

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 736 501**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **03.07.2015 PCT/EP2015/065233**

87 Fecha y número de publicación internacional: **07.01.2016 WO16001420**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **03.07.2015 E 15734154 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **17.04.2019 EP 3164599**

54 Título: **Una pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

03.07.2014 EP 14175557

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

02.01.2020

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

ARCE, CARLOS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 736 501 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

Una pala de turbina eólica

Campo de la invención

La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica que tiene unas estrías de borde trasero.

5 Antecedentes de la invención

Las palas de turbina eólica a veces se proporcionan con estrías a lo largo de los bordes posteriores de las palas, en un esfuerzo por reducir el ruido de borde trasero de pala y/o para mejorar la eficacia de las palas de turbina eólica, como puede verse en los documentos EP 131 4885, US 2012/0027590 o US 2006 / 0018759.

10 Haciendo referencia a la figura 5, una vista ampliada de un conjunto de estrías se indica como 100, las estrías 100 comprenden un extremo de base 102 dispuesto en el borde trasero de una pala de turbina eólica y un extremo de vértice o punta 104. Durante la operación de una turbina eólica que tiene una pala de turbina eólica de este tipo, el flujo de aire sobre las estrías 100, como indican las flechas en la figura 5, puede fluir en una dirección lateral, hacia los lados de las estrías. En consecuencia, el flujo puede salir de las estrías en un ángulo de incidencia diferente al ángulo de incidencia diseñado. El efecto puede ser incluso más pronunciado en los casos donde las estrías del borde trasero están dispuestas en incidencia hacia la dirección del flujo en el borde trasero de pala.

Como resultado, la efectividad de las estrías 100 disminuye, debido a la falta de control del ángulo de flujo.

20 El documento US 2012/027590 A1 desvela una pala de turbina eólica provista de características reductoras de ruido que están dispuestas en la superficie de la pala de turbina eólica de tal manera que formen un estriado. Las características reductoras de ruido tienen una sección transversal triangular con un reborde central orientado normal al borde trasero de la pala. Las características reductoras de ruido se asocian con los mismos problemas que las estrías mencionadas anteriormente, ya que los rebordes tenderán a desviar el flujo.

Un objeto de la invención es proporcionar una pala de turbina eólica que tenga una configuración de borde trasero mejorada.

Sumario de la invención

25 Por consiguiente, se proporciona una pala de turbina eólica que tiene un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de aspiración, y un borde delantero y un borde trasero con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre las mismas, extendiéndose la pala de turbina eólica a lo largo de la envergadura entre un extremo de raíz y un extremo de punta, comprendiendo la pala de turbina eólica una pluralidad de estrías proporcionadas a lo largo de al menos una parte del borde trasero de la pala, comprendiendo además la pala de 30 turbina eólica al menos una aleta enderezadora de flujo de acuerdo con la reivindicación 1, estando dicha al menos una aleta enderezadora de flujo dispuesta para enderezar el flujo sobre dicha superficie de dichas estrías.

35 La aleta o aletas enderezadoras de flujo actúan como una barrera de flujo para evitar el flujo lateral sobre las estrías de la pala, y la aleta o aletas alinean en consecuencia la dirección del flujo sobre las estrías con una dirección de flujo deseada. La dirección de flujo deseada en general está en línea con una dirección de flujo transversal o de cuerda sobre la pala de turbina eólica.

40 Se entenderá que pueden proporcionarse aletas enderezadoras de flujo en cada estría de borde trasero de una pala de turbina eólica. Como alternativa, se entenderá que pueden proporcionarse aletas enderezadoras de flujo en una parte o un subconjunto de la pluralidad de estrías de borde trasero de una pala de turbina eólica, por ejemplo, en secciones a lo largo de la envergadura de la pala, donde se desea garantizar un flujo enderezado sobre las estrías de pala. Las aletas enderezadoras de flujo pueden proporcionarse en estrías localizadas en la parte exterior de la pala de turbina eólica.

45 En una realización ventajosa, las estrías comprenden una base proximal al borde trasero de la pala y un vértice distal al borde trasero de la pala con una línea teórica que se extiende desde un punto medio de la base hasta el vértice, y en la que la al menos una aleta enderezadora de flujo está dispuesta separada de la línea teórica. Por consiguiente, la al menos una aleta enderezadora de flujo se adaptará para enderezar el flujo hacia dicha línea teórica.

De acuerdo con la invención, las estrías tienen un espesor sustancialmente uniforme con la al menos una aleta enderezadora de flujo que sobresale desde la superficie de dichas estrías. Las estrías pueden formarse, por ejemplo, de un panel unido a la pala o intercalado entre una parte de carcasa del lado de presión y una parte de carcasa del

lado de aspiración.

5 Preferentemente, dicha al menos una aleta enderezadora de flujo sobresale sustancialmente de manera perpendicular desde la superficie de dichas estrías, en una dirección a lo largo del flap. Preferentemente, dicha al menos una aleta enderezadora de flujo comprende un saliente sustancialmente plano, extendiéndose dicho saliente sustancialmente plano en una dirección sustancialmente transversal o de cuerda, preferentemente alineada con una dirección de flujo local deseada sobre la pala de turbina eólica.

10 Preferentemente, dichas estrías están dispuestas en incidencia al flujo sobre la pala de turbina eólica, es decir, en un ángulo con respecto a la dirección del flujo sobre la pala en el borde trasero de la pala. En un aspecto, dichas estrías están inclinadas hacia el lado de presión de la pala de turbina eólica. Preferentemente, dichas estrías están inclinadas con respecto a la dirección del flujo sobre la pala de turbina eólica en un ángulo de entre 0-45 grados con respecto a la dirección del flujo, preferentemente entre 1-25 grados.

Preferentemente, dicha al menos una aleta enderezadora de flujo tiene una altura por encima de dicha superficie de dichas estrías aproximadamente equivalente a un espesor de capa límite local en dicha al menos una aleta enderezadora de flujo.

15 Como las aletas son sustancialmente iguales a la altura de la capa límite en la localización de las aletas, en consecuencia, el flujo de capa límite se retiene en una dirección de flujo relativamente recta sobre las estrías. Se entenderá que la altura de la capa límite puede variar a lo largo de la pala, dependiendo de los factores de diseño de la pala. Por ejemplo, para una pala conocida tal como la pala de 48,7 metros de largo disponible en General Electric Company, el espesor de capa límite local calculado con la pala operando a las rpm nominales variará según la cuerda y a lo largo de la envergadura sobre la pala, desde aproximadamente 1 milímetro hasta aproximadamente 202 milímetros. Con una cuerda del 60 % desde el borde delantero del lado de aspiración de una pala 20, el espesor de capa límite está normalmente entre aproximadamente 6 milímetros y 52 milímetros. En aproximadamente la misma posición de la cuerda para el 33 % exterior del lado de aspiración de la envergadura, el espesor de capa límite puede oscilar desde aproximadamente 6 milímetros hasta aproximadamente 16 milímetros.

25 El espesor de capa límite para el área cercana al borde trasero de la pala puede estar entre aproximadamente 6 milímetros y aproximadamente 50 milímetros. Preferentemente, el espesor de capa límite está dentro del intervalo de aproximadamente 20-50 milímetros. Preferentemente, dicha al menos una aleta enderezadora de flujo sobresale desde una superficie del lado de presión de dicha estría. Adicionalmente o como alternativa, dicha al menos una aleta enderezadora de flujo sobresale desde una superficie del lado de aspiración de dicha estría. La altura de la aleta puede variar a lo largo de la longitud de la aleta.

30

Por consiguiente, se entenderá que las aletas pueden proporcionarse en un lado de las estrías, o en ambos lados.

Preferentemente, dicha al menos una aleta enderezadora de flujo sobresale desde un extremo de dichas estrías.

35 A medida que las aletas sobresalen, al menos parcialmente, en la estela de las estrías, el efecto de enderezamiento de flujo continúa después de que el flujo de aire haya dejado la superficie de estría. En consecuencia, las aletas actúan para reducir los vórtices de borde trasero, lo que puede tener un efecto perjudicial sobre el ruido de operación producido por la pala de turbina eólica.

40 Preferentemente, dicha al menos una aleta enderezadora de flujo sobresale desde un extremo de dichas estrías en una longitud correspondiente a la altura de la capa límite en la localización de las aletas. En un aspecto adicional o alternativo, dicha al menos una aleta enderezadora de flujo sobresale desde un extremo de dichas estrías en una longitud correspondiente a aproximadamente 1/3 de la longitud de la estría desde una base de la estría hasta el vértice o punta de la estría (que sobresale de la aleta).

Preferentemente, dichas aletas están formadas de un material plástico.

Preferentemente, la pala de turbina eólica comprende al menos una estría de borde trasero, en la que un par de aletas enderezadoras de flujo sobresalen de una superficie de dicha al menos una estría de borde trasero.

45 Al disponer un par de enderezadores de flujo en una estría, puede crearse un canal de flujo eficaz en la estría para garantizar una dirección de flujo recta, minimizando o eliminando el flujo lateral.

Preferentemente, dicho par de aletas enderezadoras de flujo están dispuestas en dicha al menos una estría de borde trasero en la que dichas palas están separadas aproximadamente de manera equidistante de una línea central de dicha al menos una estría de borde trasero.

50 Se entenderá que la línea central comprende una línea teórica que se extiende desde el punto medio de la base de

dicha estría hasta el vértice o punta de dicha estría.

Preferentemente, dicho par de aletas enderezadoras de flujo están separadas entre sí en dicha estría de borde trasero en la dirección a lo largo de la envergadura de la pala en una distancia igual a aproximadamente la mitad de la anchura de dicha estría de borde trasero medida en la dirección a lo largo de la envergadura.

- 5 En un aspecto, las aletas enderezadoras de flujo se forman integralmente con dichas estrías.

En un aspecto alternativo, las aletas enderezadoras de flujo se proporcionan como elementos complementarios que pueden unirse a las estrías existentes, por ejemplo, como una solución de modificación retroactiva. Los elementos pueden unirse usando cualquier mecanismo adecuado, por ejemplo, una unión de adhesivo y/o una conexión de interbloqueo de ajuste a presión o de clip.

- 10 Preferentemente, un lado del borde delantero de dicha al menos una aleta enderezadora de flujo se ahúsa en la dirección del borde delantero de la pala.

Preferentemente, un lado del borde trasero de dicha al menos una aleta enderezadora de flujo se ahúsa en la dirección del flujo sobre la pala.

Ahusando uno o ambos extremos de las palas, se minimiza el impacto aerodinámico negativo del uso de las palas.

- 15 Además, se proporciona una turbina eólica que comprende al menos una de las palas como se ha descrito anteriormente.

También se proporciona un panel estriado para una pala de turbina eólica, estando el panel dispuesto para unirse al borde trasero de una pala para formar una pluralidad de estrías en el borde trasero de la pala, comprendiendo además el panel al menos una aleta enderezadora de flujo de acuerdo con la reivindicación 1 que sobresale de una superficie de dichas estrías, estando dicha al menos una aleta enderezadora de flujo dispuesta para enderezar el flujo sobre dicha superficie de dichas estrías.

- 20

Descripción de la invención

A continuación, se describen realizaciones de la invención, únicamente a modo de ejemplo, haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- 25 La figura 1 muestra una turbina eólica;

La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención;

La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil de plano aerodinámico de la pala de la figura 2;

La figura 4 muestra una vista esquemática de la pala de turbina eólica de la figura 2, vista desde arriba y desde el lado; La figura 5 ilustra el flujo sobre un conjunto de estrías de borde trasero de la técnica anterior;

- 30 La figura 6 ilustra el flujo sobre un conjunto de estrías de borde trasero de acuerdo con la invención;

La figura 7 ilustra una vista en perspectiva isométrica de una estría de la figura 6;

La figura 8 ilustra una vista en planta lateral de una estría de la figura 6; y

La figura 9 ilustra unas vistas en planta laterales de una pluralidad de formas diferentes de aletas enderezadoras de flujo de acuerdo con diferentes realizaciones de la invención.

- 35 Se entenderá que los elementos comunes a las diferentes realizaciones de la invención se han proporcionados con los mismos números de referencia en los dibujos.

La figura 1 ilustra una turbina eólica contra viento moderna convencional 2 de acuerdo con el llamado "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, teniendo cada una de las mismas una raíz de pala 16 más cercana al buje y una punta de pala 14 más alejada del buje 8, extendiéndose la pala en una dirección a lo largo de la envergadura entre la raíz 16 y punta 14. El rotor tiene un radio indicado como R.

- 40 La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica 10. La pala de turbina eólica 10 tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región de raíz 30 más cercana al buje, una región perfilada

o de plano aerodinámico 34 más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la región de plano aerodinámico 34. La pala 10 comprende un borde delantero 18 orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde trasero 20 orientado en la dirección opuesta al borde delantero 18. Se proporciona una serie de estrías de borde trasero 21 a lo largo de una parte del borde trasero 20 de la pala. En general, el flujo de aire sobre la pala 10 de la turbina eólica se extiende desde el borde delantero 18 hasta el borde trasero 20 en una dirección en general transversal o de cuerda.

La región de plano aerodinámico 34 (también llamada región perfilada) tiene una forma ideal o casi ideal de pala con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región de raíz 30 debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que por ejemplo la hace más fácil y más segura para montar la pala 10 al buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 suele ser constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición 42 que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica 40 de la región de raíz 30 al perfil de plano aerodinámico 50 de la región de plano aerodinámico 34. La longitud de cuerda de la región de transición 32 normalmente aumenta de forma sustancialmente lineal con el aumento de la distancia r desde el centro.

La región 34 del perfil de plano aerodinámico tiene un perfil de plano aerodinámico 50 con una cuerda que se extiende entre el borde delantero 18 y el borde trasero 20 de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye a medida que aumenta la distancia. r desde el centro.

Debería observarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, ya que la pala puede estar torcida y/o curvada (es decir, pre-doblada), proporcionando de este modo al plano de cuerda un curso correspondientemente torcido y/o curvado, siendo este el caso más frecuente con el fin de compensar la velocidad local de la pala que depende del radio del buje.

La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil de plano aerodinámico 50 de una pala típica de una turbina eólica representada con los diversos parámetros, que se usan normalmente para definir la forma geométrica de un plano aerodinámico. El perfil de plano aerodinámico 50 tiene un lado de presión 52 y un lado de aspiración 54, que durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor, normalmente están orientados hacia el lado de barlovento (o contra viento) y hacia el lado de sotavento (o a favor de viento), respectivamente. El perfil de plano aerodinámico 50 tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda c que se extiende entre un borde delantero 56 y un borde trasero 58 de la pala. El perfil de plano aerodinámico 50 tiene un espesor t , que se define como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de aspiración 54. El espesor t del perfil de plano aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico viene dada por una línea de curvatura 62, que es una línea media a través del perfil de plano aerodinámico 50. La línea media puede encontrarse dibujando círculos inscritos desde el borde delantero 56 hasta el borde trasero 58. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia de la cuerda 60 se denomina la curvatura f . La asimetría también puede definirse mediante el uso de parámetros denominados la curvatura superior (o curvatura del lado de aspiración) y la curvatura inferior (o curvatura del lado de presión), que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado de aspiración 54 y el lado de presión 52, respectivamente.

Los perfiles de plano aerodinámico a menudo se caracterizan por los siguientes parámetros: la longitud de la cuerda c , la curvatura máxima f , la posición d_f de la curvatura máxima f , el espesor de plano aerodinámico máximo t , que es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea de curvatura media 62, la posición d_t del espesor máximo t y un radio de nariz (no mostrado). Estos parámetros se definen normalmente como relaciones con la longitud de cuerda c . Por lo tanto, un espesor de pala relativo local t/c se da como la relación entre el espesor máximo local t y la longitud de cuerda local c . Además, la posición d_p de la curvatura máxima en el lado de presión puede usarse como un parámetro de diseño, y por supuesto también la posición de la curvatura máxima del lado de aspiración.

La figura 4 muestra algunos otros parámetros geométricos de la pala. La pala tiene una longitud de pala total L . Como se muestra en la figura 2, el extremo de raíz está localizado en la posición $r = 0$, y el extremo de punta está localizado en $r = L$. El hombro 40 de la pala está situado en una posición $r = L_w$, y tiene una anchura de hombro W , que es igual a la longitud de la cuerda en el hombro 40. El diámetro de la raíz se define como D . Además, la pala está provista de una precurva, que se define como Δy , que corresponde a la desviación fuera del plano de un eje de inclinación 22 de la pala.

La pala de turbina eólica 10 comprende en general una carcasa fabricada de polímero reforzado con fibra, y normalmente se fabrica como un lado de presión o parte de cubierta contra viento 24 y una parte de aspiración o parte de carcasa a favor de viento 26 que están pegadas entre sí a lo largo de las líneas de unión 28 que se extienden a lo largo del borde trasero 20 y del borde delantero 18 de la pala 10. Las palas de turbina eólica se forman en general a partir de material plástico reforzado con fibra, por ejemplo, fibras de vidrio y/o fibras de carbono que se disponen en un molde y se curan con una resina para formar una estructura sólida. Las palas de las turbinas eólicas modernas pueden tener a menudo una longitud superior a 30 o 40 metros, teniendo unos diámetros de raíz de pala de varios metros. Las palas de turbina eólica se diseñan en general para tiempos de vida relativamente largos y para soportar una carga estructural y dinámica considerable.

Haciendo referencia a la figura 6, se muestra una vista ampliada de una pluralidad de estrías 100 del borde trasero estriado 21. Las estrías 100 comprenden un extremo de base 102 que está dispuesto en el borde trasero 20 de la pala de turbina eólica 10, y un extremo de punta 104 que se extiende a favor del viento del borde trasero de pala 20. Las estrías ilustradas son sustancialmente planas, pero se entenderá que las estrías pueden variar en profundidad o espesor, en particular teniendo unos bordes ahusados o achaflanados. Se muestra que las estrías 100 tienen un perfil que corresponde sustancialmente a un triángulo isósceles, pero se entenderá que pueden usarse otros perfiles de forma de estría, por ejemplo, perfiles curvados o en forma de onda, bordes almenados, etc.

Las estrías 100 están provistas de unas aletas enderezadoras de flujo 106, que sobresalen de las superficies de las estrías 100. Las aletas 106 actúan como barreras para evitar el flujo lateral o de lado sobre los bordes de las estrías 100, lo que da como resultado un flujo de aire enderezado sobre las estrías 100, como indican las flechas en la figura 6.

Preferentemente, se usa un par de aletas enderezadoras de flujo 106 para cada estría 100, que puede actuar para formar un canal de flujo eficaz en la estría 100, pero se entenderá que puede usarse cualquier número de aletas 106 para cada estría 100, por ejemplo 1, 3, 4, 5, etc. aletas por estría.

Haciendo referencia a las figuras 7 y 8, las aletas enderezadoras de flujo 106 están dispuestas para sobresalir de superficies opuestas de las estrías 100, y, por consiguiente, sobresalen tanto en el lado de presión 24 como en el lado de aspiración 26 de la pala de turbina eólica 10. Además, las aletas enderezadoras de flujo 106 están dispuestas para sobresalir desde el final de las estrías 100 a favor del viento o en la estela de las estrías 100. Se entenderá que, para realizaciones alternativas de la invención, las aletas 106 pueden estar dispuestas para sobresalir de un solo lado de las estrías 100, y pueden o no sobresalir desde el final de las estrías 100.

Preferentemente, las aletas sobresalen desde un extremo de dichas estrías 100 una longitud L1 que corresponde a aproximadamente 1/3 de la longitud total T de la estría 100, tomándose la longitud total T desde una base de la estría hasta el vértice o la punta de la estría.

Preferentemente, la altura de las aletas 106 sobre la superficie de las estrías 100 se selecciona para que sea sustancialmente equivalente a la altura de la capa límite sobre la pala de turbina eólica 10 local a las estrías de aleta 100.

En algunas realizaciones, las aletas 100 pueden seleccionarse para tener una altura uniforme para garantizar que las aletas se aproximen o superen la altura de la capa límite para al menos la mayoría de las localizaciones a lo largo de la pala 10 donde se localizan las estrías de aleta. Como alternativa, ya que la altura de la capa límite puede variar a lo largo de la longitud de la pala, dependiendo de los factores de diseño de la pala, la altura de las aletas 106 puede variar a lo largo de la dirección a lo largo de la envergadura de la pala 10.

Por ejemplo, para una pala conocida tal como la pala de 48,7 metros de largo disponible en General Electric Company, el espesor de capa límite local calculado con la pala operando a las rpm nominales variará según la cuerda y a lo largo de la envergadura sobre la pala, desde aproximadamente 1 milímetro hasta aproximadamente 202 milímetros. Con una cuerda del 60 % desde el borde delantero del lado de aspiración de una pala 20, el espesor de capa límite está normalmente entre aproximadamente 6 milímetros y 52 milímetros. En aproximadamente la misma posición de la cuerda para el 33 % exterior del lado de aspiración de la envergadura, el espesor de capa límite puede oscilar desde aproximadamente 6 milímetros hasta aproximadamente 16 milímetros. En el borde trasero de la pala, el espesor de capa límite puede estar entre aproximadamente 6 milímetros y aproximadamente 50 milímetros, preferentemente, dentro del intervalo de aproximadamente 20-50 milímetros.

Para la realización mostrada en las figuras 7 y 8, a medida que las aletas 106 sobresalen desde ambos lados de las estrías 100, la altura combinada H es sustancialmente equivalente a la altura de la capa límite tanto en el lado de presión como en el lado de aspiración de las estrías 100.

Las aletas 106 están dispuestas preferentemente de manera simétrica en las estrías 100, a una distancia igual a cada lado de la línea central de las estrías 100, la línea central definida como una línea teórica que se extiende desde el punto medio de la base 102 de una estría hasta la punta 104 de la estría. Preferentemente, las aletas 106 están separadas de la línea central aproximadamente un cuarto de la anchura W medida en la base 102 de la estría, de tal manera que la distancia entre las aletas 106 en una estría 100 es aproximadamente W/2.

El perfil lateral de las aletas 106 puede conformarse basándose en el requisito de diseño aerodinámico. En la realización mostrada, el lado orientado hacia el borde delantero 106a de las aletas 106 se ahúsa hacia la superficie de las estrías y/o de la pala de turbina eólica, de tal manera que se minimiza cualquier efecto aerodinámico negativo que pueda introducirse mediante el uso de componentes adicionales. Además, el lado orientado hacia el borde trasero 106b, que está dispuesto hacia la estela de la pala de turbina eólica, se ahúsa hacia un punto o un borde.

En la realización ilustrada en la figura 8, las estrías 100 se proporcionan como parte de un panel de borde trasero 108 para unirse al borde trasero 20 de una pala de turbina eólica 10. El panel 108 comprende una sección de base 110 para su unión a la pala 10, con las estrías 100 dispuestas en un ángulo con respecto a la sección de base 110 de tal manera que las estrías 100 están dispuestas en incidencia al flujo de aire sobre la pala de turbina eólica 10, la dirección del flujo de aire sobre la pala de turbina eólica se indica en general por la flecha F. Las aletas 106 pueden conformarse para adaptarse al borde trasero 20 de la pala 10. Por ejemplo, en la figura 8, en un primer lado del panel 108, las aletas 106 se extienden alrededor de una curva en el panel 108 y se extienden sobre la sección de base 110 del panel 108. En el lado opuesto, que se usa para unir la sección de base 110 a la pala 10, el lado de borde delantero 106a de las aletas puede estar provisto de un extremo escalonado 112 de tal manera que cuando el panel 108 se monta en la pala 10, el lado de borde delantero 106a de las aletas 106 en ese lado está sustancialmente al ras con las superficies en el borde trasero 20 de la pala de turbina eólica 10. A este respecto, el extremo escalonado 112 puede estar dimensionado para que se corresponda con el espesor del borde trasero 20 de la pala de turbina eólica 10.

Mientras que las aletas enderezadoras de flujo 106 pueden formarse integralmente como parte de las estrías 106, por ejemplo, como parte de un proceso de moldeo, en otros aspectos, las aletas enderezadoras de flujo 106 pueden proporcionarse como elementos complementarios separados que pueden unirse a las estrías 100. Los complementos pueden proporcionarse como elementos ranurados que pueden deslizarse sobre una estría desde el extremo de la estría, y pueden fijarse a la estría usando cualquier medio adecuado, por ejemplo, una unión de adhesivo y/o una conexión de interbloqueo de ajuste a presión o de clip, basada en elementos de interbloqueo proporcionados en la estría y los complementos.

Mientras que las figuras 7 y 8 muestran un diseño específico de las aletas 106, se entenderá que pueden usarse diferentes geometrías para diferentes realizaciones de la invención, para proporcionar diferentes efectos aerodinámicos. Haciendo referencia a la figura 9, se muestran diferentes geometrías de muestra. Cada una de las diferentes geometrías muestra una abertura de ranura en el lado de borde delantero para recibirse o fijarse sobre una parte de una estría, y un lado de borde trasero para disponerse hacia la estela de una pala de turbina eólica.

La figura 9(a) muestra un diseño de aleta que tiene un perfil hexagonal alargado. La figura 9(b) ilustra una aleta similar a la figura 9(a), que tiene un lado de borde trasero plano. La figura 9(c) muestra una variación adicional en la figura 9(b), donde el lado de borde trasero comprende un perfil con muescas. Además, se entenderá que los bordes de las aletas pueden comprender esquinas ahusadas o achaflanadas. En un aspecto adicional, mientras que las aletas ilustradas en las figuras son elementos sustancialmente planos, se entenderá que las aletas pueden conformarse a lo largo de la extensión longitudinal de las aletas, por ejemplo, aletas curvadas, etc.

Al proporcionar enderezadores de flujo para su uso en combinación con las estrías de borde trasero, el flujo aerodinámico sobre las estrías se mantiene para las orientaciones diseñadas, mejorando de este modo la eficacia del borde trasero estriado.

La invención no está limitada a las realizaciones descritas en el presente documento, y puede modificarse o adaptarse sin apartarse del alcance de la presente invención, que se define por las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Una pala de turbina eólica (10) que tiene un contorno perfilado que incluye un lado de presión y un lado de aspiración, y un borde delantero (18) y un borde trasero (20) con una cuerda que tiene una longitud de cuerda que se extiende entre los mismos, extendiéndose la pala de turbina eólica (10) en una dirección a lo largo de la envergadura entre un extremo de raíz y un extremo de punta, comprendiendo la pala de turbina eólica una pluralidad de estrías (100) proporcionadas a lo largo de al menos una parte del borde trasero (20) de la pala (10), comprendiendo además la pala de turbina eólica (10) al menos una aleta enderezadora de flujo (106), estando dicha al menos una aleta enderezadora de flujo (106) dispuesta para enderezar el flujo sobre dicha superficie de dichas estrías (100), **caracterizada por que** las estrías (100) tienen un espesor sustancialmente uniforme y la al menos una aleta enderezadora de flujo (106) sobresale de la superficie de dichas estrías (100).
2. La pala de turbina eólica de la reivindicación 1, en la que las estrías (100) comprenden una base (102) proximal al borde trasero (20) de la pala (10) y un vértice (104) distal al borde trasero (20) de la pala (10) con una línea teórica que se extiende desde un punto medio de la base (102) hasta el vértice (104), y en la que la al menos una aleta enderezadora de flujo (106) está dispuesta separada de la línea teórica.
3. La pala de turbina eólica de la reivindicación 1 o 2, en la que la al menos una aleta enderezadora de flujo (106) sobresale sustancialmente normal a la superficie de dichas estrías (100).
4. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que dicha al menos una aleta enderezadora de flujo (106) sobresale sustancialmente de manera perpendicular desde la superficie de dichas estrías (100), en una dirección a lo largo del flap.
5. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que dichas estrías (100) están dispuestas en incidencia al flujo sobre la pala de turbina eólica (10).
6. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que dicha al menos una aleta enderezadora de flujo (106) tiene una altura por encima de dicha superficie de dichas estrías (100) aproximadamente equivalente a un espesor de capa límite local en dicha al menos una aleta enderezadora de flujo.
7. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que dicha al menos una aleta enderezadora de flujo (106) sobresale desde una superficie del lado de presión de dicha estría (100) y una superficie del lado de aspiración de dicha estría (100).
8. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que dicha al menos una aleta enderezadora de flujo (106) sobresale desde un extremo de dichas estrías (100), preferentemente una longitud correspondiente a aproximadamente un espesor de capa límite local en dicha al menos una aleta enderezadora de flujo (100).
9. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, comprendiendo la pala de turbina eólica (10) al menos una estría de borde trasero (100), en la que un par de aletas enderezadoras de flujo (106) sobresalen de una superficie de dicha al menos una estría de borde trasero (100).
10. La pala de turbina eólica de la reivindicación 9, en la que dicho par de aletas enderezadoras de flujo (106) están dispuestas en dicha al menos una estría de borde trasero (100) en la que dichas aletas (106) están separadas aproximadamente de manera equidistante de una línea central de dicha al menos una estría de borde trasero (100), estando preferentemente dicho par de aletas enderezadoras de flujo (106) separadas entre sí en dicha estría de borde trasero (100) en la dirección a lo largo de la envergadura de la pala (10) una distancia ($W/2$) igual a aproximadamente la mitad de la anchura (W) de dicha estría de borde trasero (100) medida en la dirección a lo largo de la envergadura.
11. La pala de turbina eólica de una cualquiera de las reivindicaciones 1-10, en la que dichas aletas enderezadoras de flujo (106) se proporcionan como elementos complementarios dispuestos para unirse a dichas estrías (100), en la que dichas aletas enderezadoras de flujo (106) se unen a dichas estrías (100) usando una unión de adhesivo y/o una conexión de interbloqueo de ajuste a presión o de clip.
12. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que un lado de borde delantero (106a) de dicha al menos una aleta enderezadora de flujo (100) se ahúsa en la dirección del borde delantero de la pala (10).
13. La pala de turbina eólica de cualquier reivindicación anterior, en la que un lado de borde trasero (106b) de dicha al menos una aleta enderezadora de flujo (100) se ahúsa en la dirección de flujo sobre la pala (10).
14. Una turbina eólica que comprende al menos una pala de turbina eólica de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-13.

- 5 15. Un panel estriado (108) para una pala de turbina eólica, estando el panel (108) dispuesto para unirse al borde trasero de una pala para formar una pluralidad de estrías (100) en el borde trasero de la pala, comprendiendo además el panel (108) al menos una aleta enderezadora de flujo (106) que sobresale desde una superficie de dichas estrías (100), estando dicha al menos una aleta enderezadora de flujo (106) dispuesta para enderezar el flujo sobre dicha superficie de dichas estrías (100), en la que las estrías (100) tienen un espesor sustancialmente uniforme con la al menos una aleta enderezadora de flujo (106) que sobresale de la superficie de dichas estrías (100).

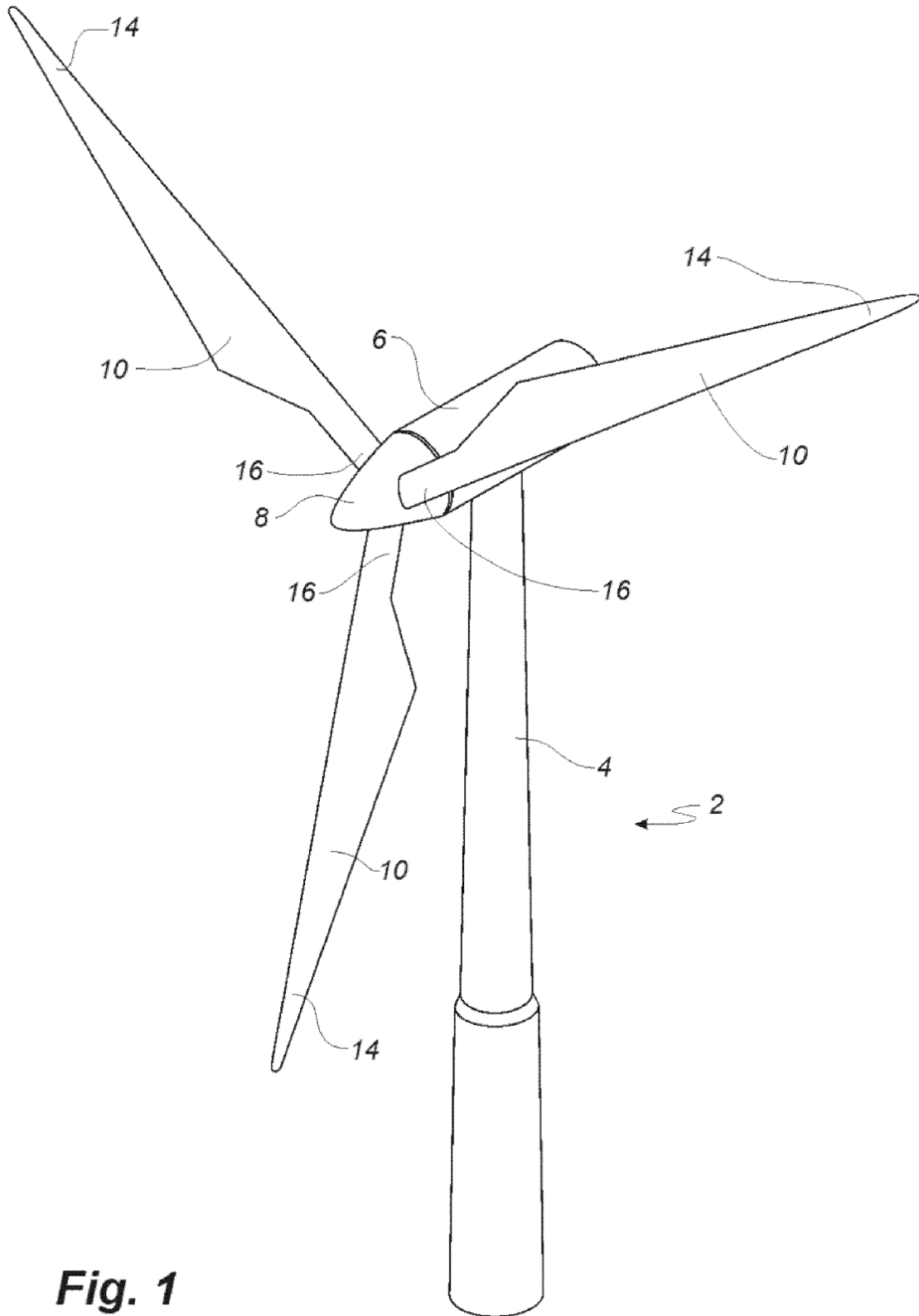


Fig. 1

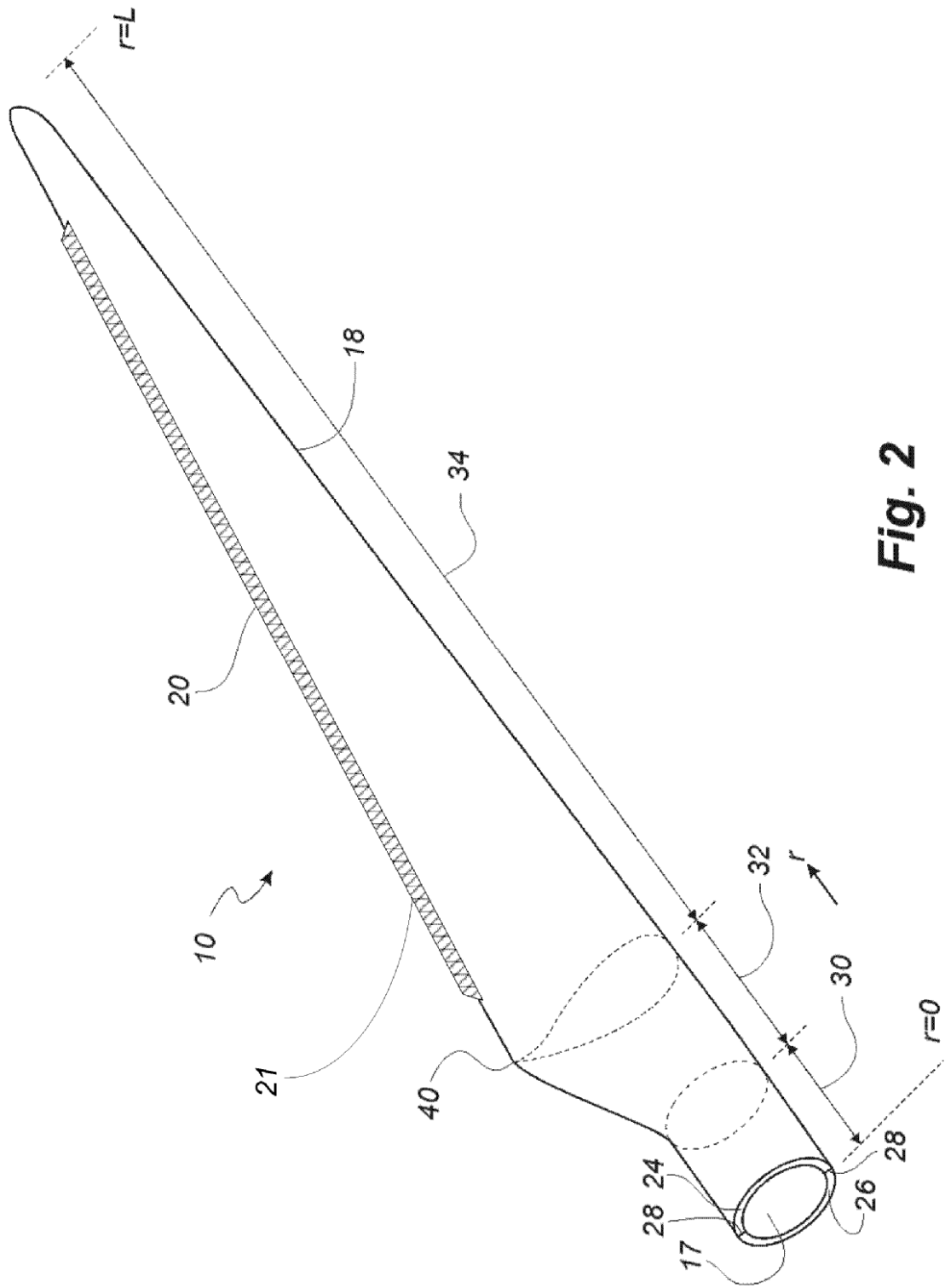


Fig. 2

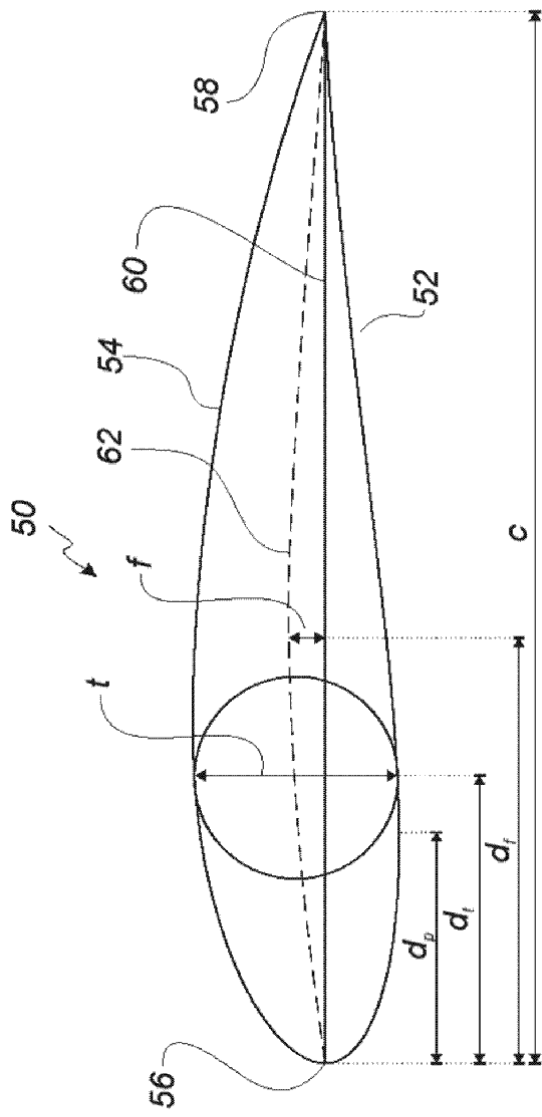


Fig. 3

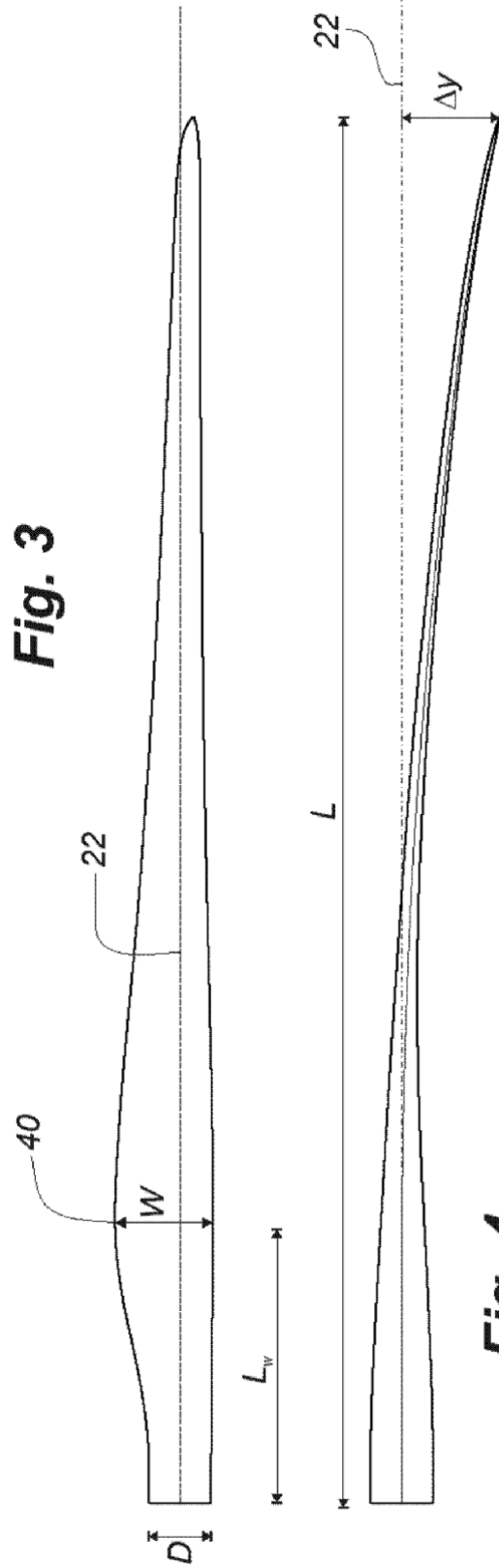


Fig. 4

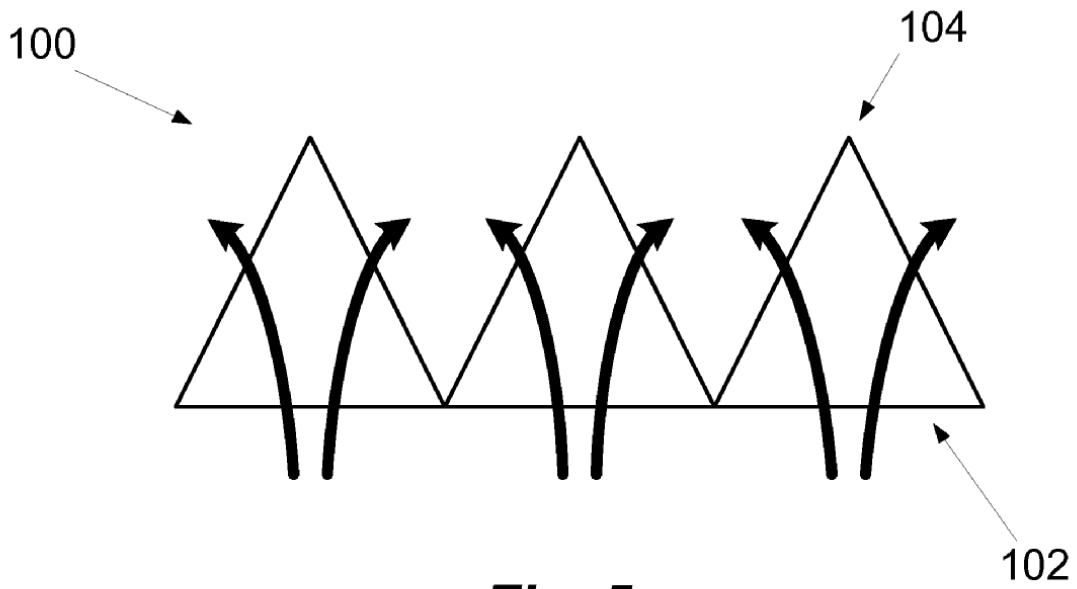


Fig. 5
(técnica anterior)

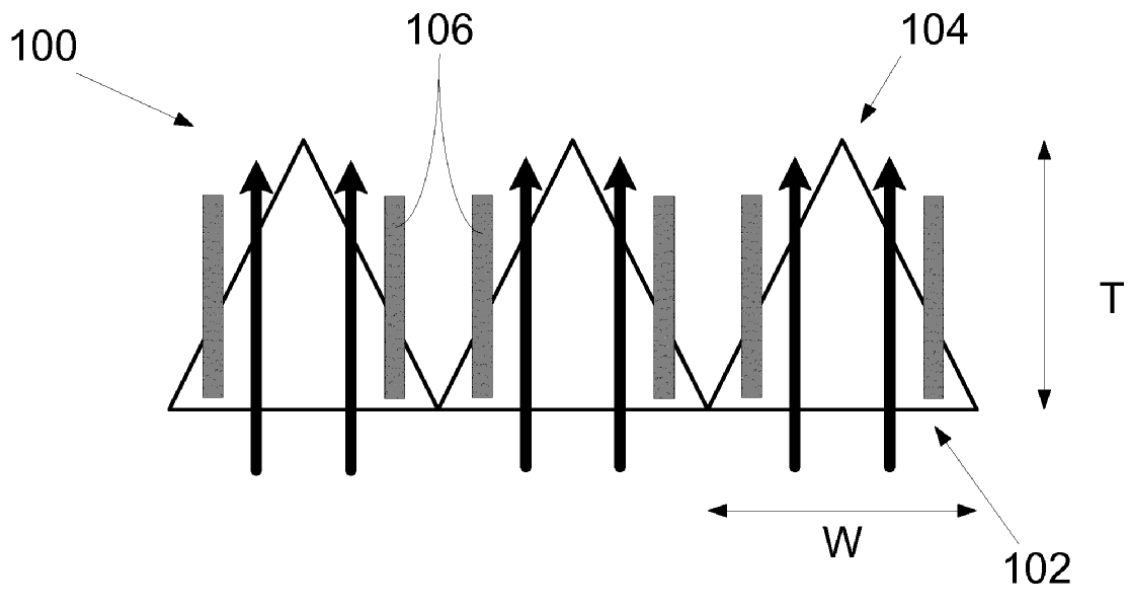


Fig. 6

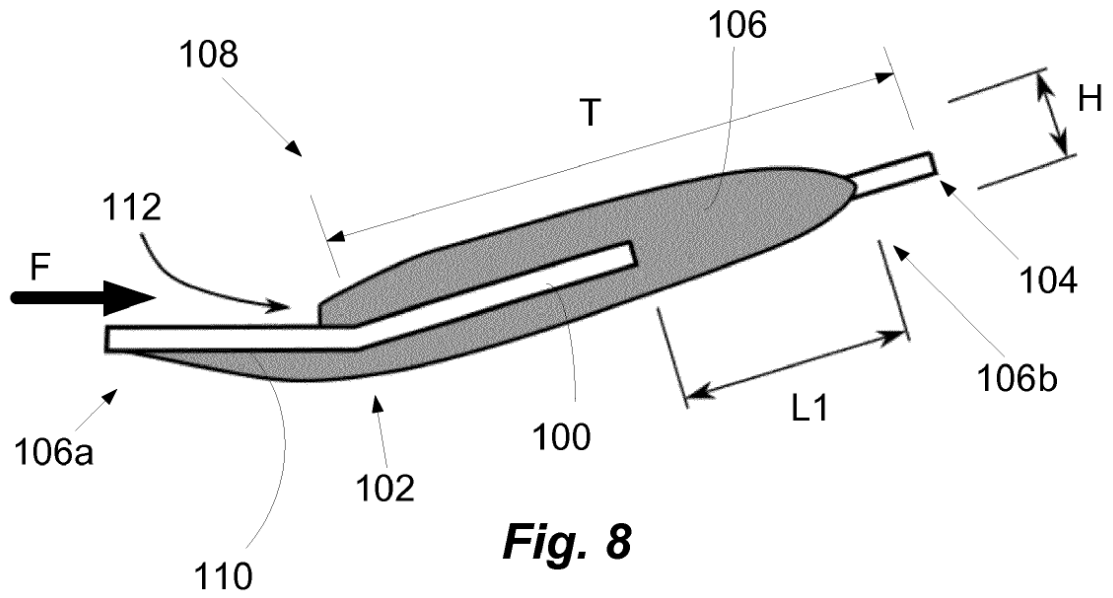
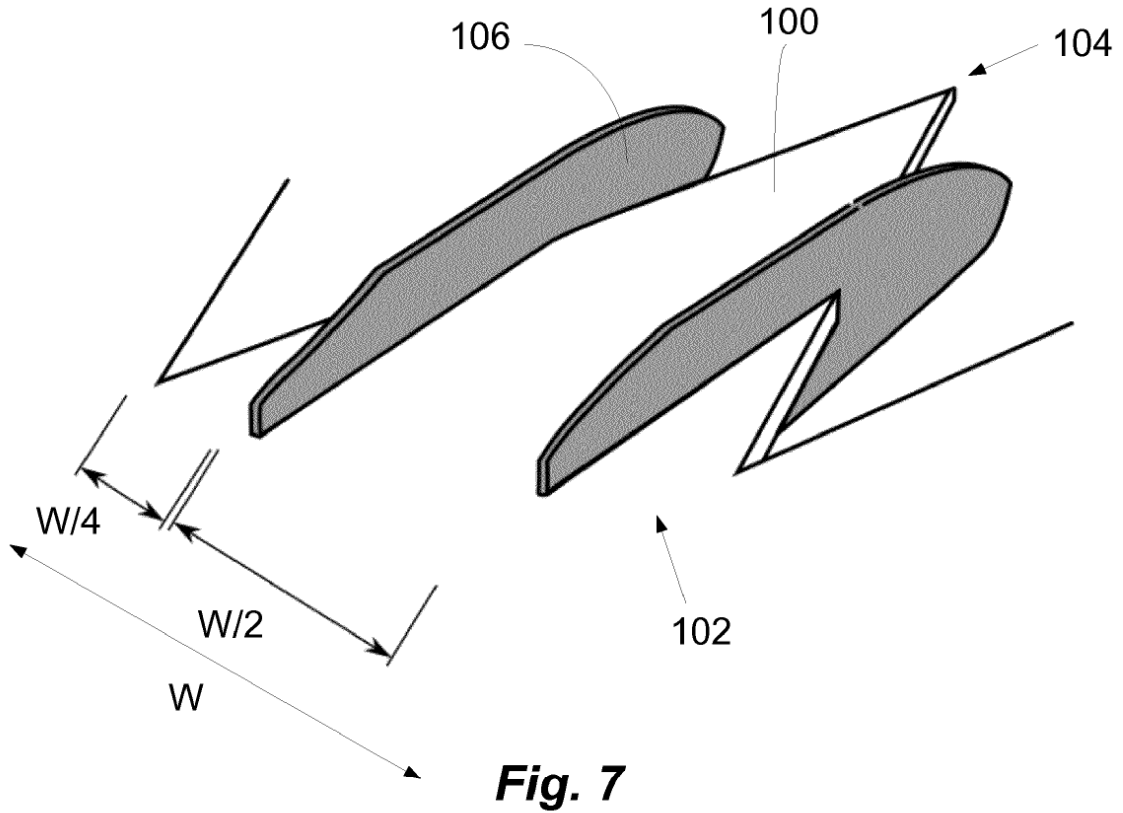




Fig. 9(a)



Fig. 9(b)

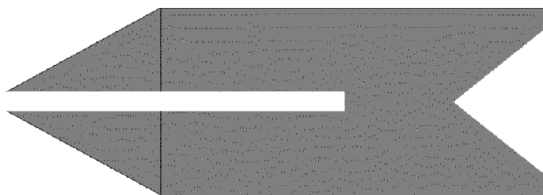


Fig. 9(c)