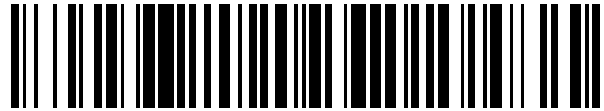


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 618 459**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/00** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **14.05.2012 PCT/EP2012/058906**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **22.11.2012 WO2012156359**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2012 E 12721281 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.12.2016 EP 2712399**

54 Título: **Pala de turbina eólica con dispositivos de reducción de ruido y un método relacionado**

30 Prioridad:

**16.05.2011 EP 11166249**

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

**21.06.2017**

73 Titular/es:

**LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)  
Jupitervej 6  
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**YAO, QINGSHAN**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 618 459 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 dispositivos de reducción de ruido y un método relacionado

Campo de la invención

5 La presente invención se relaciona con una pala de turbina eólica, en particular una pala de turbina eólica que tiene dispositivos o estructuras para reducir el ruido que se genera por la pala de turbina eólica durante el uso.

Antecedentes de la invención

10 El siempre creciente número de turbinas eólicas implica un aumento en la demanda para las ubicaciones adecuadas de las turbinas eólicas. Las palas de turbina eólica de una turbina eólica generan una cantidad considerable de ruido durante la operación. En general, el ruido de las turbinas eólicas es un factor limitante cuando se consideran posibles ubicaciones de las turbinas eólicas.

15 Se conoce que para proporcionar un panel con borde dentado en el borde de salida de la pala de turbina eólica, con una vista para reducir el ruido operacional de una turbina eólica, por ejemplo, la patente de los Estados Unidos No. 7,909,576. Sin embargo, dicho sistema no proporciona una eliminación completa del ruido del borde de salida, ni cuenta el ruido que se genera por las palas de turbina eólica de dimensiones aumentadas y/o que tienen perfiles de borde de salida romos.

20 De acuerdo con esto, es un objeto de la presente invención proporcionar una pala de turbina eólica con propiedades de ruido mejoradas, por ejemplo, se desea proporcionar una pala de turbina eólica de bajo ruido con el fin de reducir el ruido de las turbinas eólicas reduciendo de este modo la molestia del ruido para las personas que viven cerca de las turbinas eólicas. Además una turbina eólica de ruido bajo o una pala de turbina eólica con propiedades de ruido adaptadas puede permitir que las ubicaciones de la turbina eólica estén cerca o en áreas pobladas. Además, puede ser un objeto proporcionar una pala de turbina eólica de ruido bajo con una reducción mínima del rendimiento o incluso propiedades aerodinámicas mejoradas.

25 La EP 1 112 928 A2 divulga el uso de elementos de aleta o de veleta en una pala de turbina eólica, las cuales son estructuras salientes de la superficie de la pala de turbina eólica. Estos elementos de veleta actúan para interrumpir el flujo del borde de salida sobre el perfil aerodinámico, como dispositivos del tipo de generador de vórtice.

La patente de los Estados Unidos 2009/074585 A1 divulga una pala de turbina eólica que tiene con el borde de salida diversos bordes dentados.

Resumen de la invención

30 De acuerdo con esto, se proporciona una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un eje rotor sustancialmente horizontal, el rotor comprende un eje, a partir del cual la pala de turbina eólica se extiende sustancialmente en una dirección radial cuando se monta al eje, la pala de turbina eólica se extiende en una dirección longitudinal paralela a un eje longitudinal y que tiene un extremo de punta y un extremo de raíz, la pala de turbina eólica comprende además un contorno de perfil 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 que se extiende entre estos, el contorno de perfil, cuando se impacta por un flujo de aire incidente, genera sustentación,

35 la pala de turbina eólica comprende además al menos una primera sección longitudinal que tiene una sección transversal con una primera diversidad de elementos de proyección que se proporcionan en el borde de salida en dicho lado de presión y una segunda diversidad de elementos de proyección que se proporcionan en el borde de salida en dicho lado de succión, dicha primera diversidad está separada de dicha segunda diversidad en una dirección de la solapa,

40 en donde dicha primera diversidad de elementos de proyección está dispuesta para realizar una primera operación de modulación de un flujo de capa límite del lado de presión de la pala, en donde dicha segunda diversidad de elementos de proyección está dispuesta para realizar una segunda operación de modulación de un flujo de capa límite del lado de succión de la pala, dichas primera y segunda operaciones de modulación se operan para reducir el ruido operacional de la pala de turbina eólica, y

45 en donde dicha primera diversidad de elementos de proyección y dicha segunda diversidad de elementos de proyección están dispuestos de tal forma que dicha primera operación de modulación es diferente de dicha segunda operación de modulación.

50 Como la pala comprende dos diferentes disposiciones de elementos de proyección que tienen la forma para realizar diferentes operaciones de modulación en los flujos del lado de succión y del lado de presión, la pala puede estar configurada para realizar una reducción mejorada y más efectiva del ruido operacional de la pala, adaptando la modulación realizada en el lado de presión para reducir el ruido que se genera por el flujo del lado de presión, y adaptando la modulación realizada en el lado de succión para reducir el ruido que se genera por el flujo del lado de

succión. Dicha reducción eficiente y directa del ruido particular que se genera por los diferentes flujos proporciona una reducción mejorada del ruido en general que se genera por la operación de la pala de turbina eólica.

Una dirección de solapa se entiende como una dirección ortogonal a la dirección longitudinal de la pala y a la cuerda de la pala.

- 5 Preferiblemente, la forma de dicha diversidad de elementos de proyección es diferente a la forma de dicha segunda diversidad de elementos de proyección, de forma que dicha primera operación de modulación es diferente a dicha segunda operación de modulación.

- 10 Preferiblemente, al menos uno de dicha primera diversidad de elementos de proyección y dicha segunda diversidad de elementos de proyección comprende una base y al menos un elemento saliente y está dispuesta como un panel, banda o cinta que se extiende a lo largo de la primera sección longitudinal.

Proporcionar los elementos de proyección como parte de un panel, banda o cinta que permite el fácil reacondicionamiento de las palas existentes.

- 15 Preferiblemente, dicha primera diversidad de elementos de proyección forma un primer borde dentado que tiene una primera frecuencia espacial, y dicha segunda diversidad de elementos de proyección forma un segundo borde dentado que tiene una segunda frecuencia espacial, en donde dicha primera frecuencia espacial es diferente a dicha segunda frecuencia espacial.

- 20 Como los elementos de proyección pueden comprender un panel dentado que tiene una diversidad de elementos de diente de proyección, la distancia entre los elementos adyacentes puede variar dependiendo de la modulación que se desee desarrollar en el flujo de capa límite en el borde de salida. Se entenderá además que la frecuencia espacial de los elementos de proyección puede variar como una función de la distancia longitudinal de los elementos de proyección a partir del extremo de raíz de la pala.

- 25 Preferiblemente, dicha primera diversidad de elementos de proyección forma un primer borde dentado que tiene un primer ángulo de vértice inter dentado, y dicha segunda diversidad de elementos de proyección forma un segundo borde dentado que tiene un segundo ángulo de vértice inter dentado, en donde dicho primer ángulo de vértice inter dentado es diferente a dicho segundo ángulo de vértice inter dentado.

Como los bordes dentados tienen diferentes ángulos, se pueden realizar diferentes efectos de modulación en diferentes lados del borde de salida de la pala.

- 30 Preferiblemente, dicha primera diversidad de elementos de proyección forma un primer borde dentado que tiene una primera longitud de borde dentado, y dicha segunda diversidad de elementos de proyección forman un segundo borde dentado que tiene una segunda longitud de borde dentado en donde dicha primera longitud de borde dentado es diferente a dicha segunda longitud de borde dentado.

- 35 Los bordes dentados más largos proporcionarán una modulación del flujo diferente comparada con los bordes dentados más cortos, lo que resulta en un efecto diferente del ruido que se genera en el borde de salida de la pala. La longitud de los bordes dentados puede seleccionarse para proporcionar la máxima reducción de ruido del borde de salida como resultado de los flujos de capa límite del lado de presión y del lado de succión.

Preferiblemente, dicha primera diversidad de elementos de proyección forma un primer borde dentado, y dicha segunda diversidad de elementos de proyección forma un segundo borde dentado, en donde dicho primer borde dentado se desplaza en la dirección longitudinal a partir de dicho segundo borde dentado.

- 40 Proporcionar desplazamiento de los bordes dentados puede resultar en una reducción en general del ruido mayor en el borde de salida, dado que los elementos de proyección de la primera diversidad pueden traslaparse con las brechas de inter dentado de la segunda diversidad de elementos de proyección.

Preferiblemente, dicha primera diversidad de elementos de proyección forma un primer borde dentado y dicha segunda diversidad de elementos de proyección forma un segundo borde dentado, en donde dicho primer borde dentado se desplaza en la dirección de canto a partir de dicho segundo borde dentado.

- 45 Una de la primera y segunda diversidades de elementos de proyección pueden retroceder con respecto a las otras diversidades, para proporcionar un efecto de modulación diferente en los respectivos flujos de capa límite.

- 50 Preferiblemente, dicho contorno de perfil comprende un borde de salida romo, y en donde dicha primera diversidad de elementos de proyección se proporcionan en el lado de presión de dicho borde de salida romo, y en donde dicha segunda diversidad de elementos de proyección se proporcionan en el lado de succión de dicho borde de salida romo.

Preferiblemente, al menos una de dicha primera diversidad de elementos de proyección y dicha segunda diversidad de elementos de proyección se disponen dentro de un intervalo de 70-100% de la longitud de cuerda a partir del borde de ataque en la dirección de canto.

Preferiblemente, al menos una de dicha primera diversidad de elementos de proyección y dicha segunda diversidad de elementos de proyección se forma a partir de un material relativamente flexible, dicha al menos primera diversidad o segunda diversidad se opera para doblarse con el paso del viento sobre dicha al menos primera o segunda diversidad.

- 5 El material flexible puede comprender cualquier material de plásticos adecuado, un material sintético, o de caucho natural, o un material compuesto flexible.

Adicionalmente o alternativamente, al menos uno de dicha primera diversidad de elementos de proyección se forman a partir de un material relativamente rígido, dicha al menos primera o segunda diversidad se opera para resistir la flexión con el paso del viento sobre dicho al menos una primera o segunda diversidad.

- 10 El material rígido puede comprender cualquier material de metal adecuado, un material de plásticos endurecido, un material de compuesto reforzado.

En una realización, una primera de dicha diversidad de elementos de proyección se forma a partir de un material relativamente rígido, y una segunda de dicha diversidad de elementos de proyección se forma a partir de un material relativamente flexible.

- 15 Proporcionar dicha diferencia en la flexibilidad relativa de los elementos de proyección ocasionará que se proporcione un efecto de modulación diferente en los respectivos flujos de la capa límite sobre los elementos de proyección.

Preferiblemente, la primera sección longitudinal se extiende al menos parcialmente en la dirección longitudinal a una distancia a partir del extremo de raíz en el rango de  $0.3L$  a  $L$ , donde  $L$  es la longitud de la pala de turbina eólica.

- 20 Se proporciona además una turbina eólica que tiene al menos una pala de turbina eólica como se describe anteriormente.

También se proporciona un método para reacondicionar una pala de turbina eólica que se extiende en una dirección longitudinal y tiene un extremo de punta y un extremo de raíz, la pala de turbina eólica comprende además un contorno de perfil 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 que se extiende entre estos, el contorno de perfil, cuando se impacta por un flujo de aire incidente, generando sustentación, el método comprende:

- montar un sistema de modulación de flujo en la pala de turbina eólica, de forma que la pala de turbina eólica comprenda al menos una sección longitudinal que tiene una sección transversal y una diversidad de dispositivos moduladores de flujo, en donde al menos una sección longitudinal comprende una primera sección longitudinal que tiene una sección transversal con una primera diversidad de elementos de proyección que se proporcionan en el borde de salida de dicho lado de presión y una segunda diversidad de elementos de proyección que se proporcionan en el borde de salida en dicho lado de succión, dicha primera diversidad está separada de dicha segunda diversidad en una dirección de solapa,
- en donde dicha primera diversidad de elementos de proyección está dispuesta para realizar una primera operación de modulación de un flujo de capa límite del lado de presión de la pala, en donde dicha segunda diversidad de elementos de proyección se disponen para realizar una segunda operación de modulación de un flujo de capa límite del lado de succión de la pala, y
- en donde dicha primera diversidad de elementos de proyección y dicha segunda diversidad de elementos de proyección se disponen de forma que dicha primera operación de modulación es diferente a dicha segunda operación de modulación.

Preferiblemente, en donde la forma de dicha primera diversidad de elementos de proyección es diferente de la forma de dicha segunda diversidad de elementos de proyección, de forma que dicha primera operación de modulación es diferente de dicha segunda operación de modulación.

- 45 El uso de dicho método de reacondicionamiento permite que las palas existentes se ajusten con los elementos de modulación de flujo los cuales se adaptan específicamente a los flujos de capa límite sobre la pala, proporcionando una disminución mejorada y efectiva del ruido operacional de la pala.

Preferiblemente, el sistema de modulación de flujo comprende al menos un dispositivo de modulación de flujo que tiene una base y al menos un elemento saliente, y en donde montar al menos un dispositivo de modulación de flujo en la pala de turbina eólica comprende unir la base al borde de salida de la pala de turbina eólica.

- 50 También se describe una pala de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un eje rotor sustancialmente horizontal, el rotor comprende un eje, a partir del cual la pala de turbina eólica se extiende sustancialmente en una dirección radial cuando se monta al eje, se proporciona la pala de turbina eólica que se extiende en una dirección longitudinal paralela a un eje longitudinal y que tiene un extremo de punta y un extremo de raíz. La pala de turbina eólica comprende un contorno de perfil 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 que se extiende entre estos, el contorno de perfil, cuando se impacta por un flujo de aire incidente, genera sustentación, en donde la

5 pala de turbina eólica comprende al menos una primera sección longitudinal que tiene una sección transversal con una diversidad de dispositivos de modulación de flujo. La diversidad de dispositivos de modulación de flujo incluye un primer dispositivo de flujo primario y un dispositivo de modulación de flujo secundario para modulación del espectro de ruido, y el primer dispositivo de modulación de flujo primario y el primer dispositivo de modulación de flujo secundario están separados perpendicularmente a la dirección longitudinal.

10 Se divulga además un método para reacondicionar una pala de turbina eólica, la pala de turbina eólica se extiende en una dirección longitudinal y tiene un extremo de punta y un extremo de raíz, la pala de turbina eólica comprende además un contorno de perfil 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 que se extiende entre esta, el contorno de perfil, cuando se impacta por un flujo de aire incidente, genera sustentación. El método comprende montar un sistema de modulación de flujo en la pala de turbina eólica, de forma que la pala de turbina eólica comprenda al menos una sección longitudinal que tiene una sección transversal y una diversidad de dispositivos de modulación de flujo, en donde al menos una sección longitudinal comprenda una primera sección longitudinal que tiene una sección transversal con un primer dispositivo de modulación de flujo primario y un primer dispositivo de modulación de flujo secundario para modular el ruido de capa límite, en donde el primer dispositivo de modulación de flujo primario y el primer dispositivo de modulación de flujo secundario están separados perpendicular a la dirección longitudinal.

15 La pala de turbina eólica de acuerdo con la presente invención exhibe propiedades de ruido mejoradas y/o adaptadas permitiendo de este modo que un operador de turbina eólica opere una turbina eólica en lugares donde se desea o se requiera un ruido bajo.

20 Breve descripción de los dibujos

Las anteriores y otras características y ventajas de la presente invención serán fácilmente evidentes para aquellos con habilidades en la técnica por la siguiente descripción detallada de realizaciones de ejemplo de esta con referencia en los dibujos anexos, en los cuales:

la figura 1 ilustra esquemáticamente una turbina eólica,

25 la figura 2 ilustra esquemáticamente una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,

la figura 3 muestra una sección transversal de una pala de turbina eólica,

la figura 4 muestra una pala de turbina eólica,

la figura 5 muestra una parte de una pala de turbina eólica de ejemplo,

la figura 6 muestra una parte de una sección transversal de la pala de turbina eólica en la figura 5,

30 la figura 7 muestra una parte de una sección transversal de una sección longitudinal de ejemplo,

la figura 8 muestra una parte de una pala de turbina eólica de ejemplo,

la figura 9 muestra una parte de una sección transversal de la pala de turbina eólica en la figura 8, y

la figura 10 muestra una parte de una sección transversal de una pala de turbina eólica de ejemplo.

Descripción detallada

35 Las figuras son esquemáticas y simplificadas para claridad, y estas simplemente muestran detalles los cuales son esenciales para el entendimiento de la invención, a la vez que se han excluido otros detalles. En todo, se utilizan los mismos numerales de referencia para partes idénticas o correspondientes.

40 La pala de turbina eólica comprende una o más secciones longitudinales que incluyen una primera sección longitudinal que tiene una sección transversal con un primer y un segundo dispositivos de modulación de flujo. El primer dispositivo de modulación de flujo y el segundo dispositivo de modulación de flujo están separados perpendicularmente a la dirección longitudinal de la pala de turbina eólica. El aprovisionamiento de un primer y un segundo dispositivos de modulación de flujo permite la modulación de al menos dos flujos separados o al menos dos espectros de frecuencia diferentes del ruido de la capa límite. De este modo se puede proporcionar una pala de turbina eólica con propiedades de ruido mejoradas.

45 El primer dispositivo de modulación de flujo puede estar dispuesto para modular un flujo de capa límite del lado de presión de la pala. El segundo dispositivo de modulación de flujo puede estar dispuesto para modular un flujo de capa límite del lado de succión de la pala.

50 La modulación del flujo de capa límite del lado de succión y del lado de presión, respectivamente, por ejemplo, cerca al borde de salida de la pala de turbina eólica permite una mitigación, cambio de frecuencia o eliminación de ruido generado por la operación de la turbina eólica más eficientes. Al utilizar una diversidad de dispositivos moduladores de flujo permite la creación de una zona o espacio de mezclado donde se mezclan el flujo del lado de presión

modulado y el flujo del lado de succión modulado. El aprovisionamiento de una diversidad de dispositivos moduladores de flujo facilita un diseño de pala de turbina eólica con una mezcla de flujos limitantes del lado de presión y succión controlados o modulados lo que resulta en propiedades del ruido mejoradas de la pala de turbina eólica.

5 Un primer dispositivo de modulación, por ejemplo el primer dispositivo de modulación de flujo primario y/o el primer dispositivo de modulación de flujo secundario, puede comprender una base y al menos un elemento saliente que se extiende a partir de la base. Dos, tres, o más dispositivos de modulación pueden compartir una base común. Un dispositivo de modulación de flujo puede estar dispuesto como un panel, banda o cinta que se extiende a lo largo de la primera sección longitudinal. Un dispositivo de modulación de flujo puede tener una longitud adecuada, por ejemplo, extensión en la dirección longitudinal. Los dispositivos de modulación de flujo pueden tener longitudes en el rango de alrededor 0.2 m a alrededor de 50 m, tal como en el rango de alrededor 1 m a alrededor 10 m. Las longitudes alrededor de 2 m pueden ser ventajosas, por ejemplo cuando se reacondiciona un dispositivo de modulación de flujo dispuesto como un panel en una pala de turbina eólica. La base de un dispositivo de modulación de flujo puede comprender elementos de aseguramiento que permiten un aseguramiento mecánico del dispositivo de modulación de flujo al cuerpo de armazón. Adicionalmente o como un alternativa, la base o partes de esta se pueden proporcionar con una capa adhesiva que permite la adhesión del dispositivo modulador de flujo al cuerpo de armazón de la pala de turbina eólica. La disposición de los dispositivos de modulación de flujo en un panel, banda o cinta puede facilitar ventajosamente la fabricación y permite el reacondicionamiento de los dispositivos de modulación de flujo en las palas existentes.

20 Los elementos salientes que se extienden a partir de la base de un dispositivo de modulación de flujo pueden tener cualquier forma y tamaño adecuados con el fin de obtener una modulación deseada de los flujos de la capa límite. Un elemento saliente puede estar formado como un borde dentado por ejemplo, un plano dentado, con una primera superficie y una segunda superficie que tienen una o más partes de borde, por ejemplo que incluye una primera parte de borde y una segunda parte de borde. Las partes de borde pueden ser rectas o curvas. La primera superficie y/o la segunda superficie pueden ser superficies curvas y/o planas. Un elemento saliente puede tener un espesor en el rango de alrededor 0.5 mm a alrededor de 20 mm, tal como alrededor 1 mm a alrededor 10 mm. En una o más realizaciones, el espesor de uno o más elementos salientes de un dispositivo de modulación de flujo es de alrededor 2 mm. Las partes de borde pueden ser redondeadas. Un elemento saliente puede tener una longitud en el rango de alrededor 3 cm a alrededor 20 cm tal como en el rango a partir de 5 cm a alrededor 15 cm. En una o más realizaciones, uno o más elementos salientes pueden tener una longitud más grande que 6 cm.

El primer dispositivo de modulación de flujo primario puede formar un primer borde dentado, por ejemplo un primer borde de salida dentado, de la pala de turbina eólica y puede tener una primera frecuencia espacial. De acuerdo con esto, el primer dispositivo de modulación de flujo primario puede estar montado o dispuesto cerca o en el borde de salida de la pala de turbina eólica.

35 El primer dispositivo de modulación de flujo secundario puede formar un segundo borde dentado, por ejemplo un segundo borde de salida dentado, de la pala de turbina eólica y puede tener una segunda frecuencia espacial. De acuerdo con esto, el primer dispositivo de modulación de flujo secundario puede estar montado o dispuesto cerca o en el borde de salida de la pala de turbina eólica.

40 En general, los dispositivos de modulación de flujo tales como el primer dispositivo de modulación de flujo primario y secundario, pueden estar dispuestos dentro de un intervalo de 70-100% de la longitud de cuerda a partir del borde de ataque de la pala en la dirección de canto, por ejemplo a lo largo de un primer eje paralelo a la cuerda. De este modo, se puede proporcionar el efecto de reducción de ruido más grande con la mínima perturbación de efecto de pala, dado que el ruido se genera principalmente en el borde de salida de la pala de turbina eólica.

45 El primer y el segundo dispositivos de modulación de flujo primario y secundario pueden estar separados en una dirección de canto de la pala de turbina eólica.

El primer y el segundo dispositivos de modulación de flujo primario y secundario pueden estar separados en una dirección de solapa perpendicular a la dirección de canto de la pala de turbina eólica.

50 El primer y el segundo dispositivos de modulación de flujo primario y secundario pueden estar dispuestos en diferentes lados en la pala de turbina eólica, por ejemplo, el primer dispositivo de modulación de flujo primario puede estar dispuesto en el lado de presión de la pala de turbina eólica y el primer dispositivo de modulación de flujo secundario puede estar dispuesto en el lado de succión de la pala de turbina eólica. La disposición de los dispositivos de modulación de flujo en diferentes lados de la pala de turbina eólica facilita separar la modulación de los flujos del lado de presión y succión.

55 En una o más realizaciones, los primeros dispositivos de modulación de flujo primario y secundario están dispuestos en el mismo lado de la pala de turbina eólica.

Uno o más dispositivos de modulación de flujo, tales como el primer dispositivo de modulación de flujo primario, puede ser flexible, estando así configurado para aliviar las fluctuaciones de carga y las fluctuaciones de diferencia de presión en la pala de turbina eólica.

El primer dispositivo de modulación de flujo secundario puede ser rígido. Las fluctuaciones de carga en el flujo del lado de succión pueden ser menores que las fluctuaciones de carga en el flujo del lado de presión. De acuerdo con esto, se puede seleccionar un primer dispositivo de modulación de flujo secundario rígido considerando los costes y el tiempo de vida del dispositivo de modulación de flujo.

- 5 Un dispositivo de modulación de flujo de una sección longitudinal puede caracterizarse por el ángulo entre la cuerda y el dispositivo de modulación de flujo. Un dispositivo de modulación de flujo o elementos salientes de este pueden ser sustancialmente paralelos a la cuerda o formar un ángulo con la cuerda. Un dispositivo de flujo primario puede formar un ángulo  $\alpha$  primario con la cuerda y un dispositivo de modulación de flujo secundario puede formar un ángulo  $\beta$  secundario con la cuerda. En una o más realizaciones, el ángulo  $\alpha$  primario está en el rango de  $0^\circ$  a alrededor de  $60^\circ$ , tal como en el rango de  $0^\circ$  a alrededor de  $45^\circ$ . En una o más realizaciones el ángulo  $\alpha$  primario está en el rango de  $0^\circ$  a alrededor  $30^\circ$ . En una o más realizaciones, el ángulo  $\beta$  secundario está en el rango de  $0^\circ$  a alrededor  $60^\circ$ , tal como en el rango de  $0^\circ$  a alrededor  $45^\circ$ . En una o más realizaciones, el ángulo  $\beta$  secundario está en el rango de  $0^\circ$  a alrededor  $30^\circ$ .
- 10
- 15 Un dispositivo de modulación de flujo primario o elementos salientes primarios del mismo pueden formar un ángulo  $\theta$  con el dispositivo de modulación de flujo secundario o los elementos salientes secundarios de este. El ángulo  $\theta$  entre el dispositivo de modulación de flujo primario y el dispositivo de modulación de flujo secundario pueden estar en el rango de  $0^\circ$  a alrededor  $45^\circ$ . Se puede preferir un ángulo relativamente pequeño, por ejemplo donde el ángulo  $\theta$  está en el rango de  $0^\circ$  a alrededor  $20^\circ$ .
- 20 El ángulo primario de un dispositivo de modulación de flujo primario puede variar en la dirección longitudinal. Por ejemplo, diferentes elementos salientes de un dispositivo de modulación de flujo primario pueden formar diferentes ángulos primarios. El ángulo secundario de un dispositivo de modulación de flujo secundario puede variar en la dirección longitudinal. Por ejemplo, diferentes elementos salientes de un dispositivo de modulación de flujo secundario pueden formar diferentes ángulos secundarios.
- 25 Un elemento saliente primario de un dispositivo de modulación de flujo primario frente a un elemento saliente secundario de un dispositivo de modulación de flujo secundario en una sección transversal puede estar sustancialmente paralelo al elemento saliente secundario, por ejemplo  $\theta = 0$ . La distancia puede estar en el rango de alrededor 0.5 mm a alrededor 5 cm, tal como en el rango de 1 mm a alrededor 1 cm, por ejemplo alrededor 2.5 mm.
- 30 Al tener una distancia entre los elementos salientes primarios y los elementos salientes secundarios, se genera un espacio o zona de mezclado donde se mezclan los flujos limitantes modulados facilitando la adaptación o mejorando las propiedades de ruido.
- 35 La primera sección longitudinal de la pala de turbina eólica puede extenderse al menos parcialmente en la dirección longitudinal a una distancia a partir del extremo de raíz en el rango de 0.3L a L, donde L es la longitud de la pala de turbina eólica. En una o más realizaciones, la primera sección longitudinal de la pala de turbina eólica se extiende en la dirección longitudinal a una distancia a partir del extremo de raíz en el rango de 0.6L a L. Puede ser benéfico disponer una o más secciones longitudinales con dispositivos de modulación de flujo hacia el extremo de punta de la pala de turbina eólica dado que el ruido se genera principalmente en las regiones donde las velocidades de flujo son elevadas.
- 40 La pala de turbina eólica comprende un contorno de perfil el cual puede dividirse en una región de raíz que tiene un perfil sustancialmente circular o elíptico más cercano al eje, una región de perfil aerodinámico que tiene un perfil que genera sustentación más lejano del eje, y opcionalmente una región de transición entre la región de raíz y la región de perfil aerodinámico. Si está presente, la región de transición tiene un perfil que cambia gradualmente en la dirección radial o longitudinal del perfil circular o elíptico de la región de raíz para el perfil que genera sustentación de la región de perfil aerodinámico. Una o más secciones longitudinales, por ejemplo la primera sección longitudinal y opcionalmente una segunda sección longitudinal pueden extenderse en la región de perfil aerodinámico. Una o más secciones longitudinales pueden extenderse en la región de transición.
- 45 La pala de turbina eólica puede tener una longitud más grande que 55 m.
- Un dispositivo de modulación de flujo puede constituir o comprender un dispositivo de modulación de ruido y/o un dispositivo de reducción de ruido.
- 50 El método de reacondicionamiento de una pala de turbina eólica permite a los operadores y/o fabricantes de turbina eólica actualizar las turbinas eólicas existentes con el fin de mejorar, por ejemplo reducir o adaptar, el ruido generado por las palas de turbina eólica durante la operación de las turbinas eólicas o incluso mejorar las propiedades aerodinámicas a la pala de turbina eólica.
- 55 El método puede comprender montar al menos un dispositivo de modulación de flujo que comprende una base y al menos un elemento saliente que se une a la base en el borde de salida de la pala de turbina eólica.
- La figura 1 ilustra una turbina 2 eólica contra el viento moderna convencional de acuerdo con el denominado "concepto Danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje rotor sustancialmente horizontal. El rotor

comprende un eje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente a partir del eje 8, cada pala 10 tiene una raíz 16 de pala más cercana al eje y una punta 14 de pala más lejano del eje 8. El rotor tiene un radio que se denota por R.

La figura 2 muestra una vista esquemática de una realización de ejemplo de una pala 10 de turbina eólica de acuerdo con la invención. La pala 10 de turbina eólica se extiende a partir del extremo de raíz al extremo de punta en una dirección longitudinal como se muestra por la flecha r paralela al eje longitudinal o al eje de inclinación. La pala 10 de turbina eólica comprende una región 30 de raíz más cercana al eje, una región 34 perfilada o de perfil aerodinámico más lejana del eje y una región 32 de transición entre la región 30 de raíz y la región 34 de perfil aerodinámico. La pala 10 comprende un borde 18 de ataque de frente a la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el eje, y un borde 20 de salida de frente a la dirección opuesta del borde 18 de ataque.

La región 34 de perfil aerodinámico (también denominada la región de perfil) tiene una forma de la pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, a la vez que la región 30 de raíz debido a las consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, la cual por ejemplo hace más fácil y seguro montar la pala 10 en el eje. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de raíz puede ser constante a lo largo de toda el área 30 de raíz. La región 32 de transición tiene un perfil transicional que cambia gradualmente de la forma circular o elíptica de la región 30 de raíz al perfil aerodinámico de la región 34 aerodinámica. La longitud de cuerda de la región 32 de transición aumenta típicamente incrementando la distancia r a partir del eje. La región 34 de perfil aerodinámico tiene un perfil aerodinámico con una cuerda que se extiende entre el borde 18 de ataque y el borde 20 de salida de la pala 10. El ancho de la cuerda en la región de perfil aerodinámico disminuye con el aumento de la distancia r a partir del eje. Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición, donde la pala 10 tiene un longitud de cuerda más grande. El hombro 40 típicamente se proporciona en el límite entre la región 32 de transición y la región 34 de perfil aerodinámico.

La pala de turbina eólica comprende una primera sección 36 longitudinal que tiene una sección transversal con un primer dispositivo 64 de modulación de flujo primario y un primer dispositivo de modulación de flujo secundario (no se muestra) para modular el espectro de ruido. El primer dispositivo de modulación de flujo primario y el primer dispositivo de modulación de flujo secundario están separados perpendicularmente a la dirección longitudinal que se ilustra por la flecha r, por ejemplo separados en una dirección perpendicular a la dirección longitudinal. Opcionalmente, la pala de turbina eólica puede comprender como se ilustra en la figura 2, una segunda sección 38 longitudinal que tiene una sección transversal con un segundo dispositivo 64' de modulación de flujo primario y un segundo dispositivo de modulación de flujo secundario (no se muestra) para modular el espectro de ruido. El segundo dispositivo de modulación de flujo primario y el segundo dispositivo de modulación de flujo secundario están si se presenta separación perpendicular a la dirección longitudinal como se ilustra por la flecha r. Los dispositivos de modulación de flujo están montados cerca o en el borde de salida de la pala de turbina eólica y pueden formar una parte del borde de salida.

Las figuras 3 y 4 representan parámetros, los cuales pueden usarse para explicar la geometría de la pala de turbina eólica de acuerdo con la invención.

La figura 3 muestra una vista esquemática de una sección transversal de un perfil 50 aerodinámico de una pala típica de una turbina eólica que se representa con diversos parámetros, los cuales se utilizan típicamente para definir la forma geométrica de un perfil aerodinámico. El perfil 50 aerodinámico tiene un lado 52 de presión y un lado 54 de succión, los cuales durante el uso, por ejemplo durante la rotación del rotor, normalmente irán de frente hacia el lado barlovento (o contra el viento) y el lado sotavento (o con el viento), respectivamente. El perfil 50 aerodinámico tiene una cuerda 60 con una longitud c de cuerda que se extiende entre un borde 56 de ataque y un borde 58 de salida de la pala. El perfil 50 aerodinámico tiene un espesor t, el cual se define como la distancia entre el lado 52 de presión y el lado 54 de succión. El espesor t del perfil aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico se da por una línea 62 de curvatura, la cual es una línea media a través del perfil 50 aerodinámico. La línea de curvatura se puede encontrar dibujando círculos inscritos a partir del borde 56 de ataque al borde 58 de salida. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o la distancia a partir de la cuerda 60 se denomina la curvatura f. La asimetría se puede también definir por el uso de parámetros denominados la curvatura superior (o curvatura del lado de succión) y la curvatura inferior (o curvatura del lado de presión), las cuales se definen como las distancias a partir de la cuerda 60 y el lado 54 de succión y el lado 52 de presión, respectivamente. Los perfiles aerodinámicos se caracterizan a menudo por los siguientes parámetros: la longitud c de cuerda, la curvatura f máxima, la posición  $d_f$  de la curvatura f máxima, el espesor t máximo del perfil aerodinámico, el cual es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de curvatura media, la posición  $d_t$  del espesor t máximo, y un radio de nariz (no se muestra). Estos parámetros se definen típicamente como proporciones a la longitud c de cuerda. En consecuencia, un espesor  $t/c$  de pala relativo local es dado como la proporción entre el espesor t máximo local y la longitud c de cuerda local. Además, la posición  $d_p$  de la curvatura lateral de presión máxima se puede utilizar como un parámetro de diseño, y por supuesto la posición de la curvatura máxima del lado de succión.

La figura 4 muestra otros parámetros geométricos de la pala. La pala tiene una longitud L de pala total. Como se muestra en la figura 3, el extremo de raíz se ubica en la posición  $r=0$ , y el extremo de punta se ubica en la posición



$r=L$ . El hombro 40 de la pala se ubica en una posición  $r=d_s$ , y tiene un ancho  $W$  de hombro, el cual es igual a la longitud de cuerda en el hombro 40.

La figura 5 muestra una parte de una pala de turbina eólica de ejemplo de acuerdo con la invención. La pala 10 de turbina eólica comprende una primera sección 36 longitudinal que comprende un primer dispositivo de modulación de flujo primario (no se muestra) y un primer dispositivo 66 de modulación de flujo secundario. El primer dispositivo de modulación de flujo primario comprende una base (no se muestra) unida al armazón 72 de pala, y una diversidad de elementos salientes primarios (no se muestran) distribuidos a lo largo del eje longitudinal en el borde de salida de la pala de turbina eólica. Además, el primer dispositivo 66 de modulación de flujo secundario comprende una base 68" unida al armazón 72 de pala, y una diversidad de elementos 70" salientes secundarios distribuidos a lo largo del eje longitudinal en el borde de salida de la pala de turbina eólica. Los elementos salientes primarios (no se muestran) forman un primer borde de salida dentado de la pala de turbina eólica (ver figura 6 y figura 7). Las primeras partes 74 de borde y las segundas partes 76 de borde de los elementos 70" salientes secundarios forman un segundo borde de salida dentado de la pala de turbina eólica. Las primeras partes 74 de borde forman los respectivos primeros ángulos  $\varphi_1$  con el eje longitudinal, y las segundas partes 76 de borde forman los respectivos segundos ángulos  $\varphi_2$  con el eje longitudinal. La longitud  $L_2$  de los elementos salientes puede variar, por ejemplo  $L_2$  puede estar en el rango de 3 cm a alrededor de 20 cm. El primer ángulo  $\varphi_1$  puede estar en el rango de 0 a alrededor 90°, por ejemplo alrededor 45°. En una o más realizaciones, el primer ángulo  $\varphi_1$  es más grande que 40°, por ejemplo en el rango de 60° a 75°. El segundo ángulo  $\varphi_2$  puede estar en el rango de 0 a alrededor 90°, por ejemplo alrededor 45°. En una o más realizaciones, el segundo ángulo  $\varphi_2$  es más grande que 40°, por ejemplo en el rango de 60° a 75°.

Para un respectivo dispositivo de modulación de flujo, los primeros ángulos  $\varphi_1$  de los respectivos primeros bordes de los elementos salientes pueden variar y/o los segundos ángulos  $\varphi_2$  de los respectivos segundos bordes de elementos salientes pueden variar. Una parte de borde puede ser recta. En una o más realizaciones, una o más partes de borde de uno o más elementos salientes son curvas.

La figura 6 muestra parcialmente una parte de una sección transversal de ejemplo de la pala de turbina eólica que se muestra en la figura 5, la sección transversal se toma a lo largo de la línea A-A. La primera sección 36 longitudinal de la pala 10 de turbina eólica comprende un primer dispositivo 64 de modulación de flujo primario con una base 68' y un elemento 70' saliente primario, y un dispositivo 66 de modulación de flujo secundario con una base 68" y un elemento 70" saliente secundario. La base 68' está unida al lado 52 de presión de la pala de turbina eólica y la base 68" está unida al lado 54 de succión de la pala de turbina eólica. El primer dispositivo 64 de modulación de flujo primario está dispuesto para modular el flujo límite del lado de presión que se genera durante la operación de la turbina eólica. El primer dispositivo 66 de modulación de flujo secundario está dispuesto para modular el flujo límite del lado de succión que se genera durante la operación de la turbina eólica. Los dispositivos 64, 66 de modulación de flujo están separados perpendicular a la dirección longitudinal. El elemento 70' saliente primario y el elemento 70" saliente secundario son sustancialmente paralelos, por ejemplo,  $\theta_1 = 0$ , con una distancia  $d_1$  de alrededor 2.5 mm, en consecuencia el primer dispositivo 64 de modulación de flujo primario y el primer dispositivo 66 de modulación de flujo secundario están separados en la dirección de solapa. En general, la distancia entre los elementos salientes de los diferentes dispositivos de modulación de flujo puede estar en el rango de alrededor 1 mm a alrededor 5 mm. Un elemento saliente de un dispositivo de modulación de flujo puede contactar un elemento saliente de un dispositivo de modulación de flujo diferente en una o más secciones transversales. Los dispositivos 64, 66 de modulación de flujo o los elementos 70', 70" salientes en este, puede ser sustancialmente paralelos a la cuerda 60 o formar un ángulo  $\alpha_1$  y  $\beta_1$ , respectivamente, con la cuerda.

La figura 7 muestra parcialmente una parte de una sección transversal de la pala de turbina eólica que se muestra en la figura 5, la sección transversal se toma a lo largo de la línea A-A. La sección 36 longitudinal comprende un primer dispositivo 64 de modulación de flujo primario y un dispositivo 66 de modulación de flujo secundario con una base 68 común unida al borde de salida del armazón de pala de la pala de turbina eólica. El primer dispositivo 64 de modulación de flujo primario comprende un elemento 70' saliente primario, y el dispositivo 66 de modulación de flujo secundario con un elemento 70" saliente secundario. El elemento 70' saliente primario y el elemento 70" saliente secundario son elementos de plano con un ángulo  $\theta_1$  de alrededor 5°. La distancia más pequeña  $d_{1,min}$  es alrededor 2 mm.

La figura 8 muestra una parte de una pala de turbina eólica de ejemplo de acuerdo con la invención. La pala 10 de turbina eólica comprende una primera sección 36 longitudinal que comprende un primer dispositivo de modulación de flujo primario y un primer dispositivo 66 de modulación de flujo secundario. El primer dispositivo de modulación de flujo primario comprende una base (no se muestra) unida al lado de presión de la pala de turbina eólica, y una diversidad de elementos 70' salientes primarios distribuidos a lo largo del eje longitudinal en el borde de salida de la pala de turbina eólica. Además, el primer dispositivo 66 de modulación de flujo secundario comprende una base 68" unida al lado de succión de la pala de turbina eólica, y una diversidad de elementos 70" salientes secundarios distribuidos a lo largo del eje longitudinal en el borde de salida de la pala de turbina eólica. Los elementos 70' salientes primarios forman un primer borde dentado de la pala de turbina eólica (ver la figura 9). Los elementos 70" salientes secundarios forman un segundo borde de salida dentado de la pala de turbina eólica. Los elementos 70' salientes primarios y los elementos 70" salientes secundarios se desplazan a lo largo del eje longitudinal.

La figura 9 muestra parcialmente una parte de una sección transversal de ejemplo de la pala de turbina eólica que se muestra en la figura 8, la sección transversal se toma a lo largo de la línea A-A.

5 La figura 10 muestra parcialmente una parte de una sección transversal de ejemplo de una pala de turbina eólica. El primer dispositivo 64 de modulación de flujo primario y el primer dispositivo 66 de modulación de flujo secundario están dispuestos en el lado de succión de la pala de turbina eólica y separados en una dirección de canto. En una o más realizaciones, el primer dispositivo 64 de modulación de flujo primario y el primer dispositivo 66 de modulación de flujo secundario están dispuestos en el lado de presión de la pala de turbina eólica y separados en una dirección de canto. Las partes de borde de los elementos 70' salientes primarios forman un primer borde dentado, y las partes de borde de los elementos 70" salientes secundarios forman un segundo borde dentado en el borde de salida de la pala de turbina eólica.

10 Se debería notar que además de las realizaciones de ejemplo de la invención que se muestran en los dibujos acompañantes, la invención se puede realizar en diferentes formas y no debe construirse como limitada a las realizaciones que se definen aquí. En lugar de esto, se proporcionan estas realizaciones de forma que esta divulgación será a fondo y completa, y transmitirá completamente el concepto de la invención para aquellos con habilidades en la técnica.

15 Lista de los numerales de referencia

2	turbina eólica
4	torre
6	góndola
20 8	eje
10	pala de turbina eólica
14	punta de la pala
16	raíz de la pala
18	borde de ataque
25 20	borde de salida
22	eje de inclinación
30	región de raíz
32	región de transición
34	región de perfil aerodinámico
30 36	primera sección longitudinal
38	segunda sección longitudinal
40	hombro, perfil aerodinámico del hombro
52	lado de presión
54	lado de succión
35 56	borde de ataque
58	borde de salida
60	cuerda
62	línea de curvatura/ línea media
64	primer dispositivo de modulación de flujo primario
40 66	primer dispositivo de modulación de flujo secundario
68, 68', 68"	base
70'	elemento(s) saliente(s) primario(s)
70"	elemento(s) saliente(s) secundario(s)

## ES 2 618 459 T3

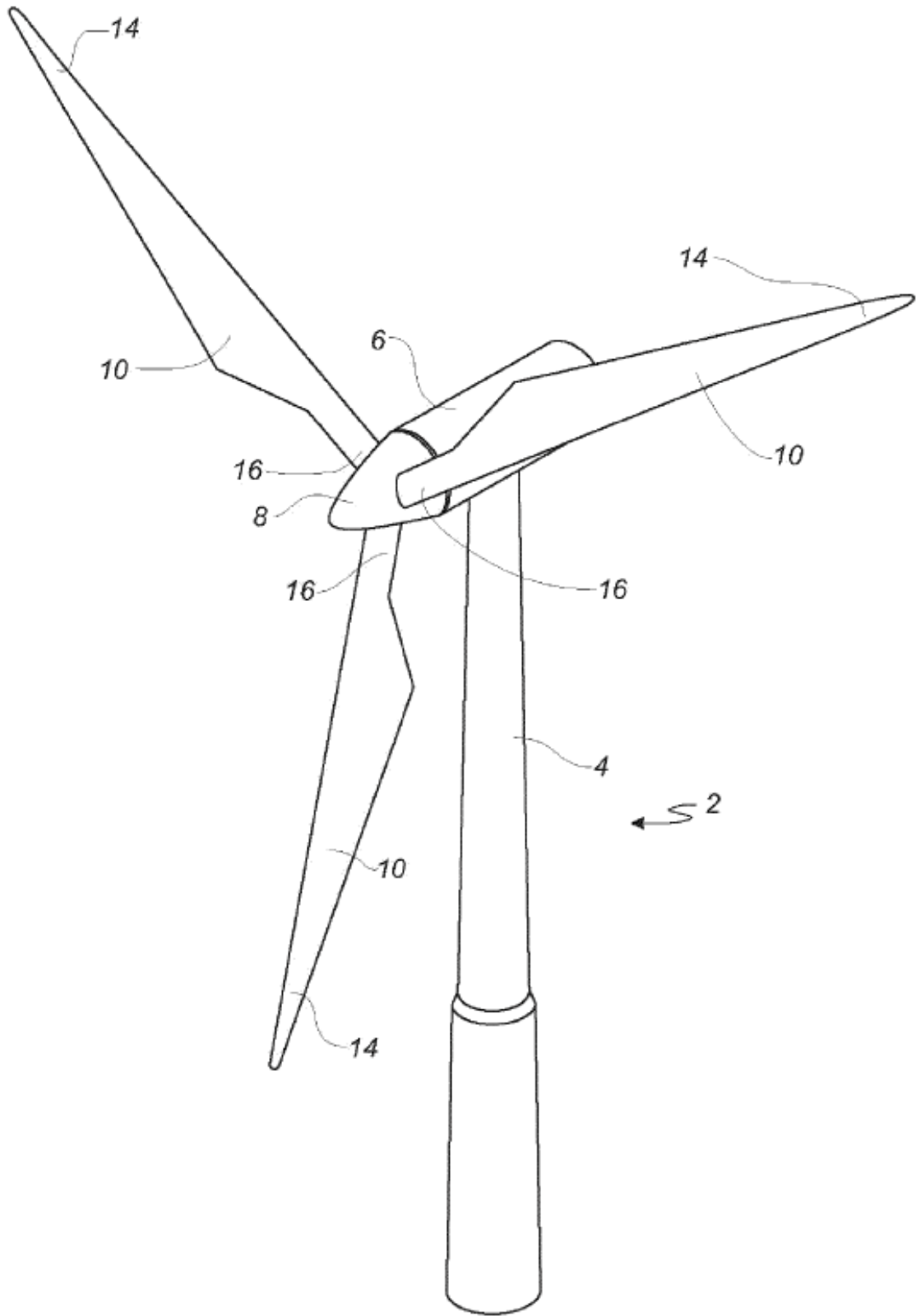
	72	armazón de pala
	74	primera parte de borde
	76	segunda parte de borde
	c	longitud de cuerda
5	$d_t$	posición de espesor máximo
	$d_f$	posición de curvatura máxima
	$d_p$	posición de curvatura del lado de presión máxima
	$d_s$	distancia del hombro
	f	curvatura
10	L	longitud de la pala
	P	potencia de salida
	W	longitud de la cuerda del hombro
	X	primer eje
	Y	segundo eje
15	r	dirección longitudinal, distancia radial a partir de la raíz de la pala
	t	espesor
	$v_w$	velocidad del viento
	$\alpha$	ángulo entre el dispositivo de modulación de flujo primario y la cuerda
	$\beta$	ángulo entre el dispositivo de modulación de flujo secundario y la cuerda
20	$\theta$	ángulo entre el dispositivo de modulación de flujo primario y secundario
	$\varphi_1$	primer ángulo entre la primera parte de borde y el eje longitudinal
	$\varphi_2$	segundo ángulo entre la segunda parte de borde y el eje longitudinal
	$\Delta_y$	preflexión

## REIVINDICACIONES

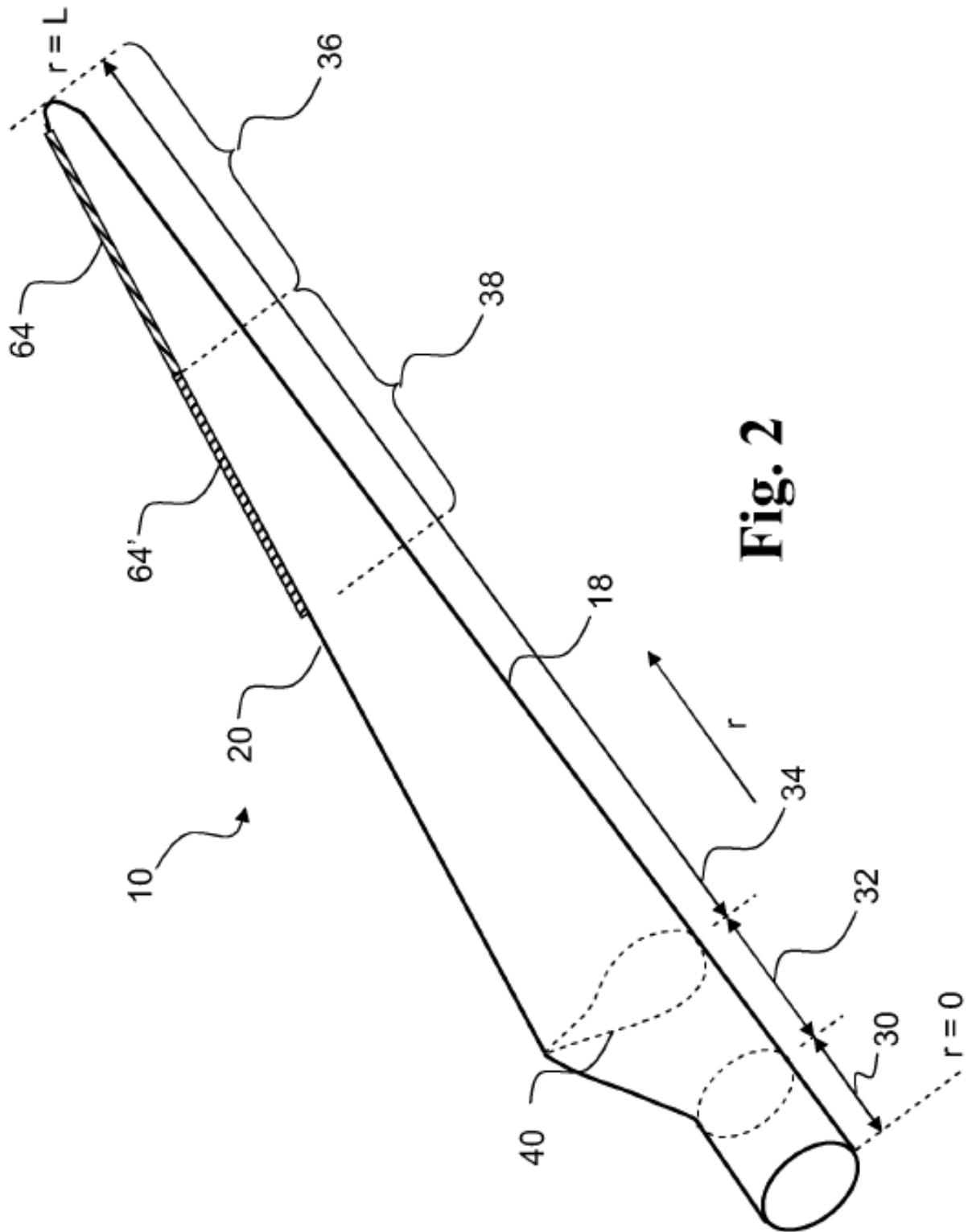
- 5 1. Una pala (10) de turbina eólica para un rotor de una turbina eólica que tiene un eje rotor sustancialmente horizontal, el rotor comprende un eje, a partir del cual la pala de turbina eólica se extiende sustancialmente en una dirección radial cuando está montada en el eje, la pala (10) de turbina eólica se extiende en una dirección longitudinal paralela a un eje longitudinal y tiene un extremo (14) de punta y un extremo (16) de raíz,
- 10 la pala (10) de turbina eólica comprende además un contorno de perfil que incluye un lado (52) de presión y un lado (54) de succión, así como un borde (18, 56) de ataque y un borde (20, 58) de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre estos, el contorno de perfil cuando se impacta por un flujo de aire incidente, genera sustentación,
- 15 la pala (10) de turbina eólica comprende además al menos una primera sección (36, 38) longitudinal que tiene una sección transversal con una primera diversidad de elementos (70') de proyección que se proporcionan en el borde (20, 58) de salida en dicho lado (52) de presión, dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección forma un primer borde de salida dentado de la pala (10) de turbina eólica, en donde dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección están dispuestos para realizar una primera operación de modulación de un flujo de capa límite en el lado (52) de presión de la pala (10),
- 20 la primera sección longitudinal tiene además una segunda diversidad de elementos (70'') de proyección que se proporcionan en el borde (20, 58) de salida en dicho lado (54) de succión, dicha segunda diversidad de elementos (70'') de proyección forman un segundo borde de salida dentado de la pala (10) de turbina eólica, dicha primera diversidad (70') está separada de dicha segunda diversidad (70'') en una dirección de solapa,
- 25 en donde dicha segunda diversidad de elementos (70'') de proyección está dispuesta para realizar una segunda operación de modulación de un flujo de capa límite en el lado (54) de succión de la pala (10), dicha primera y segunda operaciones de modulación se operan para reducir el ruido operacional de la pala (10) de turbina eólica, y
- 30 en donde dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección y dicha segunda diversidad de elementos (70'') de proyección están dispuestos de forma que dicha primera operación de modulación es diferente de dicha segunda operación de modulación.
- 35 2. Una pala de turbina eólica como se reivindica en la reivindicación 1, en donde la forma de dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección es diferente de la forma de dicha segunda diversidad de elementos (70'') de proyección, de manera que dicha primera operación de modulación es diferente de dicha segunda operación de modulación.
- 40 3. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde al menos una de dicha diversidad de elementos (70') de proyección y dicha segunda diversidad de elementos (70'') de proyección comprende una base (68, 68', 68'') y al menos un elemento (70', 70'') de proyección y está dispuesta como un panel, banda o cinta que se extiende a lo largo de la primera sección longitudinal.
- 45 4. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección forma un primer borde dentado que tiene una primera frecuencia espacial, y dicha segunda diversidad de elementos (70'') de proyección forma un segundo borde dentado que tiene una segunda frecuencia espacial, en donde dicha primera frecuencia espacial es diferente de dicha segunda frecuencia espacial.
- 50 5. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección forma un primer borde dentado que tiene un ángulo de vértice inter dentado, y dicha segunda diversidad de elementos (70'') de proyección forma un segundo borde dentado que tiene un segundo ángulo de vértice inter dentado, en donde dicho primer ángulo de vértice inter dentado es diferente a dicho segundo ángulo de vértice inter dentado.
- 55 6. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección forma un primer borde dentado que tiene una primera longitud dentada, y dicha segunda diversidad de elementos (70'') de proyección forma un segundo borde dentado que tiene una segunda longitud dentada, en donde dicha primera longitud dentada es diferente de dicha segunda longitud dentada.
- 60 7. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección forma un primer borde dentado, y dicha segunda diversidad de elementos (70'') de proyección forma un segundo borde dentado, en donde dicho primer borde dentado se desplaza en la dirección longitudinal a partir de dicho segundo borde dentado.
- 65 8. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección forma un primer borde dentado, y dicha segunda diversidad de

elementos (70") de proyección forma un segundo borde dentado, en donde dicho primer borde dentado se desplaza en la dirección de canto a partir de dicho segundo borde dentado.

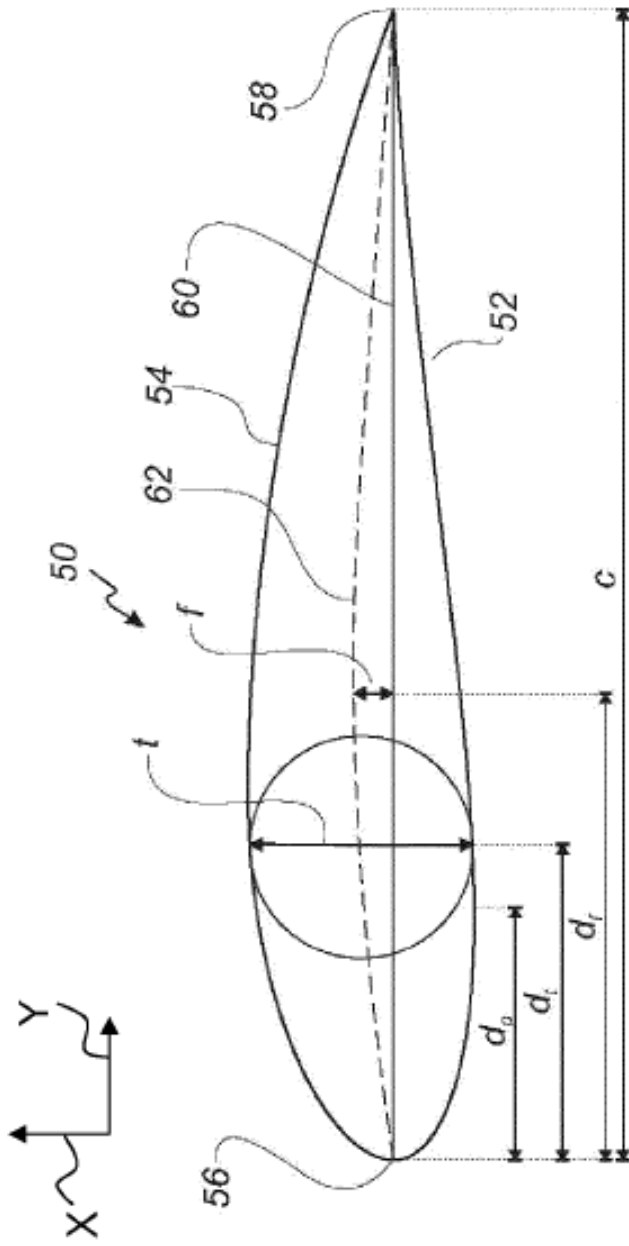
- 5 9. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde dicho contorno de perfil comprende un borde de salida romo, y en donde dicha diversidad de elementos (70') de proyección se proporciona en el lado (52) de presión de dicho borde de salida romo, y en donde dicha segunda diversidad de elementos (70") de proyección se proporciona en el lado (54) de succión de dicho borde de salida romo.
- 10 10. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde al menos uno de dicha diversidad de elementos (70') de proyección y dicha segunda diversidad de elementos (70") de proyección están dispuestos dentro de un intervalo de 70-100% de la longitud de cuerda a partir del borde (18, 56) de ataque de la pala (10) en la dirección de canto.
- 15 11. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde al menos uno de dicha diversidad de elementos (70') de proyección y dicha segunda diversidad de elementos (70") de proyección está formado a partir de un material relativamente flexible, dicha al menos primera o segunda diversidad se opera para doblarse con el paso del viento sobre dicha al menos primera o segunda diversidad.
- 20 12. Una pala de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde al menos uno de dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección y dicha segunda diversidad de elementos (70") de proyección está formada a partir de un material relativamente rígido, dicha al menos primera o segunda diversidad se opera para resistir la flexión con el paso del viento sobre dicha al menos primera o segunda diversidad.
- 25 13. Una pala de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en donde una primera de dicha diversidad de elementos (70') de proyección y dicha segunda diversidad de elementos (70") de proyección está formada a partir de un material relativamente rígido, y una segunda de dicha primera diversidad de elementos de proyección y dicha segunda diversidad de elementos de proyección está formada a partir de un material relativamente flexible.
- 30 14. Una turbina eólica que comprende al menos una pala de turbina eólica como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1-13.
- 35 15. Un método de reacondicionamiento de una pala (10) de turbina eólica que se extiende en una dirección longitudinal y tiene un extremo (14) de punta y un extremo (16) de raíz, la pala (10) de turbina eólica comprende además un contorno de perfil que incluye un lado (52) de presión y un lado (54) de succión, así como un borde (18, 56) de ataque y un borde (20, 58) de salida con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre estos, el contorno de perfil, cuando se impacta por un flujo de aire incidente, genera sustentación, el método comprende:
- 40 - montar un sistema de modulación de flujo en la pala de turbina eólica, tal que la pala de turbina eólica comprende al menos una sección (36, 38) longitudinal que tiene una sección transversal y una diversidad de dispositivos de modulación de flujo, en donde al menos la sección longitudinal comprende una primera sección longitudinal que tiene una sección transversal con una primera diversidad de elementos (70') de proyección que se proporcionan en el borde (20, 58) de salida en dicho lado (52) de presión, dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección forman un primer borde de salida dentado de la pala de turbina eólica, y una segunda diversidad de elementos (70") de proyección que se proporcionan en el borde (20, 58) de salida en el lado (54) de succión, dicha segunda diversidad de elementos (70") de proyección que forman un segundo borde de salida dentado de la pala de turbina eólica, dicha diversidad (70') está separada de la segunda diversidad (70") en una dirección de solapa,
- 45 - en donde dicha primera diversidad de elementos (70') de proyección está dispuesta para realizar una primera operación de modulación de un flujo de capa límite del lado de presión de la pala, en donde dicha segunda diversidad de elementos (70") de proyección está dispuesta para realizar una segunda operación de modulación de un flujo de capa límite del lado de succión de la pala (10), y
- 50 - en donde la forma de dicha primera diversidad de elementos (70) de proyección es diferente a la forma de dicha segunda diversidad de elementos (70") de proyección, de forma que dicha primera operación de modulación es diferente a dicha segunda operación de modulación.
- 55
- 60



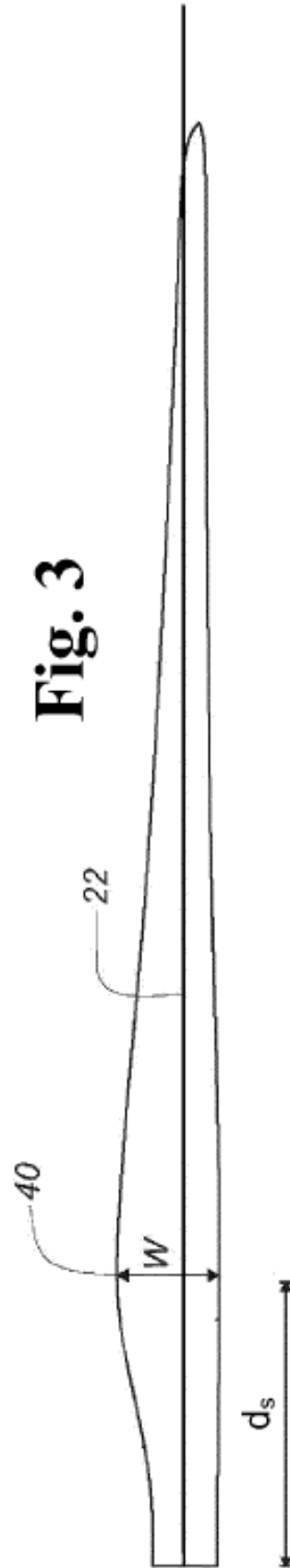
**Fig. 1**



**Fig. 2**

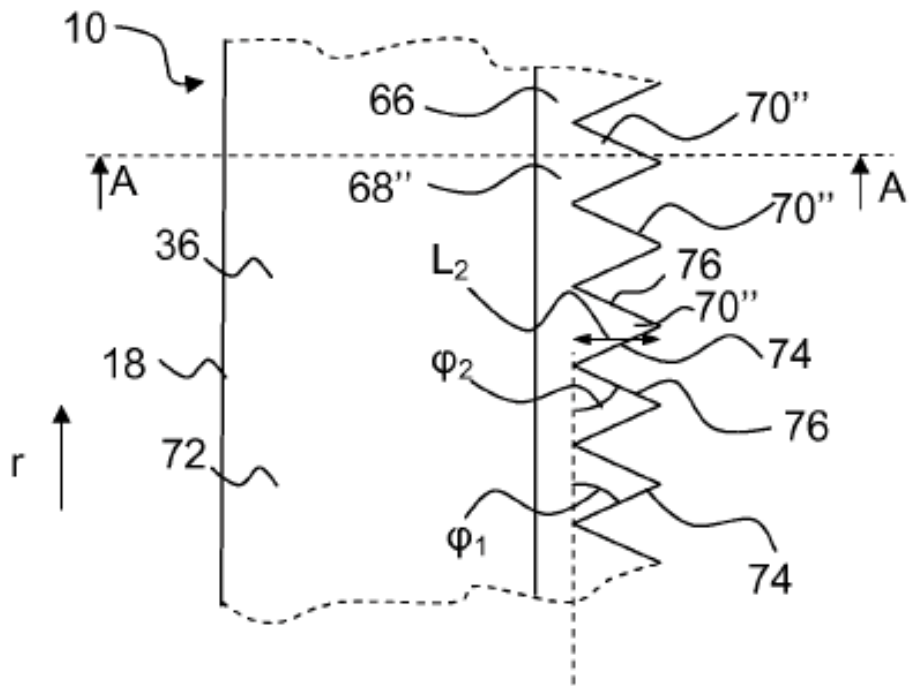


**Fig. 3**

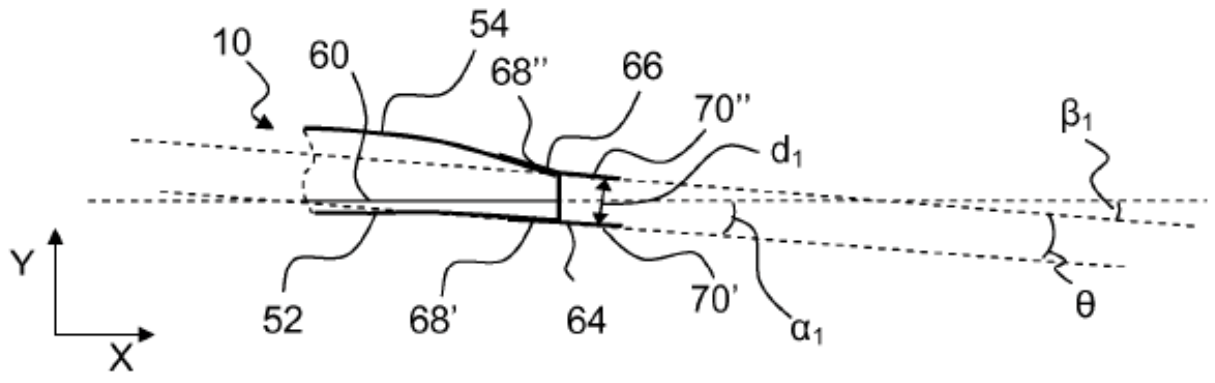


**Fig. 4**

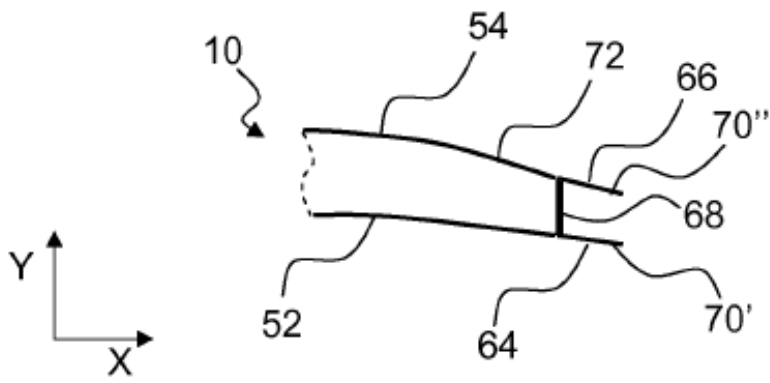




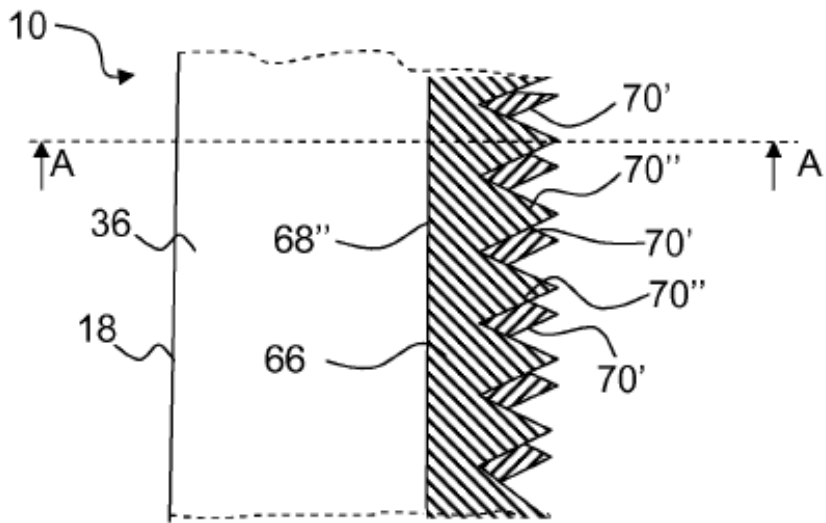
**Fig. 5**



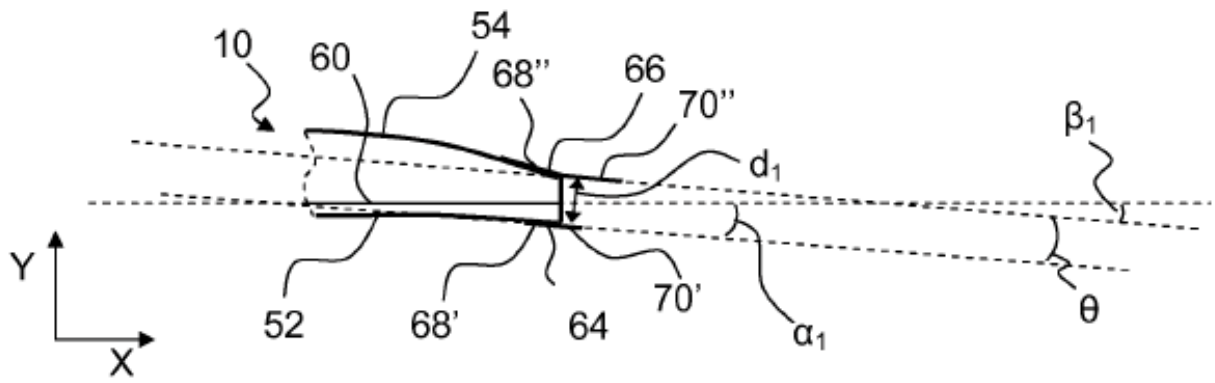
**Fig. 6**



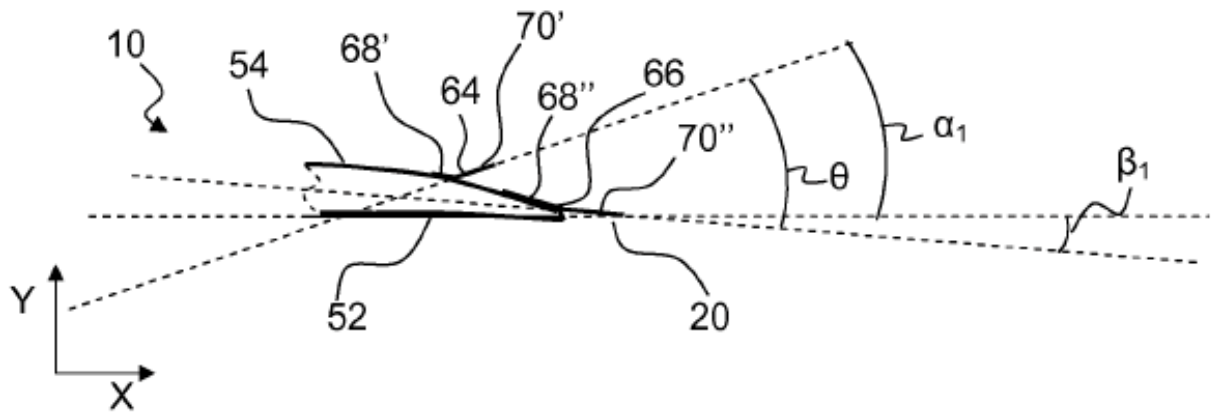
**Fig. 7**



**Fig. 8**



**Fig. 9**



**Fig. 10**