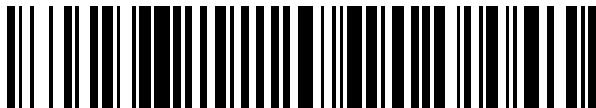


(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 401 881**

(51) Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

(12)

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.10.2004 E 04790164 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2012 EP 1671030**

(54) Título: **Pala de rotor para una planta de energía eólica**

(30) Prioridad:

10.10.2003 DE 10347802

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

25.04.2013

(73) Titular/es:

**REPOWER SYSTEMS SE (100.0%)
Überseering 10
22297 Hamburg, DE**

(72) Inventor/es:

**QUELL, PETER y
PETSCHE, MARC**

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 401 881 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 rotor para una planta de energía eólica

La presente invención se refiere a una pala de rotor para una planta de energía eólica con una instalación para la optimización de la recirculación de acuerdo con el preámbulo de la reivindicación 1.

- 5 Las plantas de energía eólica presentan un rotor con una o varias palas de rotor. Cada una de las palas de rotor presenta un perfil con un espesor relativo que se reduce esencialmente desde la raíz de la pala hacia fuera hacia la punta de la ala. El perfil está formado de tal manera que se configura un lado de aspiración y un lado de presión, de tal modo que durante la recirculación con aire móvil se produce una presión negativa con el lado de aspiración frente al lado de la presión. La diferencia de la presión entre el lado de presión y el lado de aspiración conduce a una sustentación, que provoca una rotación del rotor, que se utiliza de nuevo para el accionamiento de un generador que genera corriente eléctrica.

Condición previa para un alto rendimiento del rotor y, por lo tanto, una alta producción de la planta de energía eólica es una recirculación lo más inalterada posible del perfil perpendicularmente al eje de la pala de rotor sobre toda la zona de las palas de rotor.

- 10 15 Sin embargo, en palas de rotor conocidas hay que observar que la circulación de aire existente se rompe sobre el lado de aspiración y aparece una región de agua muerta, que reduce la sustentación de la pala del rotor y frena la pala del rotor, elevando su resistencia. La región de agua muerta designa normalmente la zona de la circulación disuelta. Ambos factores reducen el rendimiento de la planta de energía eólica.

- 20 Se conocen a partir del documento GB 23775331 aletas, que presentan elementos dispuestos en su lado de aspiración. El cometido de estos elementos es dirigir la circulación que fluye alrededor de las aletas en la dirección de ataque de la corriente. A tal fin, los elementos dispuestos sobre las aletas presentan, vistos en la dirección de ataque de la corriente, un frontal cóncavo y una cola que se estrecha hacia atrás.

El documento RU 2218477 publicado posteriormente muestra una aleta, que está rodeada en varios lugares en la zona de toda su periferia por un elemento plano.

- 25 En general, la rotura de la circulación, vista en la dirección de la circulación, se realiza más allá del espesor máximo relativo del perfil. Por ello están afectadas, en general, al menos las zonas próximas a la raíz de la pala,

- 30 Un medio conocido para reducir la rotura de la circulación y de esta manera para optimizar la circulación circunferencial son generadores de vórtices. Éstos están constituidos, en general, de chapas, barras o perfiles, que están colocados sobre el lado de aspiración de la pala del rotor y generan turbulencias limitadas localmente, que reducen una rotura de superficie grande de la circulación circunferencial. Tales generadores de vórtices se conocen, por ejemplo, a partir del documento WO 0015861. En estos generadores de vórtices conocidos es un inconveniente que solamente mejoran en una medida insignificante el rendimiento de la planta de energía eólica, porque ellos mismos generan resistencia y, además, generan mucho ruido.

- 35 El cometido de la presente invención es crear una pala de rotor para plantas de energía eólica, que presenta, frente al estado de la técnica, propiedades de circulación circunferencial claramente mejoradas. Este cometido se soluciona por medio de los 5rasgos característicos de la reivindicación 1.

- 40 45 La solución de este cometido descrita en detalle a continuación parte del reconocimiento de que especialmente en la zona de la raíz del rotor sobre el lado de aspiración del perfil se producen circulaciones de interferencia, que se extienden en la dirección transversal de la pala del rotor hacia la punta de la pala. Estas circulaciones transversales, que se producen esencialmente en la zona de la circulación disuelta, son atribuibles a las diferentes velocidades de la circulación de ataque en diferentes radios de la pala, y son inducidas en una medida especialmente fuerte en la zona de la raíz de la pala. Además de estos factores, también las fuerzas centrífugas que actúan en la pala del rotor contribuyen a la aparición de estas circulaciones transversales.

- A través de la circulación transversal se lleva la disolución presente en la zona de la raíz de la pala del rotor desde la circulación circunferencial del perfil desfavorable aerodinámicamente presente aquí en la dirección de la punta de la pala, es decir, a la zona de los perfiles más efectivos aerodinámicamente. Pero, además, la circulación transversal perturba también la circulación efectiva presente en la pala del rotor, generando turbulencias, que conducen a una rotura precoz de estas circulaciones.

- 50 Por lo tanto, de acuerdo con la invención, está prevista una pala de rotor para una planta de energía eólica con una instalación para la optimización de la circulación circunferencial del perfil, que presenta varios elementos planos, alineados esencialmente en la dirección de la circulación, distanciados del lado de aspiración, que están dispuestos en la zona de la circulación transversal mencionada, que se extiende sobre el lado de aspiración del perfil desde la raíz de la pala hacia fuera en una zona de la pala del rotor, que se extiende desde la raíz de la pala hasta la mitad

de la pala del rotor, estando seleccionadas la altura y la longitud de la instalación de tal forma que, la instalación provoca una reducción efectiva de esta circulación transversal.

5 A través de la reducción de la circulación transversal por medio de los elementos planos se impide una rotura de la circulación precoz sobre el lado de aspiración de la pala del rotor. Una circulación circunferencial mejorada de este tipo conduce a un incremento considerable del rendimiento de una planta de energía eólica equipada de forma correspondiente, sin que haya que temer un aumento del ruido de funcionamiento.

La altura y la longitud necesarias del elemento plano respectivo así como su posición óptima sobre el lado de aspiración de la pala del rotor varían, naturalmente, con la distancia con respecto al eje de giro del rotor, del espesor del perfil, de la anchura del rotor, de la velocidad previsible de ataque de la corriente, etc.

10 La configuración óptima se puede calcular empíricamente de una manera muy sencilla, por ejemplo disponiendo en la pala del rotor, en diferentes posiciones de los radios, unas series de hilos de lana fijados con uno de sus extremos en la pala, y en ensayos al aire libre con la ayuda de la alineación de los extremos libre de los hilos de lana se muestran claramente las relaciones de la circulación que predominan en cada caso. De esta manera, se puede ensayar de una forma relativamente sencilla el efecto de los elementos de acuerdo con la invención sobre las relaciones de la circulación en diferentes posiciones del radio, y de esta manera calcular el número óptimo y la posición, dado el caso también el dimensionado de los elementos planos de acuerdo con la invención.

15 Para la determinación de la altura necesaria de los elementos planos, se pueden disponer los hilos de lana, dado el caso, adicionalmente sobre distanciadores de diferente longitud, por ejemplo en forma de barras, para determinar la altura de la región de agua muerta provocada a través de la circulación transversal y, por lo tanto, la altura de la circulación transversal que debe mantenerse.

20 Con este modo de proceder se puede determinar empíricamente la altura y la longitud optimas de los elementos planos de acuerdo con la invención y/o su posición óptima sobre una pala de rotor dada. En series de ensayos correspondientes se pueden hallar de esta manera para tipos discretionales de palas de rotor las dimensiones y posiciones óptimas de los elementos planos de acuerdo con la invención.

25 A parte de la construcción de aviones se conocen desde hace mucho tiempo elementos planos dispuestos sobre el lado de aspiración de una superficie de soporte y que impiden una circulación transversal. Estos elementos encuentran aplicación especialmente en aviones, cuyas superficies de soporte están dispuestas en forma de flecha. Aquí se plantea el problema de que en virtud de la disposición inclinada en el canto delantero de las superficies de soporte resulta un gradiente de presión, que desvía el aire que circula alrededor de la superficie de soporte en la dirección de la punta de las superficies de soporte. Esta circulación transversal no disuelta perturba de nuevo la circulación alrededor de la superficie de soporte y de esta manera aminora la sustentación, puesto que la circulación circula a lo largo del ala, pero no más arriba. Para reducir la circulación transversal, se utilizan, por lo tanto, unas barreras dispuestas perpendicularmente a tales superficies de soporte, que se designan como vallas de capa límite.

30 35 Estas vallas de capa límite se diferencian en características esenciales de los elementos presentados de acuerdo con la invención para palas de rotor de plantas de energía eólica. Puesto que las circulaciones transversales no disueltas en superficies de soporte en forma de flecha son inducidas sobre todo en la zona del canto delantero de las superficies de soporte, las vallas de capa límite están dispuestas exactamente en esta zona. Con frecuencia, se extienden incluso alrededor del canto delantero de las superficies de soporte hasta el lago de presión de la superficie de soporte.

40 45 Los elementos planos de acuerdo con la invención para palas de rotor de plantas de energía eólica reducen, en cambio, una circulación transversal ya disuelta, provocada por otros fenómenos, que aparece de manera predominante en la zona del espesor máximo del perfil de la pala del rotor e induce una rotura de la circulación en la zona curso abajo del espesor máximo del perfil. Una disposición solamente en la zona del canto delantero de la pala del rotor no tiene ningún sentido en estos elementos.

50 55 En una configuración preferida de la invención, está previsto que los elementos planos estén dispuestos al menos en la zona de un circulación transversal que se extiende sobre el lado de aspiración del perfil entre una zona del espesor relativo máximo y el canto trasero del perfil. En esta circulación transversal se trata de la circulación descrita anteriormente, que resulta a través de la diferencia de las velocidades de la corriente de ataque entre zonas próximas a la raíz de la pala y zonas próximas a la punta de la pala y el gradiente de presión que resulta de ello sobre el lado de aspiración de la pala del rotor así como a través de las fuerzas centrífugas que predominan en la pala del rotor.

En una configuración especialmente preferida de la invención, el elemento plano se extiende sobre toda la anchura del lado de aspiración del perfil del rotor. De esta manera se asegura que se pueda impedir una transición de la circulación transversal a regiones con circulación sana, incluso sin conocer el desarrollo exacto de la circulación transversal sobre el lado de aspiración de la pala del rotor.

- En otra configuración preferida de la invención, el elemento plano está configurado de tal forma que se extiende en su dilatación longitudinal en dirección recta. De esta manera, se mantienen reducidas las fuerzas de resistencia que se producen a través del elemento plano y se reduce al mínimo el desarrollo de ruido. En una configuración especialmente preferida, la alineación del elemento plano se realiza de tal forma que no se desvía más de 10° con respecto al desarrollo de la tangente, que se apoya en el círculo con el radio de la pala del rotor que corresponde a la posición del elemento.
- En otra configuración preferida, el elemento plano está configurado de tal forma que se extiende en la dirección de su dilatación longitudinal siguiendo el desarrollo del giro del radio, que corresponde a la distancia del extremo delantero del elemento plano con respecto al eje de giro del rotor. Esta configuración representa otra posibilidad para mantener reducidas las fuerzas de resistencia que se producen a través del elemento plano y reducir al mínimo el desarrollo de ruido.
- De acuerdo con la invención está previsto que la pala del rotor presente varios elementos planos sobre el lado de aspiración de su perfil. Esto es conveniente en casos, en los que detrás de un primer elemento de acuerdo con la invención resulta de nuevo una circulación transversal relevante. El posicionamiento y el dimensionado óptimos de estos primeros elementos planos sobre la pala del rotor se pueden realizar como se ha descrito anteriormente.
- De acuerdo con la invención está previsto que los elementos planos estén dispuestos sobre el lado de aspiración de la pala del rotor en una zona que se extiende desde la raíz de la pala hasta la mitad de la longitud de la pala del rotor. En este caso es especialmente preferida la zona, que se extiende desde la raíz de la pala hasta un tercio de la longitud de la pala del rotor.
- En una configuración especialmente preferida, está previsto en este caso que al menos un elemento plano esté dispuesto en una zona que se encuentra desde la raíz de la pala más allá de una zona de transición, en la que el perfil de la raíz de la pala pasa a un perfil que genera sustentación. Un elemento dispuesto de esta manera es adecuado, por ejemplo, para interrumpir una circulación transversal ya existente, que procede desde la zona de la raíz de la pala y de esta manera evitar una perturbación de las circulaciones laminares que se encuentran en esta zona.
- En otra configuración preferida está previsto que al menos un elemento plano esté dispuesto en una zona que se encuentra desde la raíz de la pala en este lado de una zona de transición, en la que el perfil de la raíz de la pala pasa a un perfil que genera sustentación. En virtud de las relaciones especiales en palas de rotor, la parte esencial de la circulación transversal perturbadora aparece en esta zona próxima a la raíz de la pala, puesto que la pala del rotor no presenta aquí, en general, en virtud del espesor grande del perfil, ningún perfil favorable para la circulación. La previsión de un elemento de circulación de acuerdo con la invención en esta zona impide, por lo tanto, de una manera especialmente efectiva la aparición de la circulación transversal – en oposición a los elementos descritos anteriormente, que están dispuestos de tal manera que impiden una propagación de una circulación transversal ya existente en la zona que proporciona potencia de la pala de rotor.
- En otra configuración preferida de la invención está previsto que el elemento plano esté configurado, al menos por secciones, permeable al aire, por ejemplo en forma de una rejilla o por taladros dispuestos en el elemento. Un elemento plano con una configuración de este tipo puede reducir mejor, con un dimensionado adecuado, las circulaciones transversales que se producen, en determinadas circunstancias, que un elemento plano ininterrumpido. Además, a través de una configuración de este tipo se puede reducir el peso del elemento plano.
- En otra configuración preferida de la invención, está previsto que el elemento plano esté fabricado de metal, como por ejemplo acero noble o aluminio, de plástico, de materiales compuestos, como por ejemplo GFK o CFK, o de una combinación de estos materiales. Tal tipo de construcción asegura que el elemento resista tanto las condiciones de la intemperie como también la solicitud mecánica en condiciones de aplicación. Evidentemente se pueden utilizar de forma equivalente otros materiales, que cumplen los requerimientos de resistencia a la intemperie y estabilidad.
- En los dibujos se representa la invención a modo de ejemplo y de forma esquemática en una forma de realización preferida. En este caso:
- La figura 1 muestra la vista en planta superior sobre el lado de aspiración de una pala de rotor de acuerdo con la invención de una planta de energía eólica. En este caso:
- La figura 1 muestra la vista en planta superior sobre el lado de aspiración de una pala de rotor de una planta de energía eólica.
- La figura 2a muestra una sección según la línea A – A en la figura 1, y
- La figura 2b muestra otra sección según la línea A – A en la figura 1 en otra configuración.
- La figura 1 muestra una pala de rotor 10 con un canto delantero 11, un canto trasero 12, una raíz de la pala 13, una

5 punta de la pala 14, un lado de aspiración 15 y un lado de presión 16. La hoja del rotor presenta en su desarrollo un espesor relativo que se reduce desde la raíz de la pala 13 hacia fuera hacia la punta de la pala 14. El canto delantero 11 apunta en la dirección de la pala del rotor. Sobre el lado de aspiración 15 están dispuestos unos elementos planos 17 y 18 dispuestos en la dirección de la circulación, que impiden una circulación transversal sobre el lado de aspiración 15 y de esta manera previenen una rotura precoz de la circulación. Una zona de transición 19 se caracteriza porque aquí el perfil cilíndrico de la raíz de la pala 13 pasa a un perfil en forma de gota que genera sustentación. La circulación transversal está indicada por medio de una flecha.

10 La figura 2a muestra una sección a través de la pala del rotor según la línea A-A en la figura 1 con un canto delantero 21, un canto trasero 22, un lado de aspiración 25 y un lado de presión 26. Sobre el lado de aspiración 25 está dispuesto el elemento plano 27, que se extiende desde el lado delantero 21 hasta el canto trasero 22 y de esta manera sobre toda la anchura de la pala e impide una circulación transversal sobre el lado de aspiración 25.

15 La figura 2b muestra otra sección a través de la pala del rotor según la línea A – A en la figura 1 en otra configuración con un canto delantero 21, un canto trasero 22, un lado de aspiración 25 y un lado de presión 26. Sobre el lado de aspiración 25 está dispuesto el elemento plano 28, que se extiende desde el canto delantero 21 hasta el canto trasero 22 y presenta cantos redondeados. Los elementos planos 28 presentan taladros 29, que contribuyen a que se impida eficazmente una circulación transversal sobre el lado de aspiración 25.

REIVINDICACIONES

- 1.- Pala del rotor para una planta de energía eólica con un perfil, que presenta en su desarrollo un espesor relativo que se reduce esencialmente desde una raíz de la pala hacia fuera hacia una punta de la pala, en la que el perfil presenta un canto delantero y un canto trasero así como un lado de aspiración y un lado de presión y que en el caso de una corriente de ataque con aire móvil sobre el lado de aspiración genera una presión negativa con respecto al lado de la presión, que conduce a una sustentación, y en el que la pala del rotor presenta sobre el lado de aspiración una instalación para la optimización de la circulación circumferencial del perfil, caracterizada porque la instalación presenta varios elementos planos (17, 18) alineados esencialmente en la dirección de la circulación y que se distancian desde el lado de aspiración (15), los cuales están dispuestos en la zona de una circulación transversal que se extiende sobre el lado de aspiración (15) del perfil desde la raíz de la pala (13) hacia la punta de la pala (14) y solamente están dispuestos en una zona de la pala del rotor, que se extiende desde la raíz de la pala hasta la mitad de la longitud de la pala del rotor, de manera que la altura y la longitud de los elementos planos (17, 18) están seleccionados de tal manera que los elementos (17, 18) provocan una reducción efectiva de esta circulación transversal.
- 5 15 2.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque los elementos planos están dispuestos al menos en la zona de una circulación transversal que se extiende sobre el lado de aspiración del perfil entre la zona del espesor relativo máximo del perfil y el canto trasero del perfil.
- 10 3.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque la longitud de los elementos planos se extiende sobre toda la anchura del lado de aspiración del perfil del rotor.
- 20 4.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los elementos planos están configurados rectos en su dilatación longitudinal.
- 5.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada porque la alineación de los elementos planos no se desvía ya mas del 10° del desarrollo de la tangente, que se apoya en el círculo con el radio de la pala del rotor que corresponde a la posición del elemento.
- 25 6.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizada porque los elementos planos están configurados de tal manera que se extienden en la dirección de su dilatación longitudinal siguiente el desarrollo de giro del radio, que corresponde a la distancia de los extremos delanteros del elemento plano con respecto al eje de giro del rotor.
- 30 7.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque los elementos planos están dispuestos sobre el lado de aspiración de la pala del rotor en una zona, que se extiende desde la raíz de la pala hasta un tercio de la longitud de la pala de rotor.
- 8.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque al menos un elemento plano está dispuesto en una zona, que se encuentra desde la raíz de la pala más allá de una zona de transición, en la que el perfil de la raíz de la pala pasa a un perfil que genera sustentación.
- 35 9.- Pala de rotor de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada porque al menos un elemento plano está dispuesto en una zona que se encuentra desde la raíz de la pala en este lado de una zona de transición, en la que el perfil de la raíz de la pala pasa a un perfil que genera sustentación.
- 10.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los elementos planos están configurados, al menos por secciones, permeables al aire, por ejemplo en forma de una rejilla o por taladros.
- 40 11.- Pala de rotor de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada porque los elementos planos están fabricados de metal, como por ejemplo de acero noble, de plástico, de materiales compuestos, como por ejemplo GFK o CFK, o de una combinación de estos materiales.

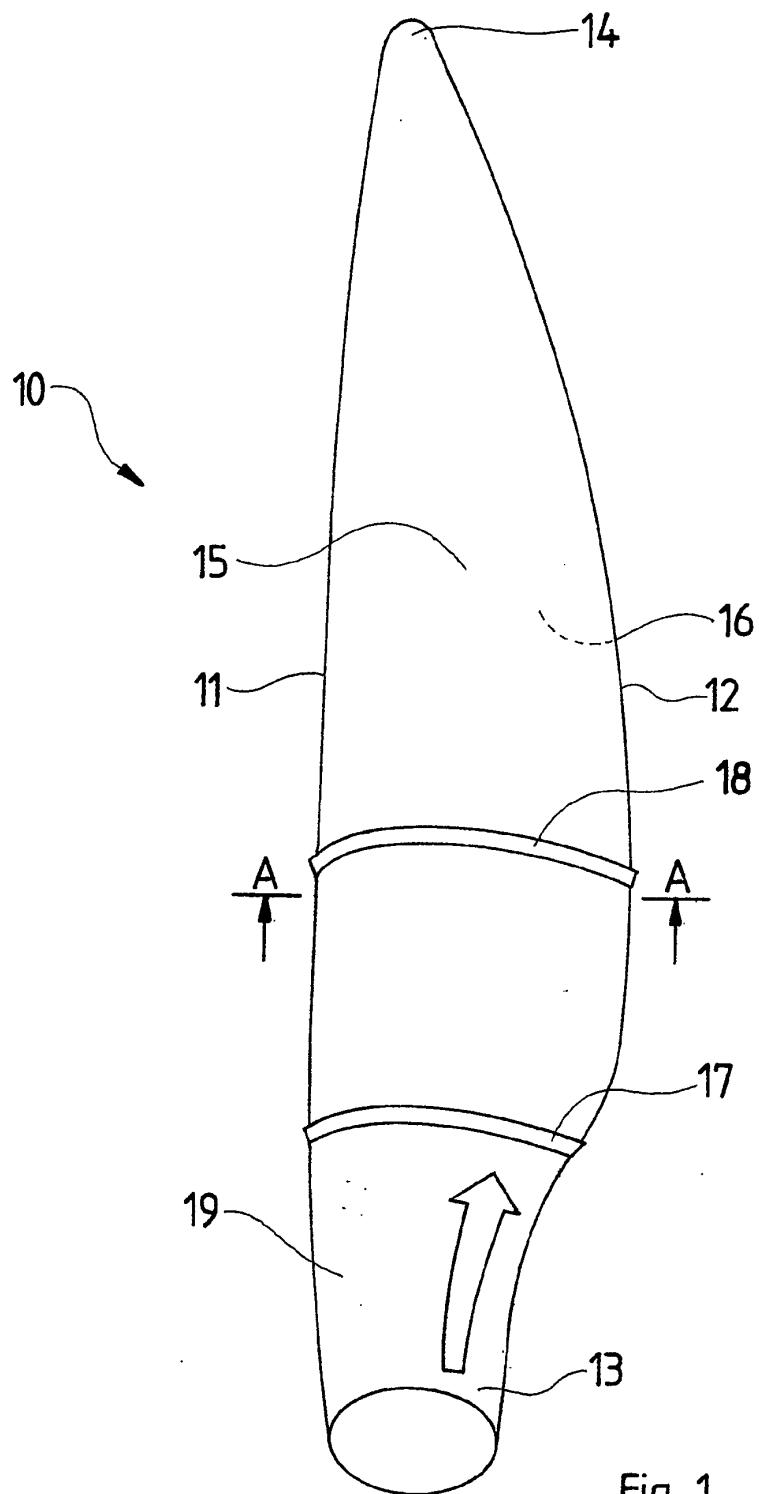


Fig. 1

