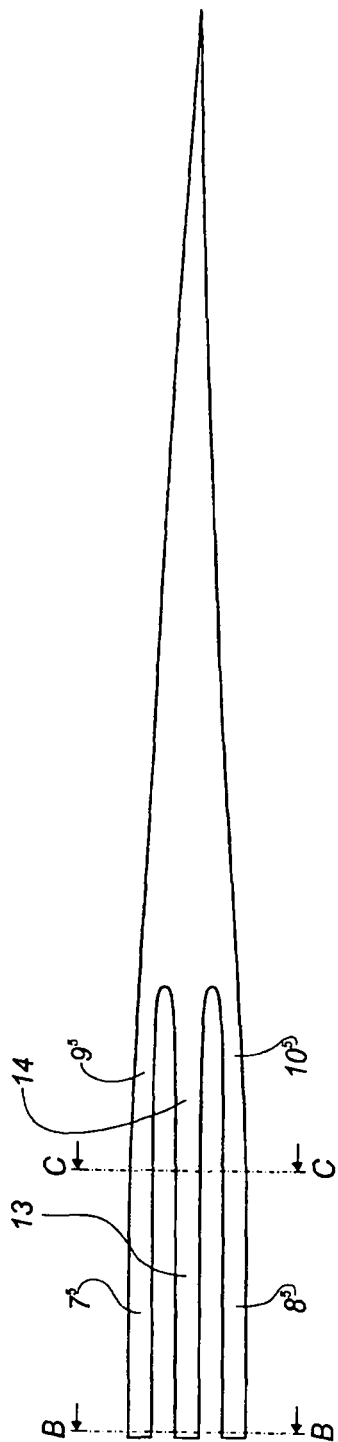


Fig. 8A

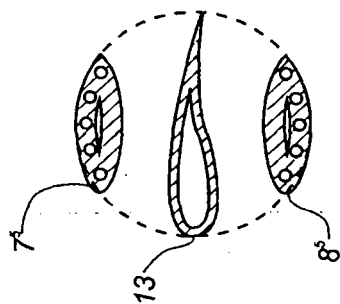


Fig. 8B

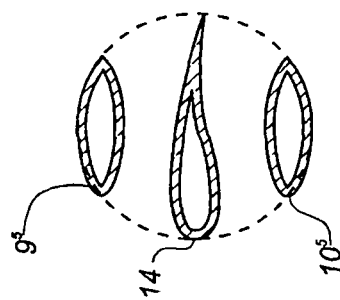


Fig. 8C

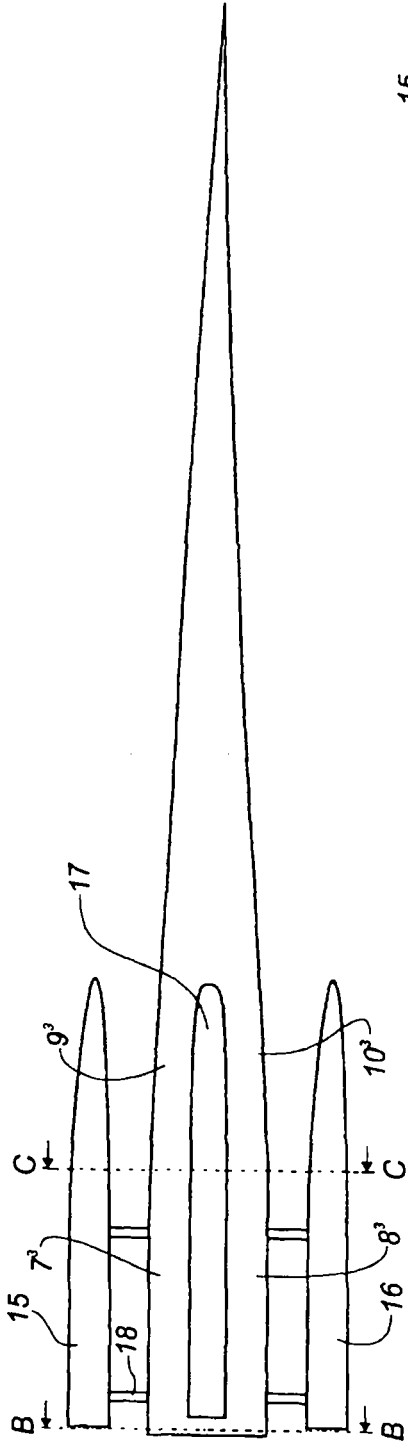


Fig. 9A

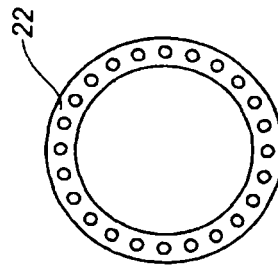


Fig. 9B

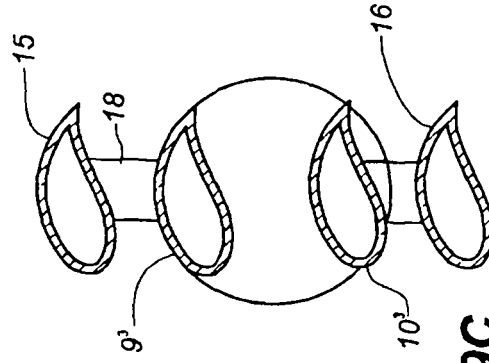


Fig. 9C