

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 675 953**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.10.2009** **E 09172594 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018** **EP 2343451**

54 Título: **Pala de turbina eólica con pluralidad de piezas de un dispositivo de guiado del flujo extendido longitudinalmente**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
13.07.2018

73 Titular/es:

**LM WIND POWER INTERNATIONAL
TECHNOLOGY II APS (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**FUGLSANG, PETER;
BOVE, STEFANO;
LUND, BRIAN;
JENSEN, LARS E.;
RADHAKRISHNAN, SREERAM KOTTUMUKLU y
SUBRAHMANYAM, V.V.**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 675 953 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 turbina eólica con pluralidad de piezas de un dispositivo de guiado del flujo extendido longitudinalmente

5 La presente invención se refiere a una pala para un rotor de una turbina eólica que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje, desde el que se extiende la pala sustancialmente en una dirección radial cuando se monta en el buje, teniendo la pala una dirección longitudinal con un extremo de punta y un extremo de raíz y una dirección transversal, en la que la pala comprende además: un contorno aerodinámico que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque y un borde de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda extendida entre ellos, generando un empuje el contorno aerodinámico cuando es impactado por un flujo de aire incidente, en el que el contorno aerodinámico se divide en: una zona de raíz que tiene un perfil sustancialmente circular o elíptico más próxima al buje, una zona aerodinámica que tiene un perfil de generación de empuje más alejado del buje, y una zona de transición entre la zona de raíz y la zona aerodinámica, teniendo la zona de transición un perfil gradualmente cambiante en la dirección radial desde el perfil circular o elíptico de la zona de raíz al perfil de generación de empuje de la zona aerodinámica.

15 Idealmente, una pala de turbina eólica del tipo aerodinámico tiene una forma similar al perfil de un ala de avión, en la que el ancho del plano de cuerda de la pala así como la primera derivada del mismo se incrementan continuamente con la disminución de la distancia desde el buje. Esto da como resultado que la pala sea comparativamente ancha en la proximidad del buje. Esto da como resultado de nuevo problemas cuando ha de montarse la pala en el buje, y, además, esto provoca grandes cargas durante la operación de la pala, tales como cargas de tormenta, debido a la gran área superficial de la pala.

20 Por lo tanto, a lo largo de los años, la construcción de palas se ha desarrollado hacia una forma, en la que la pala consiste en una zona de raíz más próxima al buje, una zona aerodinámica que comprende un perfil de generación de empuje más alejado del buje, y una zona de transición entre la zona de raíz y la zona aerodinámica. La zona aerodinámica tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de empuje, mientras que la zona de raíz tiene una sección transversal sustancialmente circular, lo que reduce las cargas de tormenta y hace más fácil y seguro montar la pala en el buje. El diámetro de la zona de raíz es preferentemente constante a lo largo de toda la zona de raíz. Debido a la sección transversal circular, la zona de raíz no contribuye a la producción de energía de la turbina eólica y, de hecho, disminuye esta un poco debido al rozamiento. Como se sugiere por el nombre, la zona de transición tiene una forma gradualmente cambiante desde la forma circular de la zona de raíz al perfil aerodinámico de la zona aerodinámica. Típicamente, el ancho de la pala en la zona de transición se incrementa sustancialmente de forma lineal con el incremento de la distancia desde el buje.

35 Ya que, por ejemplo, las palas para turbinas eólicas son cada vez más grandes con el paso del tiempo y pueden ahora ser de más de 60 metros de largo, la demanda de un rendimiento aerodinámico optimizado se ha incrementado. Las palas de turbina eólica se diseñan para tener una vida útil operativa de al menos 20 años. Por lo tanto, incluso pequeños cambios en el rendimiento global de la pala pueden acumularse a lo largo de la vida útil de una pala de turbina eólica para tener un elevado incremento en los beneficios financieros, que sobrepasan los costes de fabricación adicionales relacionados con dichos cambios. Durante muchos años, las áreas de interés para la investigación se han dirigido hacia la mejora de la zona aerodinámica de la pala, pero durante los últimos pocos años, se ha dirigido cada vez más interés hacia mejorar también el rendimiento aerodinámico de las zonas de raíz y transición de la pala.

40 El documento WO2007/065434 divulga una pala en la que la zona de raíz se proporciona con hendiduras y/o proyecciones para disminuir la resistencia de esta parte de la pala.

El documento WO2007/045244 divulga una pala, en la que la zona de raíz y la zona de transición se diseñan de modo que tengan al menos dos perfiles aerodinámicos separados para incrementar el empuje de estas zonas.

45 El documento WO0208600 describe una turbina eólica, en la que la producción de la turbina eólica se incrementa proporcionando a la sección de raíz de la turbina eólica un elemento que se diseña de tal manera que el montaje consiste en que el elemento y la sección de raíz puede absorber energía del viento e incrementar la eficiencia global de la turbina eólica.

50 El documento WO2007/118581 divulga una pala, en la que la parte interior de la pala se proporciona con un dispositivo de guiado del flujo sobre el lado de presión de la pala para retrasar la separación del flujo de aire e incrementar el rendimiento aerodinámico de la pala. Sin embargo, el diseño propuesto es muy rígido debido a la sección transversal de forma triangular y en consecuencia el dispositivo de guiado del flujo tiene una tendencia a separarse de la superficie de la pala, cuando la pala flexiona.

Es un objeto de la invención obtener una nueva pala, y que supere o mejore al menos una de las desventajas de la técnica anterior o que proporcione una alternativa útil.

De acuerdo con un primer aspecto de la invención, la pala se proporciona con una pluralidad de piezas de un dispositivo de guiado del flujo extendido longitudinalmente, que se agrupan juntas para formar un primer grupo del dispositivo de guiado del flujo en la zona de transición de la pala, extendiéndose el primer grupo del dispositivo de guiado del flujo a lo largo de al menos una parte longitudinal de la zona de transición, en el que cada una de las piezas del dispositivo de guiado del flujo se añade al contorno aerodinámico de la pala sobre el lado de presión de la pala.

Por lo tanto, el primer grupo del dispositivo de guiado del flujo puede comprender piezas separadas o modulares en particular en la dirección longitudinal de la pala. La construcción modular hace la construcción más flexible y reduce las fuerzas de despegue en los extremos de las piezas del dispositivo de guiado del flujo. Por lo tanto, las piezas modulares tienen una tendencia más pequeña a desprenderse de la superficie de la pala.

Extendido longitudinalmente significa que las piezas del dispositivo de guiado del flujo se extienden sustancialmente en la dirección longitudinal de la pala. Por lo tanto, las piezas del dispositivo tienen un primer lado más cercano al borde de ataque y un segundo lado más próximo al borde de salida así como un primer extremo longitudinal más próximo al extremo de raíz y un segundo extremo longitudinal más cercano al extremo de punta de la pala. El dispositivo de guiado del flujo se fija preferentemente de modo permanente a la superficie de la pala de la turbina eólica y no puede controlarse activamente. Por lo tanto, la orientación de la superficie frontal no es ajustable. Además, se reconoce que el dispositivo de guiado del flujo se utiliza para incrementar el empuje y la producción de energía. Por lo tanto, el dispositivo de guiado del flujo puede señalarse alternativamente como un dispositivo de elevado empuje.

Por flujo incidente se quiere indicar las condiciones de influjo en la sección de la pala durante el uso normal de la pala, es decir el giro sobre un rotor de turbina eólica. Por lo tanto, el flujo entrante es el influjo formado por la resultante de la velocidad del viento axial y el componente rotacional tal como se ve por la sección local de la pala. Por flujo en aproximación se quiere indicar el flujo que impacta en el dispositivo de guiado del flujo, es decir el flujo local sobre el lado de presión de la pala que se une e impacta en el dispositivo de guiado del flujo.

De acuerdo con una realización, las piezas del dispositivo de guiado del flujo son piezas de un dispositivo de alerón. De nuevo, debe señalarse que las piezas son preferentemente no ajustables y dispuestas para incrementar el empuje de la pala de la turbina eólica y por ello la producción de energía de la turbina eólica. Por consiguiente, las partes de alerón no se usan con propósitos de frenado.

De acuerdo con una realización ventajosa, las piezas del dispositivo de guiado del flujo comprenden elementos planos o con forma de placa que sobresalen del perfil. De ese modo, se proporciona un diseño particularmente simple de las piezas del dispositivo de guiado del flujo. Además, Este diseño es mucho más flexible que el diseño típico con forma de cuña, que es muy rígido. Por lo tanto, el diseño plano tiene una tendencia menor a tener elevadas cargas de unión, que en el peor de los casos puede hacer que las piezas del dispositivo de guiado del flujo se desprendan de la superficie de la pala de la turbina eólica.

De acuerdo con una realización ventajosa, las piezas del dispositivo de guiado del flujo se conforman de modo que tengan una superficie de influjo con un punto de inicio orientado hacia el borde de ataque de la pala y con un punto final orientado hacia el borde de salida de la pala, incrementándose la distancia entre la superficie de influjo y el contorno aerodinámico desde el punto de inicio al punto final. Por lo tanto, las piezas del dispositivo de guiado del flujo pueden tener una forma sustancialmente de cuña o un perfil conformado triangularmente. Sin embargo, la superficie de influjo puede proporcionarse también mediante un elemento plano orientado hacia atrás o hacia el borde de salida de la pala. El ángulo de la superficie de influjo y la altura de la superficie de un punto distal de la superficie de influjo pueden corresponder ventajosamente a los descritos en las solicitudes de patente europeas EP08171530.2 y EP08171533.6, respectivamente, por el presente solicitante.

De acuerdo con una realización ventajosa, el dispositivo de guiado del flujo de la pala tiene una superficie frontal que mira hacia el flujo de aire en aproximación y que tiene un punto proximal localizado en el contorno aerodinámico y un punto distal localizado a una distancia (es decir con una separación) desde el contorno aerodinámico de la pala, en el que el contorno aerodinámico tiene una superficie normal al punto proximal, y en el que la superficie frontal del dispositivo de guiado del flujo comprende al menos una primera parte, que está en ángulo hacia el flujo de aire en aproximación de modo que la tangente promedio o línea media a dicha primera parte forma un primer ángulo con la normal superficial que es mayor de 0 grados.

Por consiguiente, la superficie frontal del dispositivo de guiado del flujo, vista desde el punto proximal, está en ángulo hacia el flujo de aire en aproximación y por ello también hacia el borde de ataque de la pala. Por lo tanto, cuando el contorno aerodinámico de la pala es impactado por el flujo de aire incidente, el dispositivo de guiado del flujo crea una bolsa de aire frente a la superficie frontal, que incrementa la presión local frente al dispositivo de guiado del flujo, y que guía al flujo de aire alrededor del dispositivo de guiado del flujo. Adicionalmente, el dispositivo de guiado del flujo funciona como una obstrucción al flujo sobre el lado de presión del perfil. Aguas abajo del dispositivo de guiado del flujo, es decir típicamente entre el dispositivo de guiado del flujo y el borde de salida de la pala, tiene lugar una

separación del flujo de aire. Esta absorción es el resultado de una presión más alta después del dispositivo de guiado del flujo, es decir entre el dispositivo de guiado del flujo y el borde de salida de la pala de la turbina eólica, debido a la separación del flujo. Por lo tanto, la presión se incrementa tanto en el frente como por detrás del dispositivo de guiado del flujo, lo que a su vez incrementa el empuje significativamente sobre esta sección de la pala

5 en los ángulos de influjo de gobierno para esta sección. Una estimación realista de la mejora potencial del rendimiento es del 1-2 % de la producción de energía anual en comparación con palas de turbina eólica convencionales sin dichos dispositivos de guiado del flujo.

Los términos tangente promedio o línea media en este caso significan que la primera parte de la superficie frontal en promedio están en ángulo hacia el flujo en aproximación. Esto corresponde a un ajuste lineal a la primera parte de la superficie frontal del dispositivo de guiado del flujo que está en ángulo hacia el flujo en aproximación y el borde de ataque de la pala.

10

El ángulo hacia adelante de la primera parte también da como resultado que una tangente al perfil y la tangente o línea media a la primera parte de la superficie frontal formen un ángulo que sea menor de 90 grados.

A partir de las definiciones, es claro que la superficie frontal puede comprender una segunda parte, que no está en ángulo hacia el flujo en aproximación y al borde de ataque de la pala.

15

De acuerdo con una realización ventajosa, el primer ángulo es al menos 5 grados, o al menos 10 grados o al menos 15 grados. El primer ángulo puede ser incluso al menos 20 grados o al menos 25 grados o al menos 30 grados. Ángulos mayores proporcionan más eficientemente la bolsa de aire y pueden disminuir también el rozamiento, dado que la superficie frontal no tiene que sobresalir tanto desde la superficie para proporcionar la acumulación de presión en el frente del dispositivo de guiado del flujo. Por otro lado incluso ángulos mayores hacen la altura efectiva del dispositivo de guiado del flujo más pequeña.

20

De acuerdo con otra realización ventajosa, la superficie frontal es cóncava. La superficie frontal del dispositivo de guiado del flujo puede guiar al flujo de aire a través de la superficie cóncava y contribuir así adicionalmente a formar una zona de recirculación en el frente del dispositivo de guiado del flujo.

25 Sin embargo, de acuerdo con otra realización simple y ventajosa, la superficie frontal es sustancialmente recta. Por lo tanto, la primera parte de la superficie total se extiende a lo largo de toda la superficie frontal.

De acuerdo con otra realización, la superficie frontal en promedio está en ángulo hacia un flujo en aproximación. En otras palabras, una línea dibujada entre el punto proximal y el punto distal estará en ángulo hacia el flujo en aproximación y el borde de ataque de la pala y formará así un ángulo con la superficie normal que será mayor de 0 grados.

30

De acuerdo con aún otra realización ventajosa, la primera parte de la superficie frontal se localiza en una parte exterior de la superficie frontal, es decir una parte más próxima al punto distal de la superficie frontal. Por lo tanto, la parte exterior de la superficie frontal desplazará el flujo fuera de la superficie de la pala, alrededor del dispositivo de guiado del flujo y a continuación fuera de la superficie de la pala en la zona entre el dispositivo de guiado del flujo y el borde de salida. Esto forma zonas de flujo de recirculación por delante de —y después— del dispositivo de guiado del flujo.

35

En una realización de acuerdo con la invención, la tangente promedio o la línea media (o una línea ajustada linealmente) a al menos la primera parte del dispositivo de guiado del flujo está adicionalmente en ángulo hacia adelante comparada con una segunda normal que sea una normal a la cuerda, de modo que dicha línea y la segunda normal formen un segundo ángulo que sea de al menos 0 grados. De modo similar, el segundo ángulo puede ser al menos 5 grados, o al menos 10 grados o al menos 15 grados o al menos 20 grados.

40

Ventajosamente, las piezas del dispositivo de guiado del flujo se disponen de modo que generen una separación del flujo de aire desde el lado de presión de la pala a un punto entre el dispositivo de guiado del flujo y el borde de salida de la pala, cuando la pala es impactada por el flujo de aire incidente. De ese modo, se proporciona una acumulación de presión en la dirección transversal entre el dispositivo de guiado del flujo y el borde de salida de la pala, incrementándose el empuje sobre esta sección particular de la pala.

45

De acuerdo con una realización ventajosa, las piezas de guiado del flujo individuales se disponen yuxtapuestas en la dirección longitudinal de la pala de la turbina eólica. Por lo tanto, las partes del dispositivo de guiado del flujo individuales se proporcionan preferentemente como dispositivos separados, que pueden montarse individualmente sobre la superficie de la pala.

50

Las piezas de guiado del flujo pueden disponerse de modo que hagan tope entre sí en extremos longitudinales. Por lo tanto, un flujo en aproximación no tendrá una tendencia a fluir alrededor de las piezas del dispositivo de guiado del

flujo individuales. Las piezas del dispositivo de guiado del flujo pueden estar a nivel entre sí sustancialmente de modo ventajoso.

5 Como alternativa, las piezas de guiado del flujo se disponen con una separación longitudinal entre las piezas de guiado del flujo. Esto añade un pequeño grado adicional de flexibilidad a la dirección longitudinal del primer grupo del dispositivo de guiado del flujo. Ventajosamente, la separación longitudinal se dispone en un intervalo de entre 5 mm y 50 mm, o entre 5 mm y 40 mm, o entre 5 mm y 30 mm. El espacio puede estar incluso entre 5 mm y 20 mm.

10 De acuerdo con una realización ventajosa, la separación entre piezas de guiado del flujo adyacentes se cierra con un cuerpo flexible, fabricado por ejemplo de un material de goma. Por consiguiente, se proporciona un cuerpo flexible en la separación entre piezas del dispositivo de guiado del flujo adyacentes, asegurando así que el flujo de aire no fluye alrededor de las piezas del dispositivo de guiado del flujo individuales. De ese modo, se asegura que se consigue la acumulación de presión a lo largo de toda la sección longitudinal del primer grupo de dispositivos de guiado del flujo y se mantiene la flexibilidad del grupo. Además, se elimina el ruido que puede surgir de la separación.

15 De acuerdo con una realización ventajosa, las piezas del dispositivo de guiado del flujo se disponen sobre una base común, extendida longitudinalmente. Por lo tanto, la base comprende típicamente un primer lado y un segundo lado, así como un primer extremo longitudinal y un segundo extremo longitudinal. En una realización ventajosa, un elemento sustancialmente plano o un nervio sobresale desde la base y se extiende sustancialmente a lo largo de toda la extensión longitudinal de la base. El elemento plano puede sobresalir desde el primer lado o el segundo lado de la base y proporcionarse así de modo similar a una barra en ángulo. Como alternativa, el elemento plano o nervio puede disponerse entre el primer lado y el segundo lado, por ejemplo una parte media de la base.

20 De acuerdo con otra realización ventajosa, las piezas del dispositivo de guiado del flujo están separadas por un rebaje. El rebaje se extiende preferentemente desde una posición superior del dispositivo de alerón o la pieza del dispositivo de guiado del flujo y hacia abajo a la parte base. Por lo tanto, se forman separaciones entre las piezas del dispositivo de guiado del flujo. Esto proporciona un diseño alternativo para añadir flexibilidad adicional en la dirección longitudinal de la pala. Los rebajes pueden comprender una parte inferior, es decir una parte más cercana a la base y a la pala de la turbina eólica, en donde se proporciona un diseño de orificio en dicha parte inferior, teniendo el orificio un diámetro, que es mayor que el ancho inmediato del rebaje. Esto reduce incluso adicionalmente las concentraciones de tensiones y las fuerzas de despegue.

30 De acuerdo con aún otra realización ventajosa, la pluralidad de las piezas del dispositivo de guiado del flujo que se extienden longitudinalmente comprende piezas del dispositivo de guiado del flujo individuales, que se solapan al menos parcialmente en la dirección longitudinal de la pala. Por lo tanto, las piezas del dispositivo de guiado del flujo individuales están desplazadas individualmente en la dirección transversal de la pala. Por consiguiente, un primer extremo de un primer dispositivo de guiado del flujo se extiende más allá de la posición radial de un segundo extremo de una segunda pieza del dispositivo de guiado del flujo.

35 En una realización, las piezas del dispositivo de guiado del flujo individuales son sustancialmente rectas en la dirección longitudinal. En otra realización, las piezas del dispositivo de guiado del flujo individuales están curvadas en la dirección longitudinal. Por ejemplo, una de cada dos piezas del dispositivo de guiado del flujo puede ser convexa y las otras cóncavas. Esto puede combinarse también con el diseño parcialmente solapado.

40 De acuerdo con aún otra realización ventajosa, el primer grupo del dispositivo de guiado del flujo tiene un diseño corrugado en la dirección longitudinal, ventajosamente en al menos un punto distal de un elemento con forma de placa. El diseño puede ondularse por ejemplo en la dirección longitudinal y comprender piezas del dispositivo de guiado del flujo que sean alternativamente cóncavas y convexas, respectivamente. Como alternativa, puede usarse un diseño con forma de trapecio. Estos diseños tienen la ventaja de que las piezas del dispositivo de guiado del flujo pueden estirarse ligeramente en la dirección longitudinal, cuando la pala flexiona. Las piezas del dispositivo de guiado del flujo individuales pueden estar también corrugadas.

45 En aún otra realización ventajosa, la flexibilidad o rigidez del primer grupo del dispositivo de guiado del flujo puede variar, por ejemplo periódicamente, en la dirección longitudinal de la pala. Por lo tanto, el primer grupo del dispositivo de guiado del flujo puede comprender primeras piezas del dispositivo de guiado del flujo que tengan una primera rigidez y segundo, piezas del dispositivo de guiado del flujo intermedias que tengan una segunda rigidez. Esto puede conseguirse por ejemplo mediante el uso de diferentes pliegues en la dirección longitudinal de la pala, o mediante el cambio de la dirección de la fibra de dichas piezas realizadas de un material compuesto reforzado con fibra. Aún más, es posible conseguir la rigidez variable mediante la fabricación del dispositivo de guiado del flujo como una estructura en emparedado con diferentes materiales de núcleo del emparedado, por ejemplo plástico en espuma y madera de balsa. Por lo tanto, se ve que el primer grupo del dispositivo de guiado del flujo en principio puede formarse como una única unidad y montarse en la superficie de la pala de la turbina eólica.

- Preferiblemente, el grupo del dispositivo de guiado del flujo se forma como un dispositivo extendido longitudinalmente. De acuerdo con una realización ventajosa, el grupo del dispositivo de guiado del flujo se extiende a lo largo de al menos el 5 % de una extensión longitudinal de la pala de la turbina eólica. Aún más, la extensión longitudinal del grupo del dispositivo de guiado del flujo puede ser de al menos el 7 %, 10 %, 15 %, o incluso el 20 % de la extensión longitudinal o longitud de la pala.
- De acuerdo con otra realización, el grupo del dispositivo de guiado del flujo extendido longitudinalmente se extiende a lo largo de al menos 1 metro de la pala, o al menos 2 metros, o al menos 3 metros, o al menos 4 metros, o al menos 5 metros, o al menos 6 metros, o incluso al menos 8 o 10 metros de la pala de la turbina eólica.
- En una realización, una distancia mínima desde un punto distal del grupo del dispositivo de guiado del flujo al contorno aerodinámico (o en otras palabras la altura del grupo del dispositivo de guiado del flujo), en al menos la parte longitudinal central del grupo del dispositivo de guiado del flujo, disminuye en la dirección longitudinal hacia el extremo de punta. Como alternativa, la altura del grupo del dispositivo de guiado del flujo puede ser sustancialmente constante en al menos la parte central del grupo del dispositivo de guiado del flujo. La altura puede variar también en la dirección longitudinal con piezas alternadas, en las que la altura se incrementa, y piezas, en las que disminuye la altura.
- De acuerdo con una realización ventajosa, la pala de la turbina eólica se proporciona con un cierto número de piezas del dispositivo de guiado del flujo extendidas longitudinalmente fijadas al contorno aerodinámico, comprendiendo las piezas del dispositivo de guiado del flujo: una base que tiene un primer extremo longitudinal más cerca del extremo de raíz y un segundo extremo longitudinal más cerca del extremo de punta, un primer lado más cerca del borde de ataque y un segundo lado más cerca del borde de salida, así como una primera superficie y una segunda superficie, fijándose la primera superficie de la base al contorno aerodinámico, y mirando hacia afuera la segunda superficie desde el contorno aerodinámico, en el que un elemento con forma sustancialmente de placa que se extiende de modo longitudinal sobresale desde la segunda superficie de la base en dirección desde el primer extremo hacia el segundo extremo.
- Comparada con la estructura conocida del alerón descrito en el documento WO2007/118581 esta estructura tiene la ventaja de que es más flexible y reducirá las fuerzas de despegue en los extremos de las piezas del dispositivo de guiado del flujo. De ese modo, la base tiene una tendencia más baja a desprenderse de la superficie de la pala. De modo similar al dispositivo de alerón descrito en el documento WO2007/118581, el presente dispositivo puede usarse como un dispositivo de elevado empuje para añadir empuje a unas ciertas áreas longitudinales de la pala, contribuyendo así a la producción de energía anual.
- El dispositivo de guiado del flujo se dispone ventajosamente de modo sustancialmente paralelo a un eje longitudinal de la pala de la turbina eólica, por ejemplo el eje de paso. Por lo tanto, la dirección longitudinal del dispositivo de guiado del flujo y el eje longitudinal de la pala forman un ángulo de menos de 30 grados, o menos de 20 grados.
- El dispositivo de guiado del flujo se fija preferentemente de modo permanente a la superficie de la pala de la turbina eólica y no puede controlarse activamente. Por lo tanto, la orientación de la superficie frontal no es ajustable. Además, se reconoce que el dispositivo de guiado del flujo se utiliza para incrementar el empuje y la producción de energía. Por lo tanto, el dispositivo de guiado del flujo puede señalarse alternativamente como un dispositivo de elevado empuje.
- De acuerdo con una realización ventajosa, el contorno aerodinámico se divide en: una zona de raíz que tiene un perfil sustancialmente circular o elíptico más próxima al buje, una zona aerodinámica que tiene un perfil de generación de empuje más alejado del buje, y una zona de transición entre la zona de raíz y la zona aerodinámica, teniendo la zona de transición un perfil gradualmente cambiante en la dirección radial desde el perfil circular o elíptico de la zona de raíz al perfil de generación de empuje de la zona aerodinámica. Esto corresponde al diseño de palas de turbina eólica convencionales, modernas.
- De acuerdo con una realización ventajosa particular, el dispositivo de guiado del flujo se dispone en la zona de transición del contorno aerodinámico, preferentemente sobre el lado de presión de la pala. El dispositivo puede incrementar el empuje en la zona de transición y contribuir así a la producción de energía. Ventajosamente, el dispositivo de guiado del flujo se extiende sustancialmente a lo largo de toda la extensión longitudinal de la zona de transición, contribuyendo así al empuje incrementado a lo largo de toda la zona de transición.
- Aún más, el dispositivo de guiado del flujo puede extenderse ventajosamente dentro de la zona aerodinámica. Esto añadirá empuje a la zona aerodinámica e incrementará así la producción de energía anual. En principio puede extenderse también en la zona de raíz. Además, el dispositivo de guiado del flujo puede disponerse solo en la zona de raíz, o solo en la zona aerodinámica.

De acuerdo con una realización ventajosa, el elemento con forma de placa se extiende sustancialmente a lo largo de toda la extensión longitudinal de la base.

5 De acuerdo con una primera realización, el elemento con forma de placa sobresale del primer lado o del segundo lado de la base. De ese modo se proporciona una realización simple, en la que el dispositivo de guiado del flujo como tal se forma como una barra en ángulo. De acuerdo con una segunda realización, el elemento con forma de placa sobresale desde un punto entre el primer lado y el segundo lado de la base, por ejemplo una parte media. Por consiguiente, el elemento con forma de placa puede extenderse sustancialmente desde la mitad de la base.

10 De acuerdo con una realización ventajosa, el elemento con forma de placa es sustancialmente plano. Esto proporciona una realización simple, que es fácil y barata de fabricar. De acuerdo con otra realización ventajosa, el elemento con forma de placa está curvado, por ejemplo convexo o cóncavo. Esto puede ser ventajoso en ciertas situaciones, por ejemplo para obtener una suave transición desde la superficie de la pala al elemento con forma de placa. El elemento con forma de placa puede moldearse en forma curvada o formarse como un elemento plano, que posteriormente se dobla a la forma deseada.

15 En una realización de acuerdo con la invención, el elemento con forma de placa en un punto de fijación forma un primer ángulo con la base, siendo el primer ángulo como máximo 80 grados, siendo ventajosamente como máximo 70 grados, siendo más ventajosamente como máximo 60 grados. De acuerdo con otra realización, el primer ángulo es de al menos 100 grados, o ventajosamente al menos 110 grados, o más ventajosamente al menos 120 grados. Esta realización es particularmente relevante, si el punto de fijación se halla en el primer lado o el segundo lado de la base. Estas realizaciones proporcionan soluciones simples para el ángulo de la forma de placa hacia delante o atrás, lo que contribuye adicionalmente a una acumulación de presión sobre el lado de presión de la pala.

20 De acuerdo con una primera realización ventajosa, el elemento con forma de placa está en ángulo hacia el borde de salida de la pala. Por lo tanto, el elemento con forma de placa se localiza sustancialmente entre el borde de salida y una superficie normal a la base en el punto de fijación (o visto desde el influjo, por detrás de dicha superficie normal). En esta realización, el elemento con forma de placa tiene una superficie de influjo correspondiente a la superficie de influjo del alerón divulgado en el documento WO2007/118581. El ángulo de la superficie de influjo y la altura de la superficie de un punto distal de la superficie de influjo pueden corresponder ventajosamente a los descritos en las solicitudes de patente europeas EP08171530.2 y EP08171533.6, respectivamente, por el presente solicitante. Sin embargo, comparando con por ejemplo el documento WO2007/118581, este diseño tiene una enorme ventaja estructural al no ser tan rígido.

30 De acuerdo con una segunda realización ventajosa, el elemento con forma de placa está en ángulo hacia el borde de ataque de la pala. Por lo tanto, el elemento con forma de placa se localiza sustancialmente entre el borde de ataque y la superficie normal a la base en el punto de fijación (o visto desde el influjo, frente a dicha superficie normal). Por lo tanto, cuando el contorno aerodinámico de la pala es impactado por el flujo de aire incidente, el dispositivo de guiado del flujo crea una bolsa de aire frente a la superficie frontal, lo que incrementa la presión frente al dispositivo de guiado del flujo, y que guía al flujo de aire alrededor del dispositivo de guiado del flujo.

40 Preferiblemente, el dispositivo de guiado del flujo se forma como un dispositivo extendido longitudinalmente. De acuerdo con una realización ventajosa, el dispositivo de guiado del flujo se extiende a lo largo de al menos el 5 % de una extensión longitudinal de la pala de la turbina eólica. Aún más, la extensión longitudinal del dispositivo de guiado del flujo puede ser de al menos el 7 %, 10 %, 15 %, o incluso el 20 % de la extensión longitudinal o longitud de la pala.

De acuerdo con otra realización, el dispositivo de guiado del flujo extendido longitudinalmente se extiende a lo largo de al menos 1 metro de la pala, o al menos 2 metros, o al menos 3 metros, o al menos 4 metros, o al menos 5 metros, o al menos 6 metros, o incluso al menos 8 o 10 metros de la pala de la turbina eólica.

45 En una realización, una distancia mínima desde el punto distal al contorno aerodinámico (o en otras palabras la altura del dispositivo de guiado del flujo), en al menos la parte longitudinal central del dispositivo de guiado del flujo, disminuye en la dirección longitudinal hacia el extremo de punta. Como alternativa, la altura del dispositivo de guiado del flujo puede ser sustancialmente constante en al menos la parte central del dispositivo de guiado del flujo. La altura puede variar también en la dirección longitudinal con piezas alternadas, en las que la altura se incrementa, y piezas, en las que disminuye la altura.

50 En una realización ventajosa, la base se forma de un material flexible. Por lo tanto, la rigidez de flexión de la base puede reducirse y la base doblarse para encajar en la superficie de la pala sin introducir grandes tensiones en una línea de unión entre la base y el elemento con forma de placa. Esto puede obtenerse por ejemplo mediante la formación de la base como una estructura compuesta, tal como un material de matriz de polímero reforzado con fibras de vidrio. El material de matriz de polímero puede ser por ejemplo una resina de poliuretano. Aún más, la base puede fabricarse de un material de polímero, tal como un plástico ABS o policarbonato.

Ventajosamente, una extensión longitudinal del dispositivo de guiado del flujo es de al menos 0,5 metros, o al menos 1 metro, o al menos 2 metros, o al menos 3 metros. Además, un ancho de la base, es decir la distancia entre el primer lado y el segundo lado de la base, está ventajosamente entre 20 cm y 100 cm, o entre 20 cm y 70 cm.

5 De acuerdo con una realización ventajosa, la primera superficie de la base está curvada, y la curvatura de la primera superficie puede variar opcionalmente en la dirección longitudinal de la base. De ese modo, esta forma puede coincidir sustancialmente con la curvatura superficial longitudinalmente variable del contorno aerodinámico de la pala de la turbina eólica. Sin embargo, de acuerdo con una realización ventajosa, la base es plana. Por lo tanto, es factible fabricar el dispositivo de guiado del flujo como un elemento extrudido o fabricado por pultrusión.

10 La pala de la turbina eólica puede fabricarse ventajosamente de una estructura de compuesto, tal como una matriz de polímero reforzada con un material de fibra. La resina puede ser una resina termoestable, tal como epoxi, viniléster, poliéster. La resina puede ser también un termoplástico, tal como nilón, PVC, ABS, polipropileno o polietileno. Aún más la resina puede ser un termoplástico termoestable, tal como PBT cíclico o PET. El dispositivo de guiado del flujo puede fabricarse también de dichos materiales compuestos. El material de matriz de polímero puede ser también una resina de poliuretano. Aún más, la base puede fabricarse de un material de polímero, tal como un
15 plástico ABS o policarbonato.

El dispositivo de guiado del flujo (o piezas del dispositivo de guiado del flujo) pueden fijarse a la superficie de la pala mediante su adhesión a la superficie de la pala. También pueden empernarse o remacharse a la superficie de la pala. También pueden montarse en la superficie de la pala mediante el uso de tornillos. En principio, puede ser posible también fijar el dispositivo de guiado del flujo a la superficie de la pala mediante el uso de medios
20 magnéticos, si el dispositivo de guiado del flujo y/o la pala comprenden un material magnetizable. Según otro aspecto, la invención proporciona una turbina eólica que comprende un número de palas, preferiblemente dos o tres, de acuerdo con cualquiera de las realizaciones mencionadas anteriormente.

la Fig. 1 muestra una turbina eólica,

25 la Fig. 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala de turbina eólica proporcionada con piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención,

la Fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico,

la Fig. 4 muestra varios diseños de sección transversal de las piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención,

30 la Fig. 5 muestra una vista esquemática de una segunda realización de una pala de turbina eólica proporcionada con piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención,

la Fig. 6 muestra una vista esquemática de una primera realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde el lateral,

la Fig. 7 muestra una vista esquemática de la primera realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior,

35 la Fig. 8 muestra una vista esquemática de una segunda realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior,

la Fig. 9 muestra una vista esquemática de una tercera realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde el lateral,

40 la Fig. 10 muestra una vista esquemática de la tercera realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior,

la Fig. 11 muestra una vista esquemática de la cuarta realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior,

la Fig. 12 muestra una vista esquemática de la quinta realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior,

45 la Fig. 13 muestra una vista esquemática de la sexta realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior,

la Fig. 14 muestra una vista esquemática de la séptima realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior,

la Fig. 15 muestra una vista esquemática de la octava realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde el lateral,

5 la Fig. 16 muestra una vista esquemática de la novena realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde el lateral,

la Fig. 17 muestra una vista esquemática de la décima realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde el lateral,

10 la Fig. 18 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pieza del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención,

la Fig. 19 muestra una vista esquemática de una segunda realización de una pieza del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención,

la Fig. 20 muestra secciones transversales de diversos diseños de las piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención,

15 la Fig. 21 ilustra la fijación de las piezas del dispositivo de guiado del flujo a una superficie de una pala de la turbina eólica,

la Fig. 22 muestra una altura del borde posterior de un primer dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención en función de la distancia radial desde el buje,

20 la Fig. 23a muestra la altura del borde posterior de un segundo dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención en función de la distancia radial desde el buje, y

la Fig. 23b muestra la altura del borde posterior de un tercer dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención en función de la distancia radial desde el buje.

25 La Fig. 1 ilustra una turbina eólica frente al viento moderna convencional de acuerdo con el denominado "Concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, cada una teniendo una raíz de pala 16 próxima al buje y una punta de pala 14 la más alejada desde el buje 8.

30 La Fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico 50 de una pala típica de una turbina eólica representada con varios parámetros, que se usan típicamente para definir la forma geométrica de un perfil aerodinámico. El perfil aerodinámico 50 tiene un lado de presión 52 y un lado de succión 54, que durante el uso —es decir durante la rotación del rotor— miran normalmente hacia el lado de barlovento y al lado de sotavento, respectivamente. El perfil aerodinámico 50 tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda c que se extiende entre un borde de ataque 56 y un borde de salida 58 de la pala. El perfil aerodinámico 50 tiene un grosor t , que se define como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de succión 54. El grosor t del perfil aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación respecto a un perfil simétrico viene dada por una línea de combadura 62, que es una línea media a través del perfil aerodinámico 50. La línea media puede hallarse mediante el dibujo de círculos inscritos desde el borde de ataque 56 al borde de salida 58. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia desde la cuerda 60 se llama combadura f . La asimetría también puede definirse también mediante el uso de parámetros llamados combadura superior y combadura inferior, que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado de succión 54 y el lado de presión 52, respectivamente.

40 La Fig. 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala 10 de turbina eólica de acuerdo con la invención. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una zona de raíz 30 más cercana al buje, una zona perfilada o aerodinámica 34 la más alejada del buje y una zona de transición 32 entre la zona de raíz 30 y la zona aerodinámica 34. La pala 10 comprende un borde anterior 18 que mira en la dirección de giro de la pala 10, cuando la pala se monta sobre el buje, y un borde posterior 20 que mira en la dirección opuesta al borde anterior 18.

45 La zona aerodinámica 34 (también llamada la zona perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de elevación, mientras que la zona de raíz 30 debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que por ejemplo hace más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la zona de raíz 30 es típicamente constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La zona de transición 32 tiene un perfil de transición 42 que cambia gradualmente desde la forma circular o

elíptica 40 de la zona de raíz 30 al perfil aerodinámico 50 de la zona aerodinámica 34. El ancho de la zona de transición 32 se incrementa típicamente de modo sustancialmente lineal con el incremento de la distancia r desde el buje.

5 La zona aerodinámica 34 tiene un perfil aerodinámico 50 con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye con el incremento de la distancia r desde el buje.

10 Las cuerdas de diferentes secciones de la pala no reposan normalmente en un plano común, dado que la pala puede retorcerse y/o curvase (es decir doblado previo), proporcionando así al plano de la cuerda con una trayectoria retorcida y/o curvada, siendo este el caso más frecuente para compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio desde el buje.

La pala 10 de la turbina eólica de acuerdo con la invención se proporciona con un cierto número de piezas 70 del dispositivo de guiado del flujo, que se agrupan juntas y sobresalen del lado de presión de la pala en al menos la zona de transición 32 de la pala. Sin embargo, ventajosamente las piezas 70 del dispositivo de guiado del flujo pueden extenderse también dentro de la zona aerodinámica 34 y/o la zona de raíz 30 de la pala.

15 El diseño de sección transversal de las piezas del dispositivo de guiado del flujo puede tomar muchas formas y obtener aún una acumulación de presión sobre el lado de presión de la pala e incrementar así el empuje de la sección de pala particular. Como un primer ejemplo, las piezas del dispositivo de guiado del flujo pueden comprender un elemento con forma de placa o nervio, que están en ángulo hacia adelante hacia el borde de ataque de la pala como se muestra en la Fig. 4 (a). En esta realización, el elemento con forma de placa se localiza en el
20 frente de una normal al contorno aerodinámico en un punto de fijación del elemento con forma de placa, es decir entre dicha normal y el borde de ataque de la pala. Esta realización tiene la ventaja de que se acumula una presión adicional en el frente de las piezas del dispositivo de guiado del flujo. Se muestra un segundo ejemplo en la Fig. 4 (b), en el que el elemento con forma de placa está en ángulo hacia atrás hacia el borde de salida de la pala. Se muestra un tercer ejemplo en la Fig. 4 (c), en el que el elemento con forma de placa sobresale sustancialmente
25 normal a la superficie de la pala de la turbina eólica. Se muestra un cuarto ejemplo en la Fig. 4 (d), en el que las piezas del dispositivo de guiado del flujo comprenden una sección transversal con forma triangular o de cuña similar a las mostradas en el documento WO2007/118581.

30 En las Figs. 4 (b) y (d), las piezas del dispositivo de guiado del flujo comprenden una superficie de in flujo con un punto de inicio y un punto final. Los ángulos y forma de la superficie de in flujo pueden corresponder ventajosamente a los diseños propuestos en la solicitud de patente Europea EP08171530.2 por parte del presente solicitante. En las Figs. 4 (a)-(d), la distancia de un punto distal del dispositivo de guiado del flujo a la superficie de la pala puede corresponder ventajosamente a los diseños propuestos en la solicitud de patente Europea EP08171533.6 por parte del presente solicitante.

35 La Fig. 18 muestra una primera realización de una pieza 70' del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención. El dispositivo de guiado del flujo se forma como un dispositivo extendido longitudinalmente que tiene una base 90. La base 90 comprende un primer extremo longitudinal 91, que —cuando el dispositivo de guiado del flujo 70' se fija al contorno aerodinámico de la pala 10 de la turbina eólica— se dispone más cerca del extremo de raíz de la pala y un segundo extremo longitudinal 92, que se dispone más cerca del extremo de punta de la pala 10. La base 90 comprende además un primer lado 93 dispuesto más cerca del borde de ataque 18 de la pala 10 y un segundo
40 lado 94 dispuesto más cerca del borde de salida 20 de la pala. La base 90 comprende también una primera superficie 95, que se fija a la superficie de la pala 10, y una segunda superficie, que mira al exterior desde la superficie de la pala 10. El elemento con forma de placa 97 sobresale desde la segunda superficie 96 de la base 90 desde una parte sustancialmente en el medio entre el primer lado 93 y el segundo lado 94. El elemento con forma de placa 97 se extiende longitudinalmente a lo largo de toda la extensión longitudinal de la base 90. El elemento con
45 forma de placa comprende una superficie frontal 98, que mira hacia el borde de ataque 18 de la pala 10, y una superficie posterior 99, que mira hacia el borde de salida 20 de la pala 10. Durante la operación de la turbina eólica, la superficie frontal 98 del elemento con forma de placa 97 es impactada así por una corriente de aire en aproximación. El elemento con forma de placa 97 funciona como una obstrucción al flujo sobre el lado de presión del perfil. Después del dispositivo de guiado del flujo, es decir entre el dispositivo de guiado del flujo y el borde de salida
50 de la pala, tiene lugar una separación del flujo de aire. Esta absorción es el resultado de una presión más alta después del dispositivo de guiado del flujo, es decir entre el dispositivo de guiado del flujo y el borde de salida de la pala de la turbina eólica, debido a la separación del flujo. Esta presión más elevada contribuye a un empuje más elevado en la sección longitudinal, en la que se dispone el dispositivo de guiado del flujo 70'.

55 La Fig. 19 muestra una segunda realización de una pieza del dispositivo de guiado del flujo 170' de acuerdo con la invención, en la que números iguales se refieren a partes iguales de la realización mostrada en la Fig. 18. Por lo tanto, solo se describe la diferencia entre las dos realizaciones. En esta realización, el elemento con forma de placa 197 está en ángulo hacia adelante de modo que el elemento con forma de placa 197 forma un primer ángulo ϕ con la base 190. Por lo tanto, la superficie frontal 198 también mira ligeramente hacia abajo hacia la base 190 y la

superficie de la pala 10. Cuando la superficie frontal 198 durante la operación normal de la turbina eólica es impactada por una corriente de aire en aproximación, se forma una bolsa de aire en el frente de la superficie frontal, que incrementa la presión en el frente del dispositivo de guiado del flujo, y que guía el flujo de aire alrededor del dispositivo de guiado del flujo 170'. Por lo tanto, se acumula una presión incrementada tanto en el frente como por
 5 detrás del dispositivo de guiado del flujo 170'. De ese modo, el empuje se incrementa a lo largo de una gran parte de la sección de la pala. El primer ángulo φ es ventajosamente al menos 20 grados y ángulos alrededor de 30 a 45 grados han mostrado excelente resultados, tanto con respecto a la ganancia en el empuje como con relación a la flexibilidad del dispositivo de guiado del flujo.

Sin embargo, el elemento con forma de placa no necesita sobresalir sustancialmente normal a la base (y al contorno aerodinámico de la pala) como se muestra en la Fig. 18 o estar en ángulo hacia delante como se muestra en la Fig. 19. Además, el elemento con forma de placa no necesita sobresalir desde una parte media de la base. La Fig. 20 muestra variaciones del diseño de la sección transversal de las piezas del dispositivo de guiado del flujo.

Las Figs. 20 (a)-(e) muestran diferentes ejemplos de piezas de dispositivo de guiado del flujo, que como tales se conforman como barras en ángulo. En todas las realizaciones, se supone que el borde de ataque de la pala se dispone a la derecha y el borde de salida a la izquierda. Por lo tanto, durante la operación normal de una turbina eólica, la corriente de aire en aproximación es desde la derecha a la izquierda.

En la realización (a), el elemento con forma de placa está en ángulo hacia delante y sobresale desde el segundo lado de la base. En la realización (b), el elemento con forma de placa está en ángulo hacia atrás y sobresale desde el primer lado de la base. En estas dos realizaciones, el ángulo entre los elementos con forma de placa de (a) y (b)
 20 forma un ángulo de 45 grados con la base.

En la realización (c), el elemento con forma de placa está en ángulo hacia delante y sobresale desde el segundo lado de la base. En la realización (d), el elemento con forma de placa está en ángulo hacia atrás y sobresale desde el segundo lado de la base. En estas dos realizaciones, el elemento con forma de placa forma un ángulo de aproximadamente 135 grados con la base.

En la realización (e), el elemento con forma de placa sobresale sustancialmente normalmente a la base desde el primer lado de la base.

Las realizaciones (f)-(h) muestran realizaciones, en las que el elemento con forma de placa sobresale desde una parte media de la base, es decir entre el primer lado y el segundo lado de la base. El elemento con forma de placa puede, por ejemplo, estar en ángulo hacia adelante como se muestra en la realización (f), estar en ángulo hacia
 30 atrás como se muestra en la realización (g) o sobresalir normalmente desde la base como se muestra en la realización (h).

En todas las realizaciones anteriores, el elemento con forma de placa se diseña como un elemento plano. Sin embargo, los elementos con forma de placa de las realizaciones previas pueden estar ligeramente doblados o curvados, es decir con una forma cóncava como se muestra en la realización (i) o una forma convexa como se muestra en la realización (j). Aún más, el elemento con forma de placa puede comprender diferentes piezas planas, que están en ángulo de modo diferente con respecto a la base, teniendo así el elemento con forma de placa un diseño discontinuo como se muestra en la realización (k).

El dispositivo de guiado del flujo se monta típicamente sobre una superficie curvada de la pala de la turbina eólica. Por lo tanto, potencialmente los lados de la base pueden separarse ligeramente desde la superficie de la pala como se muestra en la Fig. 21 (a). Por consiguiente, es ventajoso que la base del dispositivo de guiado del flujo se fabrique de un material flexible de modo que se reduzcan las formaciones de tensiones a lo largo de toda la placa base. Adicionalmente, al fabricar el elemento con forma de placa flexible, se reducen las fuerzas de despegue en los extremos del dispositivo de guiado del flujo. Esto puede obtenerse mediante la formación de la base como una placa relativamente delgada, por ejemplo fabricada de un material compuesto, tal como un material de matriz de polímero reforzado con fibra de vidrio. Como alternativa, la base puede estar ligeramente curvada como se muestra en la Fig. 21 (b) de modo que complemente la superficie de la pala de la turbina eólica. La base puede fijarse a la superficie de la pala mediante, por ejemplo, adhesión de la primera superficie de la base a la superficie de la pala, o mediante su conexión a la pala a través de medios de conexión, tales como tornillos o tuercas y pernos. Es posible también moldear el dispositivo de guiado del flujo sobre la superficie de la pala. Aún más, el dispositivo de guiado del flujo puede fijarse a la superficie de la pala mediante el uso de medios magnéticos, si por ejemplo la placa base y/o la concha de la pala comprenden un material magnetizable. Además, la curvatura de la primera superficie de la base puede variar en la dirección longitudinal de la base para adaptarse a la forma variable de la pala de la turbina eólica.

La Fig. 5 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica provista con piezas del dispositivo de guiado del flujo 170, que se agrupan juntas en un primer grupo del dispositivo de guiado del flujo 177 en la zona de transición de la pala y que sobresale desde el lado de presión de la pala. El primer grupo del dispositivo de guiado
 55

del flujo 177 se extiende además ligeramente dentro de la zona de raíz y de la zona aerodinámica de la pala. El primer grupo del dispositivo de guiado del flujo 177 se muestra como extendido sustancialmente paralelo al eje longitudinal (o eje de paso) de la pala. Sin embargo, puede disponerse ligeramente torcido o curvado en comparación con dicho eje longitudinal.

- 5 La Fig. 6 representa el grupo del dispositivo de guiado del flujo 177, visto desde el lateral. Como puede verse, el grupo 177 comprende un cierto número de piezas del dispositivo de guiado del flujo 170 individuales, que están mutuamente separadas por espacios 181. Las piezas individuales pueden tener por ejemplo una extensión longitudinal de entre 50 cm y 200 cm, por ejemplo 100 cm. Los espacios 181 entre piezas del dispositivo de guiado del flujo 170 adyacentes pueden estar, por ejemplo, entre 5 mm y 30 mm. De acuerdo con otra realización (no mostrada), las piezas del dispositivo de guiado del flujo hacen tope entre sí. La construcción modular mostrada hace a la construcción del grupo del dispositivo de guiado del flujo 170 más flexible que dispositivos de guiado del flujo que se extienden longitudinalmente convencionales y reduce las fuerzas de despegue, que tienen lugar normalmente en los extremos de los dispositivos de guiado del flujo. Por lo tanto, las piezas modulares tendrán una tendencia más pequeña a desprenderse de la superficie de la pala.
- 10
- 15 La Fig. 7 muestra las piezas del dispositivo de guiado del flujo 170 vistas desde la parte superior, representadas en este caso como una parte proximal del elemento con forma de placa. En la realización mostrada, los espacios 181 entre piezas del dispositivo de guiado del flujo 170 adyacentes se cierran mediante elementos intermedios 179 fabricados de material flexible, tal como una goma. En esta realización particular, los elementos intermedios 179 se fijan a una superficie frontal de los elementos con forma de placa 170.
- 20 La Fig. 8 muestra una segunda realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo 270 de acuerdo con la invención. En esta realización los espacios también se cierran mediante elementos intermedios 279 fabricados en material flexible, tal como una goma. En esta realización, las piezas intermedias llenan todo el espacio entre las piezas del dispositivo de guiado del flujo 270 y se fijan tanto a la superficie frontal como a la superficie posterior de las piezas del dispositivo de guiado del flujo 270.
- 25 La Fig. 9 muestra una vista esquemática de una tercera realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo 370 de acuerdo con la invención, vista desde el lateral. En esta realización, las piezas del dispositivo de guiado del flujo 370 se solapan parcialmente en la dirección longitudinal. Por consiguiente, un extremo de una pieza del dispositivo de guiado del flujo se extiende más allá de un segundo extremo de una segunda pieza del dispositivo de guiado del flujo. Los extremos pueden estar ligeramente en ángulo como se muestra en la Figura.
- 30 La Fig. 10 muestra una vista esquemática de la tercera realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo 370 de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior. Puede verse que las piezas del dispositivo de guiado del flujo 370 se escalonan en la dirección longitudinal. La superficie posterior de una pieza del dispositivo de guiado del flujo puede hacer tope con la superficie frontal de una segunda pieza del dispositivo de guiado del flujo, o puede haber un pequeño espacio en la dirección transversal de la pala.
- 35 La Fig. 11 muestra una vista esquemática de la cuarta realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo 470 de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior. En esta realización, las piezas del dispositivo de guiado del flujo se disponen alternadamente en el frente de y por detrás de otras piezas del dispositivo de guiado del flujo.
- La Fig. 12 muestra una vista esquemática de la quinta realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo 570 de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior, que es similar a la cuarta realización con la excepción de que las piezas del dispositivo de guiado del flujo 570 son alternadamente convexas y cóncavas en la dirección longitudinal. En la realización mostrada, se disponen dos piezas del dispositivo de guiado del flujo por detrás de las otras. Sin embargo, pueden disponerse también ventajosamente en el frente de las otras piezas del dispositivo de guiado del flujo, obteniendo de ese modo un diseño global ligeramente diferente.
- 40
- La Fig. 13 muestra una vista esquemática de la sexta realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo 670 de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior. En esta realización, el primer grupo del dispositivo de guiado del flujo consiste en piezas del dispositivo de guiado del flujo alternadamente convexas y cóncavas, que se interconectan. En general, se obtiene un diseño corrugado en la dirección longitudinal de la pala.
- 45
- La Fig. 14 muestra una vista esquemática de la séptima realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde la parte superior, en la que las piezas del dispositivo de guiado del flujo 770 individuales se interconectan a través de una pieza del dispositivo de guiado del flujo 779 intermedia. En general, se obtiene un diseño corrugado alternativo en la dirección longitudinal de la pala.
- 50
- La Fig. 15 muestra una vista esquemática de la octava realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo de acuerdo con la invención, vista desde el lateral. En esta realización, el primer grupo del dispositivo de guiado del flujo comprende un número de piezas del dispositivo de guiado del flujo 870 individuales, que se interconectan mediante

5 piezas del dispositivo de guiado del flujo 879 intermedias. Las piezas del dispositivo de guiado del flujo 870 tienen una primera rigidez, y las piezas del dispositivo de guiado del flujo 879 intermedias tienen una segunda rigidez. Esto puede conseguirse por ejemplo mediante el uso de diferentes pliegues en la dirección longitudinal de la pala, o mediante el cambio de la dirección de la fibra de dichas piezas realizadas de un material compuesto reforzado con fibra. Aún más, es posible conseguir la rigidez variable mediante la fabricación del dispositivo de guiado del flujo como una estructura en emparedado con diferentes materiales de núcleo del emparedado, por ejemplo plástico en espuma y madera de balsa.

10 La Fig. 16 muestra una vista esquemática de la novena realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo 970 de acuerdo con la invención, vista desde el lateral. En esta realización, las piezas del dispositivo de guiado del flujo 970 se disponen sobre una base común, extendida longitudinalmente. Por lo tanto, la base comprende típicamente un primer lado y un segundo lado, así como un primer extremo longitudinal y un segundo extremo longitudinal como se muestra en la Fig. 18. Las piezas del dispositivo de guiado del flujo 970 están separadas por rebajes 981 o espacios.

15 La Fig. 17 muestra una vista esquemática de la décima realización de piezas del dispositivo de guiado del flujo 1070 de acuerdo con la invención, vista desde el lateral, similar a la novena realización. En esta realización, los rebajes 1018 comprenden una parte inferior, es decir una parte más cercana a la base y a la pala de la turbina eólica, en donde se proporciona un diseño de orificio 1085 en dicha parte inferior, teniendo el orificio un diámetro, que es mayor que el ancho inmediato de los rebajes 1081. Esto reduce incluso adicionalmente las concentraciones de tensiones y las fuerzas de despegue.

20 En una primera realización, una altura h del primer grupo del dispositivo de guiado del flujo puede, como se muestra en la Fig. 22, ser decreciente en la dirección longitudinal (o distancia radial desde el buje) hacia el extremo de punta r de la pala —al menos dentro de la parte longitudinal central 71 del primer grupo del dispositivo de guiado del flujo—. La altura del dispositivo de guiado del flujo se muestra en función de la distancia radial r desde el buje en la Fig. 20. En el extremo longitudinal del grupo del dispositivo de guiado del flujo más cercano al buje, el grupo del dispositivo de guiado del flujo se redondea o ahúsa para obtener una suave transición al contorno aerodinámico de la pala.

30 En una segunda realización, la altura del grupo del dispositivo de guiado del flujo es como se muestra en la Fig. 23a sustancialmente constante en la dirección longitudinal de la pala, al menos dentro de la parte longitudinal central 71. Además, se ve que el grupo del dispositivo de guiado del flujo puede redondearse o ahusarse cerca de los extremos longitudinales del grupo del dispositivo de guiado del flujo para obtener una suave transición al contorno aerodinámico de la pala.

En una tercera realización, la altura del grupo del dispositivo de guiado del flujo aumenta en una primera parte longitudinal y disminuye en una segunda parte longitudinal como se muestra en la Fig. 23b.

35 La invención se ha descrito con referencia a una realización preferida. Sin embargo, el alcance de la invención no está limitado a la realización ilustrada, y pueden llevarse a cabo alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Una pala (10) para un rotor de una turbina eólica (2) que tiene un árbol de rotor sustancialmente horizontal, comprendiendo dicho rotor un buje (8), desde el que se extiende la pala (10) sustancialmente en una dirección radial cuando se monta en el buje (8), teniendo la pala una dirección longitudinal (r) con un extremo de punta (14) y un extremo de raíz (16) y una dirección transversal, comprendiendo la pala además:
- un contorno aerodinámico (40, 42, 50) que incluye un lado de presión y un lado de succión, así como un borde de ataque (18) y un borde de salida (20) con una cuerda que tiene una longitud de cuerda extendida entre ellos, generando un empuje el contorno aerodinámico, cuando es impactado por un flujo de aire incidente, en el que el contorno aerodinámico se divide en:
 - una zona de raíz (30) que tiene un perfil sustancialmente circular o elíptico más próxima al buje,
 - una zona aerodinámica (34) que tiene un perfil de generación de empuje más alejada desde el buje, y
 - una zona de transición (32) entre la zona de raíz (30) y la zona aerodinámica (34), teniendo la zona de transición (32) un perfil gradualmente cambiante en la dirección radial desde el perfil circular o elíptico de la zona de raíz al perfil de generación de empuje de la zona aerodinámica, **caracterizada por que**
 - la pala se proporciona con una pluralidad de piezas de un dispositivo de guiado del flujo extendido longitudinalmente (70), que se agrupan juntas como piezas modulares para formar un primer grupo del dispositivo de guiado del flujo (77) en la zona de transición (32) de la pala (10), extendiéndose el primer grupo del dispositivo de guiado del flujo a lo largo de al menos una parte longitudinal de la zona de transición (32), en el que
 - cada una de las piezas del dispositivo de guiado del flujo (70) se añade al contorno aerodinámico (40, 42, 50) de la pala sobre el lado de presión (52) de la pala (10), y en el que
 - en el que las piezas del dispositivo de guiado del flujo (70) se conforman como elementos planos que sobresalen desde el contorno aerodinámico (40, 42, 50) y se extienden sustancialmente en la dirección longitudinal de la pala (10) y comprenden un primer lado más cerca del borde de ataque (18) de la pala (10), un segundo lado más cerca del borde de salida (20) de la pala (10) así como un primer extremo longitudinal más cerca del extremo de raíz (16) de la pala (10) y un segundo extremo longitudinal más cerca del extremo de punta (14) de la pala (10), y en el que
 - las piezas del dispositivo de guiado del flujo (70) se disponen de modo que generen una separación del flujo de aire desde el lado de presión de la pala a un punto entre las piezas del dispositivo de guiado del flujo (70) y el borde de salida (20) de la pala, cuando la pala es impactada por el flujo de aire incidente.
2. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que las piezas del dispositivo de guiado del flujo se conforman de modo que tengan una superficie de in flujo con un punto de inicio (74) orientado hacia el borde de ataque (18) de la pala (10) y con un punto final (76) orientado hacia el borde de salida (20) de la pala (10), incrementándose la distancia entre la superficie de in flujo (72) y el contorno aerodinámico (40, 42, 50) desde el punto de inicio (74) al punto final (76).
3. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las piezas de guiado del flujo (70) individuales se disponen yuxtapuestas en la dirección longitudinal de la pala de la turbina eólica.
4. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 3, en la que las piezas de guiado del flujo se disponen de modo que hagan tope entre sí en extremos longitudinales.
5. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 4, en la que las piezas de guiado del flujo se disponen con una separación longitudinal entre las piezas de guiado del flujo.
6. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 5, en la que la separación longitudinal se dispone en un intervalo de entre 5 mm y 50 mm, o entre 5 mm y 40 mm, o entre 5 mm y 30 mm.
7. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en la que la separación entre piezas de guiado del flujo adyacentes se cierra con un cuerpo flexible, fabricado por ejemplo de un material de goma.
8. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en la que las piezas del dispositivo de guiado del flujo se disponen sobre una base común, extendida longitudinalmente.
9. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 8, en la que las piezas del dispositivo de guiado del flujo están separadas por un rebaje.
10. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la pluralidad de las piezas del dispositivo de guiado del flujo (70) que se extienden longitudinalmente comprende piezas del dispositivo de guiado del flujo individuales, que se solapan al menos parcialmente en la dirección longitudinal de la pala.

11. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las piezas del dispositivo de guiado del flujo individuales son sustancialmente rectas en la dirección longitudinal.
12. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que las piezas del dispositivo de guiado del flujo individuales están curvadas en la dirección longitudinal.
- 5 13. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el primer grupo del dispositivo de guiado del flujo tiene un diseño corrugado en la dirección longitudinal.

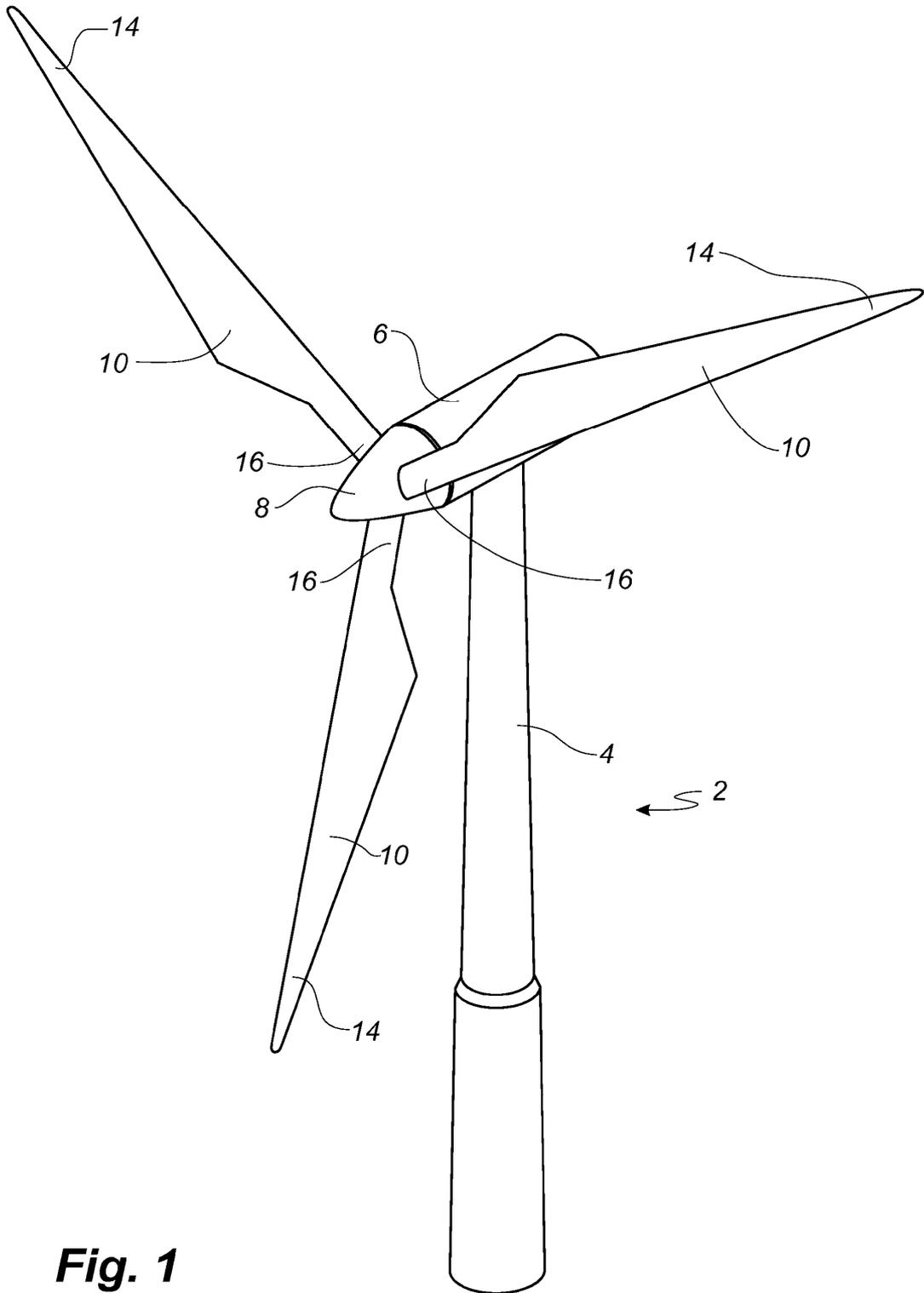


Fig. 1

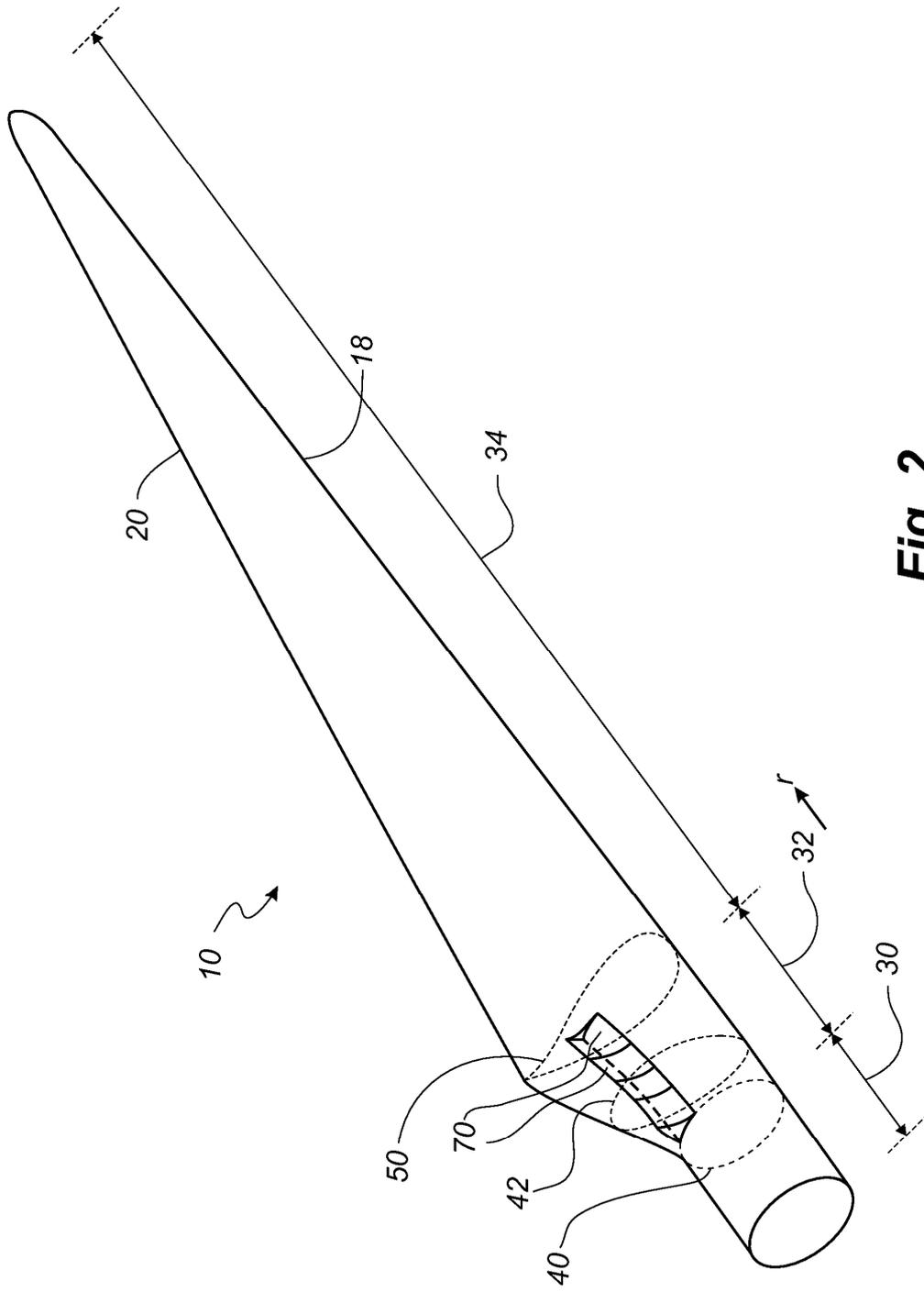


Fig. 2

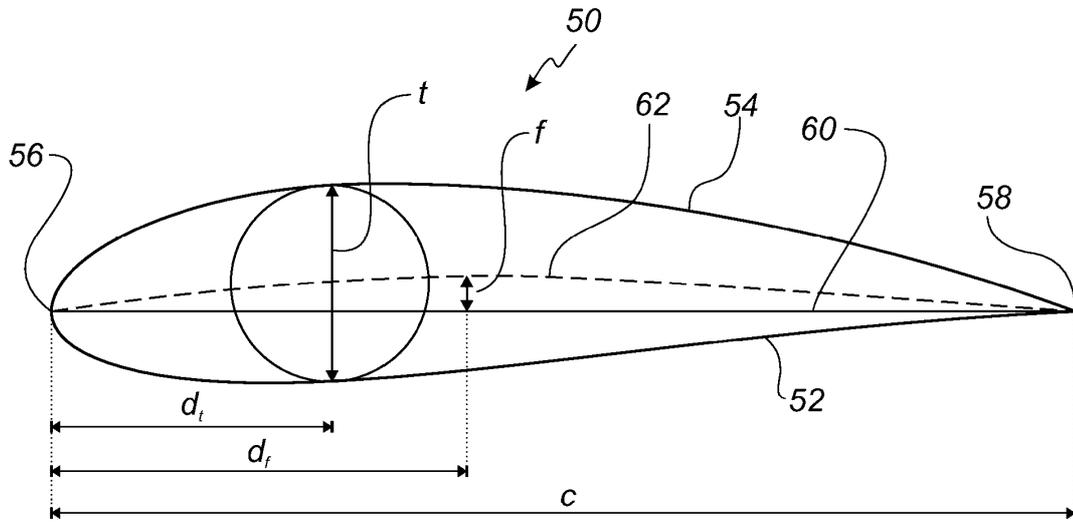


Fig. 3

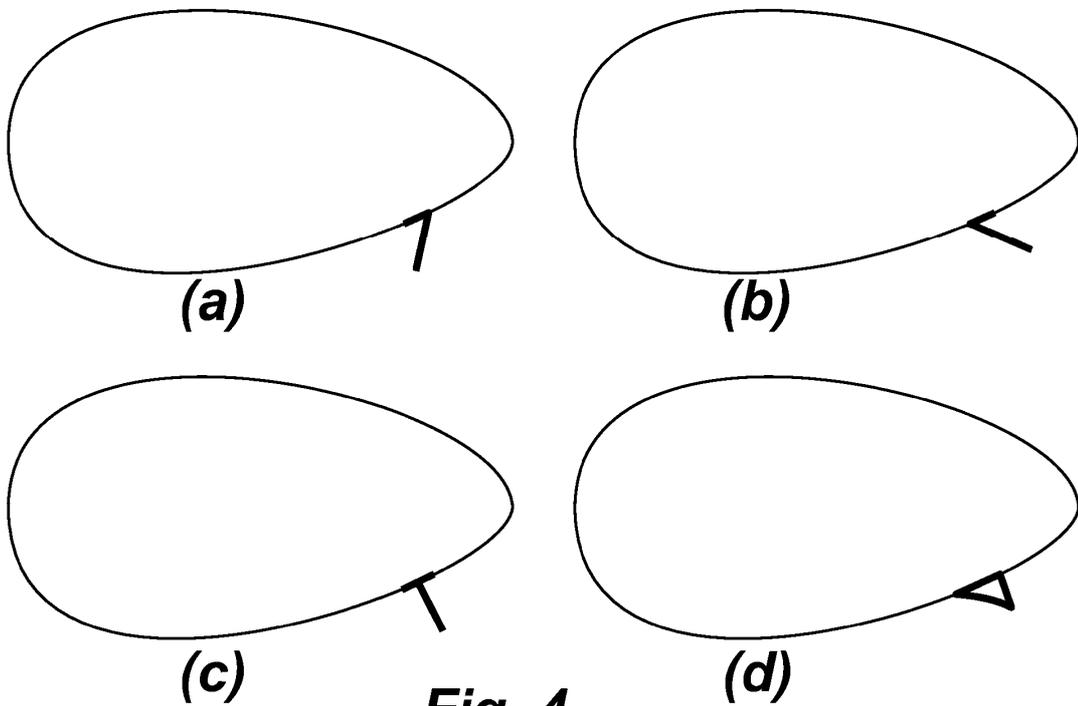


Fig. 4

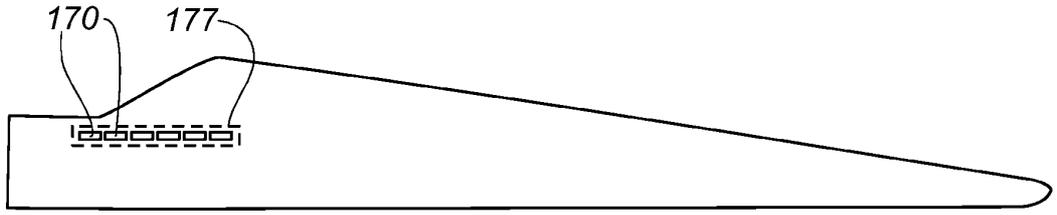


Fig. 5

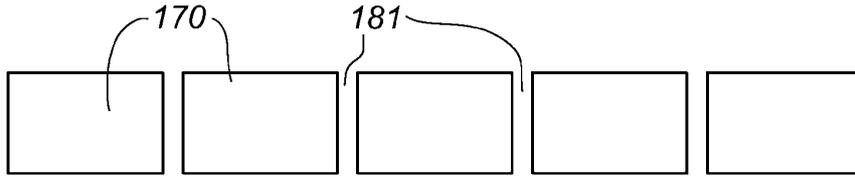


Fig. 6

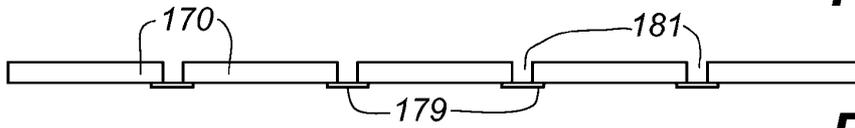


Fig. 7

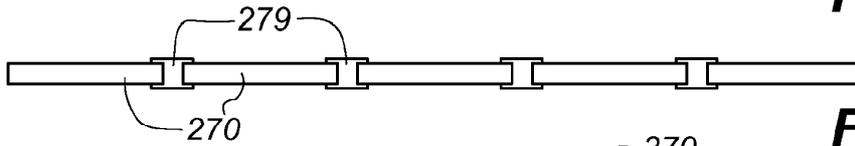


Fig. 8

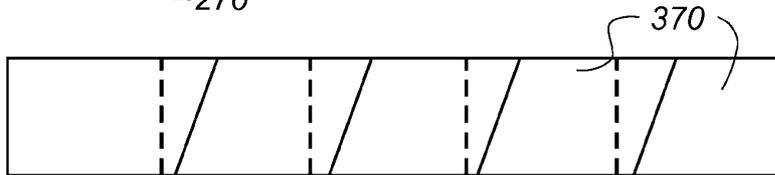


Fig. 9



Fig. 10

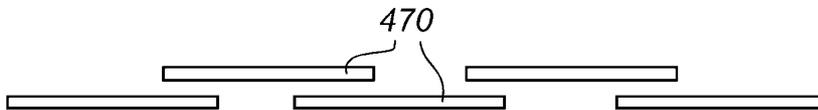


Fig. 11

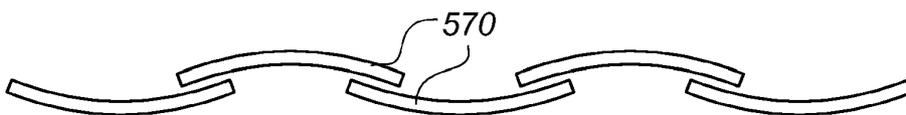


Fig. 12

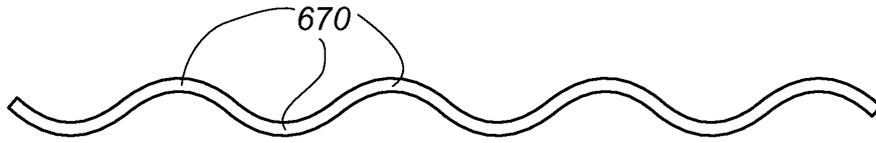


Fig. 13

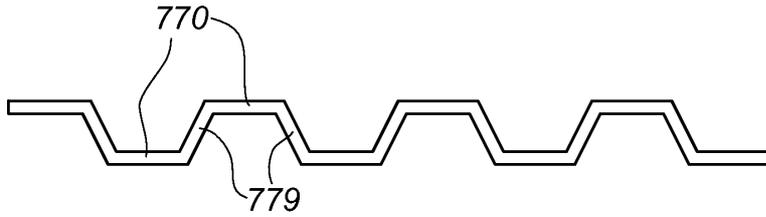


Fig. 14

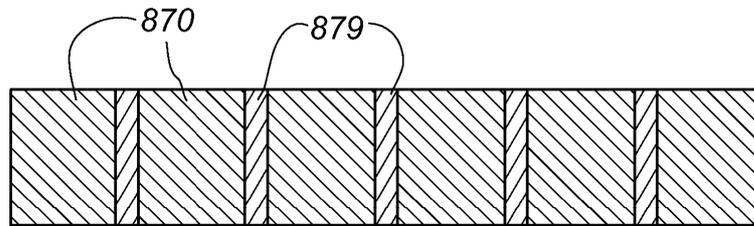


Fig. 15

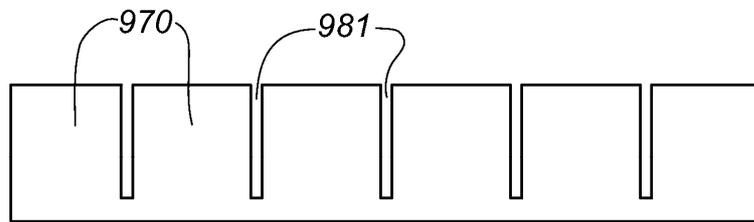


Fig. 16

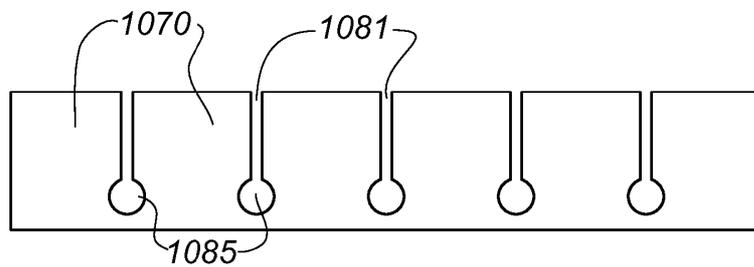


Fig. 17

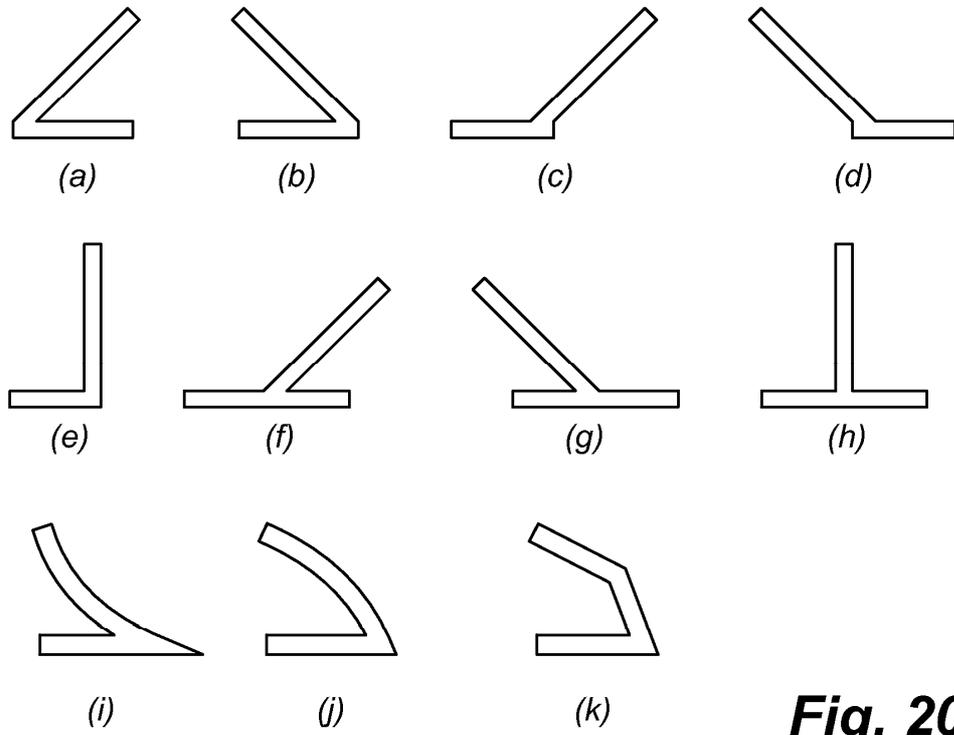


Fig. 20

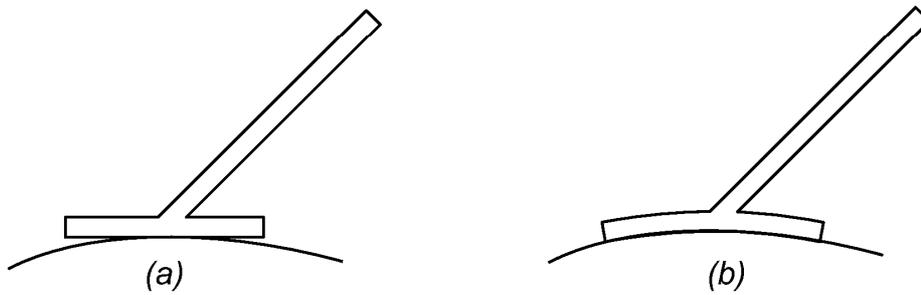


Fig. 21

