

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 756 577**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

B64C 11/18 (2006.01)

B64C 3/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.06.2014 PCT/EP2014/062100**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.12.2014 WO14198754**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.06.2014 E 14730833 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **21.08.2019 EP 3008331**

54 Título: **Pala de rotor de una turbina eólica y turbina eólica**

30 Prioridad:
11.06.2013 DE 102013210901

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.04.2020

73 Titular/es:
**WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)
Borsigstrasse 26
26607 Aurich, DE**

72 Inventor/es:
ALTMIKUS, ANDREE

74 Agente/Representante:
ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 756 577 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Pala de rotor de una turbina eólica y turbina eólica

5 La presente invención se refiere a una pala de rotor de una turbina eólica. Además, la presente invención se refiere a una turbina eólica.

Las turbinas eólicas son bien conocidas y hoy en día han prevalecido las llamadas turbinas eólicas de eje horizontal, a las que se refiere la presente solicitud. Las turbinas eólicas modernas están adaptadas a las condiciones de viento esperadas en su sitio de instalación. En particular, básicamente se puede hacer una distinción entre las turbinas eólicas para ubicaciones de viento fuerte y las turbinas eólicas para ubicaciones de viento suave. Si es necesario, se pueden realizar subdivisiones adicionales.

15 Las turbinas eólicas para ubicaciones con vientos suaves presentan palas de rotor más largas y al menos parcialmente también más delicadas en comparación con las turbinas eólicas para ubicaciones con velocidades de viento medias más altas. Como resultado, estas palas de rotor más largas pueden barrer una superficie de rotor mayor para poder eliminar tanta energía como sea posible incluso con vientos suaves. Las cargas fuertes causadas por vientos fuertes son relativamente poco frecuentes.

20 Para la construcción de este tipo de palas de rotor, se debe asegurar que sean lo suficientemente estrechas, especialmente en la zona central, para presentar el menor peso posible, pero que al mismo tiempo puedan garantizar una capacidad de carga suficiente para la pala. Particularmente en la zona central de la pala del rotor, con respecto a la dirección radial del rotor, puede ser difícil combinar todos los requisitos descritos para la estabilidad y la capacidad de carga de la pala del rotor con el diseño aerodinámico requerido.

25 El rango de variación para diseñar el perfil aerodinámico a veces puede ser tan pequeño que, aunque se logra un perfil aerodinámico con buenas propiedades, pequeñas desviaciones respecto a este perfil aerodinámico óptimo pueden ser significativas para las características de la corriente. En particular, las impurezas de la pala del rotor pueden conducir a una interrupción temprana no deseada de la corriente, que no ocurre en una pala que no está contaminada, o al menos no en tal medida. A veces, las gotas de lluvia pueden ser suficientes como para constituir una contaminación significativa de la pala.

30 La presente invención tiene por consiguiente el objetivo de direccionar al menos uno de los problemas arriba mencionados. En particular, se pretende proporcionar una solución para mejorar las propiedades aerodinámicas de una pala de rotor. En particular, se pretende mejorar una pala de rotor de una turbina eólica para ubicaciones con viento suave, en particular, el objetivo es hacerla menos susceptible a la suciedad. Se pretende proponer, al menos, una alternativa a la solución de la técnica anterior.

La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado en la solicitud de prioridad para la presente solicitud el siguiente estado de la técnica: DE 103 47 802 B3, US 2011/0211966 A1, US 2012/0051936 A1 y EP 2 466 122 A2.

45 Según la invención se propone una pala de rotor según la reivindicación 1. Este tipo de pala de rotor, concretamente la de un rotor aerodinámico, comprende al menos una primera y una segunda cerca de capa límite. La posición de estas cercas de capa límite se ajusta específicamente a una zona central con respecto a una dirección radial del rotor aerodinámico. La posición de las al menos dos cercas de capa límite se elige de tal manera que estas cercas de la capa límite delimiten una zona central de la pala del rotor.

50 En este sentido, la consideración se basa en el hecho de que la pala del rotor se puede ensanchar en la zona cercana al cubo, incluso en turbinas de viento suave, es decir, en turbinas eólicas para ubicaciones con viento suave, y permite lograr un perfil menos vulnerable. En la zona exterior, es decir, hacia la punta de la pala del rotor, también se puede hacer un diseño de perfil más robusto porque en esta zona exterior la capacidad de carga de la pala del rotor no es tan determinante para el diseño de la pala. En la zona media, la capacidad de carga de la pala del rotor en esta zona juega un papel importante y aquí la influencia del viento en el rendimiento de la turbina eólica sigue siendo muy significativa. Además, en la zona media, a veces pueden producirse influencias mayores debido a la suciedad, como la lluvia, porque la velocidad de circulación aquí no es tan alta como en la zona exterior de la pala y, por lo tanto, el agua de lluvia se puede mantener más sobre la superficie.

60 En este punto, debe tenerse en cuenta que el uso de cercas de capa límite en palas de rotor de turbina eólica es básicamente conocido. En este contexto, se hace referencia a la patente alemana DE 103 47 802 B3. En dicha documentación, se prevén cercas de capa límite para evitar corrientes cruzadas entre una zona de raíz sustancialmente cilíndrica de la pala del rotor y el perfil aerodinámico que presenta la parte externa de la pala del rotor. Para este propósito, se propone una cerca de capa límite en zona donde la pala del rotor va desde su zona de

raíz relativamente cilíndrica a la zona que presenta un perfil aerodinámico. Se puede prever una segunda cerca de capa límite a modo de apoyo.

Por otro lado, la presente invención se refiere a un problema completamente diferente que es evitar la interrupción de la corriente, en particular, debido a la contaminación de la pala, o al menos a limitarlo a un rango predeterminado. En particular, la presente invención se refiere a palas de rotor que tienen su mayor profundidad de perfil directamente en su zona de raíz para su fijación a un cubo de rotor. En otras palabras, la presente invención se refiere en particular a palas de rotor que presentan un perfil aerodinámico en toda su longitud axial o radial.

10 Para este propósito, se propone que la primera cerca de capa límite esté dispuesta en un rango de 25 a 40 % y que la segunda cerca de capa límite esté dispuesta en la pala del rotor en un rango de 45 a 60 %. Estos datos se refieren a la dirección radial de la pala del rotor cuando se usa según lo previsto en el rotor aerodinámico de la turbina eólica. Por lo tanto, un valor del 0 % estaría exactamente en el eje de rotación del rotor aerodinámico y un valor del 100 % en la punta de la pala del rotor.

15 Preferiblemente, la primera cerca de capa límite está dispuesta en un rango de 30 a 35 % en dirección radial, y además o alternativamente, la segunda cerca de la capa límite está dispuesta en la pala del rotor en dirección radial en un rango de 50 a 55 %. Como resultado, se prevé una zona media correspondientemente concreta de la pala del rotor con estas dos cercas de la capa límite y delimitada por estas dos. La medida propuesta puede enfocarse
20 específicamente en esta zona media.

Preferiblemente, la primera y la segunda cerca de la capa límite están dispuestas cada una en el lado de succión de la pala del rotor. En particular, se reconoció que la mayoría de los problemas con interrupción de corriente pueden ocurrir aquí, por lo que en particular aquí se prevén las cercas de la capa límite. Preferiblemente, no solo está
25 dispuesta una cerca de la capa límite respectiva en el lado de succión de la pala del rotor, sino que cada cerca de la capa límite tiene dos secciones de cerca, de las cuales una sección de cerca está dispuesta en el lado de succión y la otra sección de cerca en el lado de presión de la pala del rotor. Se reconoció que un soporte de la cerca de la capa límite del lado de succión por una sección de la cerca en el lado de presión puede mejorar aún más la medida aerodinámica propuesta. De esta manera, cualquier fenómeno de interrupción de corriente puede limitarse más
30 efectivamente en esta zona central de la pala del rotor.

Según una realización, cada cerca de la capa límite está diseñada para aumentar en altura desde la nariz de la pala hasta el borde posterior. A ese respecto, se supone que una pala de rotor convencional, que aproximadamente en la dirección de movimiento presenta una nariz de pala o una nariz de pala de rotor mirando hacia afuera, presenta un
35 borde posterior básicamente hacia atrás. Preferiblemente, la altura de la cerca de la capa límite se basa en el grosor de la capa límite del aire que fluye hacia la pala. Se supone que esta capa límite es la zona donde la velocidad del aire entrante está tan lejos de la superficie de la pala que ha alcanzado el 90 % de la velocidad de circulación sin restricciones. En este sentido, la velocidad de circulación del aire se ajusta en relación con la pala del rotor en el punto relevante.

40 Ahora se ha descubierto que esta capa límite presenta una distancia cada vez mayor desde la nariz de la pala hasta el borde posterior. Según una realización, se propone que la altura de la cerca de la capa límite se base en esto.

Estas realizaciones respecto a la altura de la cerca de la capa límite suponen que la cerca de la capa límite está
45 diseñada como un objeto aproximadamente plano, perpendicular a la superficie de la pala y longitudinal a la dirección de entrada de la corriente, es decir, con una forma similar a un puente. Además, las realizaciones también son aplicables a las secciones de cerca de la capa límite, que, a los efectos de simplificar, también se denominaron secciones de cerca, cuando la cerca de la capa límite presenta una sección de cerca en el lado de succión y otra en el lado de presión.

50 En particular, la cerca de la capa límite cercana a la nariz de la pala, por ejemplo, respecto a una recta del perfil de la pala en el punto relevante, comienza entre un 5 y un 10 % detrás de la nariz de la pala. Aquí comienza la cerca de la capa límite o la sección de la cerca con una altura pequeña de 0 a 5 mm y luego aumenta continuamente hasta una altura de aproximadamente 15 mm, en particular, de aproximadamente 20 mm. Este aumento puede aumentar a
55 más de 30 mm en la primera cerca de la capa límite o en sus secciones de cerca. Preferiblemente, la cerca de la capa límite en su zona posterior, en particular, el tercio posterior, mantiene su altura constante, es decir, se mantiene constantemente alta. Como resultado, esto puede adaptarse a la posición de la capa límite y se evitan las alturas innecesariamente altas y, por lo tanto, superficies de intervención innecesarias y, en definitiva, esto permite ahorrar material en comparación con una variante con una altura constantemente alta.

60 Preferiblemente, de esta manera cada cerca de capa límite o sección de capa se diseña como un puente y este puente presenta una sección base y una sección posterior. Con la sección base se fija el puente sobre la superficie

de la pala del rotor, es decir, en el lado de succión o el lado de presión, y el otro lado libre del puente constituye la sección posterior. La sección base sigue así el perfil de la pala. La sección posterior también tiene la forma del perfil de la pala pero en una posición diferente. Para este propósito, se usa una línea de contorno, que coincide con la forma del perfil de la pala, pero que gira/rota alrededor de un eje de giro/rotación con relación al perfil de la pala.

5 Estas vistas se basan en una sección de perfil en la zona de la cerca de la capa límite que se toma en consideración. Por lo tanto, se supone inicialmente una línea de contorno, que sigue el perfil de la pala, por ejemplo, en el lado de succión. Luego, teóricamente se aplica un eje de rotación, preferiblemente en la zona de la nariz de la pala. Entonces esta línea de contorno gira, teóricamente, alrededor de este eje de rotación, en particular, en un ángulo de aproximadamente 1 a 3 °, de modo que esta línea de contorno tiene un punto común en el eje de rotación
10 con el perfil de la pala, pero que por lo demás se aleja continuamente del perfil de la pala hacia atrás, es decir, en este ejemplo, del lado de succión. La cerca de la capa límite o la sección de la cerca de la capa límite se extiende así entre el perfil de la pala y esta línea de contorno girada.

En consecuencia, cuando se prevé una sección de cerca en el lado de presión, se usa la línea de contorno del lado
15 de presión y esta forma la extensión de la base del puente, y la línea de contorno girada forma la extensión de la parte posterior del puente. La dirección de giro alrededor del mismo eje es exactamente la opuesta a la de la cerca de la capa límite del lado de succión.

En la zona frontal de la nariz de la pala, es decir, en particular en el rango de 5 a 10 % con respecto a la recta de la
20 pala, la altura del puente sería tan baja que no sería necesario formar el puente allí sino que sería suficiente si el puente comenzara a la altura de la nariz de la pala. Esto es válido tanto para el lado de succión como para el lado de presión.

Preferiblemente, la altura de la cerca de la capa límite se basa en dos a cinco veces, en particular, en tres a cuatro
25 veces el tamaño del espesor de desplazamiento de la capa límite en la zona correspondiente.

Además, también se ha reconocido que una altura pequeña de la cerca de la capa límite respecto a la nariz de la
30 pala puede ser suficiente porque las interrupciones de corriente que deben evitarse con las medidas propuestas se producen solo en la zona media o incluso posterior de la pala o del perfil de la pala. Por consiguiente, es ventajosa una altura más alta de la cerca de la capa límite con una posición cada vez mayor respecto al borde posterior.

Otra forma de realización propone que la primera y la segunda cerca de la capa límite presenten diferentes alturas,
en particular, que presenten diferentes alturas medias. En la medida en que las cercas de la capa límite se diseñan
35 como un puente de respaldo, que sigue la línea de perfil girada, a lo largo de toda la longitud del puente resulta una altura mayor de la primera cerca de la capa límite en comparación con la segunda cerca de la capa límite. Como comparación, se usa a los efectos de simplificación una altura media de las dos cercas de la capa límite, que puede ser, por ejemplo, una media aritmética de la altura de la extensión de la cerca de la capa límite respectiva. Si la cerca de la capa límite también presenta una sección de cerca en el lado de presión, estas consideraciones y descripciones se aplicarán de forma análoga a la altura de la sección de cerca respectiva.

40 En cualquier caso, se propone que la primera cerca de la capa límite, es decir, la que está dispuesta más cerca del cubo del rotor se disponga, al menos un 30 %, en particular, al menos un 50 % más alta que la segunda cerca de la capa límite. Se reconoció que para la cerca de la capa límite exterior una altura pequeña es suficiente, lo que puede ser aerodinámicamente ventajoso.

45 Preferiblemente, se proporcionan además generadores de vórtices. Este tipo de generadores de vórtices, que están dispuestos aproximadamente en el tercio frontal de la nariz de la pala y están ubicados preferiblemente en el lado de succión de la pala del rotor, pueden contrarrestar un efecto de desprendimiento, es decir, una interrupción de la corriente en el perfil de la pala. En particular, pueden causar que la posición de dicha interrupción de la corriente se
50 desplace más hacia el borde posterior y de esta manera se reduzcan las desventajas aerodinámicas causadas por la interrupción de la corriente. Si se logra, desplazar esta interrupción de la corriente, teóricamente, hasta el borde posterior, no ocurrirá más en la realidad.

Preferiblemente, se propone que estos generadores de vórtices estén dispuestos solo entre la primera y la segunda
55 cerca de la capa límite. Su efecto se limita así a esta zona y este es protegido también por las cercas de la capa límite a la zona exterior o interior de la pala del rotor. En particular, esto también tiene en cuenta el problema de que este tipo de generadores de vórtices pueden ser una fuente no deseada de ruido. La disposición exclusiva en esta zona entre las dos cercas de la capa límite, por lo tanto, permite limitar/limita el nivel de ruido evitando ocupar innecesariamente demasiado espacio en dirección radial con generadores de vórtices.

60 Preferiblemente, la pala del rotor está diseñada para una turbina de viento suave, es decir, para una turbina eólica prevista para una ubicación con vientos suaves. Por lo tanto, las soluciones propuestas abordan en particular el

rango medio problemático de una pala de rotor de este tipo de turbina de viento suave.

Preferiblemente, se usa una pala de rotor que presenta su mayor profundidad de perfil directamente en la raíz de su pala para su fijación al cubo del rotor. Por lo tanto, no se utiliza una pala de rotor que se vuelve a hacer más angosta hacia el cubo y que presenta una zona sustancialmente cilíndrica que no está diseñada como perfil de pala. En otras palabras, las presentes soluciones, por lo tanto, no afectan ningún efecto que se produzca entre una zona de perfil de la pala del rotor y una zona sin perfil de la pala del rotor, es decir, una raíz de la pala cilíndrica.

Según la invención, también se propone una turbina eólica que está equipada con una o más palas de rotor según al menos una de las formas de realización descritas anteriormente. En particular, se propone una turbina eólica con tres palas de rotor, de las cuales cada pala de rotor está diseñada como se propone según una de las formas de realización anteriores.

Una pala de rotor preferida de una turbina eólica presenta una raíz de pala de rotor para conectar la pala de rotor a un cubo de rotor y un lado que está alejado de la punta de la pala de rotor. En este caso, un espesor de perfil relativo, que se define como la relación entre el espesor del perfil y la profundidad del perfil, presenta un máximo local en una zona media entre la raíz de la pala del rotor y la punta de la pala del rotor. De aquí en adelante se entiende por profundidad del perfil la longitud del perfil, es decir, la distancia entre la nariz del perfil y el borde posterior del perfil. El espesor del perfil se refiere a la distancia entre el lado superior y el lado inferior del perfil. Por lo tanto, el espesor relativo del perfil presenta un valor bajo si el espesor del perfil es pequeño y/o la profundidad del perfil es grande.

El espesor relativo del perfil presenta un máximo local entre la raíz de la pala del rotor y la punta de la pala del rotor. El máximo local se encuentra en la zona media entre la raíz de la pala del rotor y la punta de la pala del rotor, preferiblemente en un rango de 30 a 60 % de la longitud total de la pala del rotor, medido desde la raíz de la pala del rotor hasta la punta de la pala del rotor. Con una longitud total de, por ejemplo, 60 metros, el máximo local se encuentra por lo tanto preferiblemente en un rango entre 18 metros y 36 metros. Por lo tanto, el espesor relativo del perfil primero disminuye a partir de la raíz de la pala del rotor y luego aumenta nuevamente en la zona media hasta el máximo local, es decir, hasta un punto cercano al cual el espesor relativo del perfil no presenta un valor más alto. El máximo local en la zona media de la pala del rotor se logra, en particular, por el hecho de que la profundidad del perfil disminuye radicalmente a partir de la raíz de la pala del rotor hasta la zona media. Al mismo tiempo o alternativamente, el espesor del perfil se puede aumentar o no disminuir tanto como la profundidad del perfil. Esto permite ahorrar material, en particular, entre la raíz de la pala del rotor y la zona central, y por lo tanto, también ahorrar peso. Al aumentar el espesor del perfil, se genera una gran estabilidad de la pala del rotor.

Se ha reconocido que una disminución en la profundidad del perfil en la zona media, aunque puede resultar en una reducción de la capacidad de carga, al mismo tiempo permite una reducción en el peso de la pala del rotor. Las posibles desmejoras en la eficiencia de la pala del rotor son la consecuencia inevitable de lograr menos peso. Sin embargo, en la zona media, con la mayor eficiencia posible, la atención se centra más en la estabilidad y la rigidez, y en el exterior, la atención se centra más en la alta eficiencia. Por lo tanto, se propone un perfil en el que la profundidad del perfil disminuye desde la zona media hacia afuera en dirección de la punta de la pala del rotor al menos en menor medida que en la zona media.

El espesor relativo del perfil del máximo local es preferiblemente del 35 % al 50 %, en particular, del 40 % al 45 %. Por lo general, el espesor relativo del perfil en la raíz de la pala del rotor comienza en un valor de 100 % a 40 %. Un valor de aproximadamente el 100 % significa que el espesor del perfil es aproximadamente idéntico a la profundidad del perfil. Después de eso, el valor desciende monótonamente. En una forma de realización de la invención, el valor disminuye partiendo de la raíz de la pala del rotor hasta que alcanza un mínimo local. Después del mínimo local, el espesor relativo del perfil aumenta hasta aproximadamente 35 % a 50 %.

En una forma de realización preferida, la pala del rotor en la zona central y/o en la zona del máximo local presenta una profundidad de perfil de 1500 mm a 3500 mm, en particular, aproximadamente de 2000 mm. Si la pala del rotor en el zona de la raíz de la pala del rotor presenta una profundidad de perfil de aproximadamente 6000 mm, la profundidad del perfil disminuye, es decir, aproximadamente hasta la zona media y/o hasta la zona del máximo local aproximadamente un tercio.

Preferiblemente, la pala del rotor está diseñada para una velocidad relativa en un rango de 8 a 11, preferiblemente de 9 a 10. La velocidad relativa se define como la relación entre la velocidad periférica en la punta de la pala del rotor y la velocidad del viento. Se pueden alcanzar velocidades relativas de diseño combinadas con un alto coeficiente de rendimiento mediante palas giratorias delgadas y rápidas.

En una forma de realización adicional, la pala del rotor en un rango de 90 % a 95 % de la longitud total de la pala del

rotor, medida desde la raíz de la pala del rotor hasta la punta de la pala del rotor, presenta una profundidad de perfil que equivale aproximadamente a entre un 5 % y un 15 %, en particular, aproximadamente al 10 % de la profundidad de perfil en la zona de la raíz de la pala del rotor.

- 5 Este tipo de profundidad de perfil reducida en la zona de la punta de la pala del rotor reduce las cargas que actúan sobre la ingeniería mecánica y la torre, en particular, las cargas aerodinámicas. Básicamente se propone una pala de rotor relativamente delgada.

- 10 En una forma de realización preferida, la pala del rotor en la raíz de la pala del rotor presenta una profundidad de perfil de al menos 3900 mm, en particular, en un rango de 3000 mm a 8000 mm y/o en el rango del 90 % al 95 % de la longitud total, en particular, al 90 %, partiendo de la raíz de la pala del rotor una profundidad de perfil de como máximo 1000 mm, en particular, en un rango de 700 mm a 300 mm.

- 15 La pala del rotor presenta preferiblemente una profundidad de perfil en la zona media, en particular, en el 50 % de la longitud total de la pala del rotor y/o en la zona del máximo local que equivale a aproximadamente entre un 20 % y un 30 %, en particular, aproximadamente a un 25 % de la profundidad de perfil en la zona de la raíz de la pala del rotor. Por ejemplo, si la profundidad de perfil en la zona de la raíz de la pala del rotor es de 6000 mm, la profundidad de perfil en la zona del máximo local y/o en la zona central equivale solo a aproximadamente 1500 mm. Esta rápida disminución en la profundidad de perfil desde la raíz de la pala del rotor hasta la zona media da como resultado un
20 perfil delgado con cargas bajas, especialmente, cargas aerodinámicas. Las cargas son más bajas que en otras palas de rotor conocidas. En los perfiles conocidos, la profundidad de la pala del rotor generalmente disminuye sustancialmente de forma lineal. Como resultado, en particular entre la raíz de la pala del rotor y la zona central, existe una mayor profundidad de perfil y, por lo tanto, más material.

- 25 Preferiblemente, se propone una turbina eólica para una ubicación con vientos suaves con al menos una pala de rotor según al menos una de las realizaciones anteriores. Este tipo de turbina eólica es económicamente eficiente gracias a, al menos, una pala de rotor delgada de rotación rápida por su alta velocidad relativa de diseño y su alto coeficiente de rendimiento. Por lo tanto, la turbina eólica es particularmente adecuada para funcionar en el rango de carga parcial y/o para vientos suaves y, por lo tanto, también para ubicaciones en el interior. La turbina eólica
30 presenta preferiblemente tres palas de rotor.

A continuación, la invención se explica a modo de ejemplo mediante los ejemplos de realización, en relación con las figuras incluidas. Las figuras contienen representaciones esquemáticas parcialmente simplificadas.

- 35 La figura 1 muestra una representación esquemática de una pala de rotor.

La figura 2 muestra un diagrama en el que el espesor relativo del perfil se representa cualitativamente más oscuro que el radio de rotor normalizado.

- 40 La figura 3 muestra un diagrama en el que la profundidad se representa cualitativamente mediante el radio.

La figura 4 muestra un diagrama en el que el espesor se representa cualitativamente mediante el radio.

La figura 5 muestra una vista en perspectiva de una turbina eólica.

- 45 La figura 6 muestra una vista lateral de una pala de rotor.

La figura 7 muestra otra vista lateral de la pala del rotor de la figura 6.

- 50 La figura 8 muestra un coeficiente de rendimiento local c_{p_loc} cualitativamente para dos estados dependiendo de la posición radial en la pala del rotor.

La figura 9 muestra una vista axial de la pala del rotor de la primera y la segunda cerca de la capa límite.

- 55 La figura 10 muestra dos vistas de una pala de rotor.

La figura 11 muestra una vista en perspectiva de una parte de una pala de rotor.

La figura 12 muestra una vista en perspectiva de algunos generadores de vórtices a modo de ejemplo.

- 60 La figura 1 muestra una distribución de diferentes geometrías de perfil de una pala de rotor 1 de una forma de realización. Los espesores de perfil 2 y las profundidades de perfil 3 se muestran en secciones en la pala del rotor 1.

La pala del rotor 1 presenta en un extremo la raíz de la pala del rotor 4 y en el extremo que se aleja de este, una zona de conexión 5 para acoplar una punta de la pala del rotor. En la raíz de la pala del rotor 4, la pala del rotor presenta una gran profundidad de perfil 3. Sin embargo, en la zona de conexión 5, la profundidad de perfil 3 es mucho menor. La profundidad de perfil disminuye claramente partiendo desde la raíz de la pala del rotor 4, que también puede denominarse raíz del perfil 4, hasta una zona media 6. En la zona media 6, se puede prever un punto de separación (que aquí no se muestra). Desde la zona media 6 hasta la zona de conexión 5, la profundidad del perfil 3 es casi constante. Se muestra una pala del rotor 1 que está prevista para acoplar una punta de pala del rotor pequeña, que constituye menos del 1 % de la longitud de la pala del rotor 1 que se muestra, y, por lo tanto, aquí puede ignorarse.

10

La figura 2 muestra un diagrama en el que en cada caso el espesor relativo del perfil mediante el radio de rotor normalizado se representa para dos palas de rotor diferentes de una turbina eólica. El espesor relativo del perfil, es decir, la relación entre el espesor del perfil y la profundidad del perfil, se puede especificar en %, por lo que depende de la extensión cualitativa y, por lo tanto, no se representa gráficamente ningún valor. A los efectos de proporcionar una referencia se muestran solo los valores para 38 % y 45 %. El radio del rotor aquí se refiere en cada caso a un rotor con al menos una pala de rotor montada en un cubo de rotor del rotor. La longitud de la pala del rotor respectivo se extiende desde la raíz de la pala del rotor hasta la punta de la pala del rotor. La pala del rotor comienza con la raíz de la pala del rotor aproximadamente a un valor de 0,05 del radio de rotor normalizado y acaba en la punta de la pala del rotor en el valor 1 del radio de rotor normalizado. En la zona de la punta de la pala del rotor, el valor del radio de rotor normalizado equivale aproximadamente a la longitud porcentual de la pala del rotor correspondiente. En particular, el valor 1 del radio de rotor normalizado es igual al 100 % de la longitud de la pala del rotor.

Se pueden ver dos gráficos 100 y 102 en el diagrama. El gráfico 100 ilustra el desarrollo del espesor relativo del perfil de una turbina eólica para una ubicación con vientos suaves y el gráfico 102 ilustra el desarrollo de turbina eólica para ubicaciones con velocidades de viento promedio más altas. Se puede ver a partir de los gráficos que el perfil del espesor relativo del perfil del gráfico 102 disminuye sustancialmente de forma monótona. El gráfico 102 comienza en la zona de la raíz de la pala del rotor, es decir, entre un radio de rotor normalizado de 0,0 y 0,1 con un espesor de perfil relativo de menos del 45 %. Los valores del espesor relativo del perfil disminuyen de forma constante.

El gráfico 100 de la turbina eólica de viento suave comienza con un espesor de perfil relativo significativamente mayor. Y cae a aproximadamente el 15 % de la posición de rotor normalizada por debajo de la marca indicada del 45 % del espesor relativo del perfil y sale de este rango solo a aproximadamente el 50 % del radio normalizado. En una posición radial normalizada de aproximadamente el 45 %, la diferencia del espesor relativo del perfil entre la turbina eólica de viento suave del gráfico 100 y la turbina eólica de viento fuerte del gráfico 102 es mayor.

Por lo tanto, la ilustración muestra que, en el caso de la turbina de viento suave, la disminución del espesor relativo se desplaza muy hacia afuera, en comparación con la turbina de viento fuerte. Especialmente para el rango de 40 % a 45 %, donde el espesor relativo es mayor en comparación con la turbina eólica de viento fuerte, se propone prever aquí cercas límite que puedan limitar esta zona y/o generadores de vórtices.

La figura 3 muestra un diagrama que representa cualitativamente la profundidad de perfil, en el diagrama llamada simplemente profundidad, en función del radio de rotor, cuyos valores están normalizados respecto al radio máximo del respectivo rotor subyacente. El gráfico 200 muestra la curva de una turbina eólica de viento suave en la que también se basa la ilustración de la figura 2, mientras que el gráfico 202 muestra la curva de una turbina eólica de viento fuerte, en la que también se basa la Figura 2. Se puede ver aquí que la turbina eólica de viento suave presenta una profundidad relativamente pequeña en una etapa muy temprana, ya en la mitad del radio total, en comparación con la turbina eólica de viento fuerte.

50

La figura 4 muestra un diagrama en el que las profundidades de perfil de la figura 3 se muestran en cada caso como el espesor de perfil, en el diagrama denominado simplemente espesor. También aquí los gráficos 300 de la turbina de viento suave y 402 de la turbina de viento fuerte se representan solo cualitativamente mediante el radio normalizado. Los gráficos 100, 200 y 300, por un lado, y los gráficos 102, 202 y 402 se basan en la misma turbina eólica.

Se puede ver que las curvas de espesor 300 y 302 son muy similares para ambos tipos de turbina con el fin de garantizar la respectiva estabilidad estructural. Sin embargo, para la turbina de viento suave, ahora se especifica una profundidad menor en la zona exterior del rotor para tener en cuenta las condiciones especiales, como muestra el gráfico 200 de la figura 3 en comparación con el gráfico 202. Esto da como resultado la curva característica del espesor relativo según el gráfico 100 con una meseta en la zona de aproximadamente el 40 %, como muestra la figura 2.

60

La figura 5 muestra una turbina eólica 400 con una torre 402 construida sobre un fundamento 403. En el extremo superior opuesto a la base 403 se encuentra una góndola 404 (sala de máquinas) con un rotor 405 que consiste esencialmente en un cubo de rotor 406 y palas de rotor 407, 408 y 409 acopladas a este. El rotor 405 está acoplado a un generador eléctrico situado dentro de la góndola 404 para convertir el trabajo mecánico en energía eléctrica. La góndola 404 está montada de forma giratoria en la torre 402, cuyo fundamento 403 proporciona la estabilidad necesaria.

La figura 6 muestra una vista lateral de la longitud total l , es decir, de 0 % a 100 % de una pala de rotor 500 de una forma de realización. La pala del rotor 500 presenta en un extremo la raíz de la pala del rotor 504 y en el extremo que se aleja de este, una punta de la pala del rotor 507. La punta de la pala del rotor 507 está conectada en una zona de conexión 505 con el resto de la pala del rotor. En la raíz de la pala del rotor 504, la pala del rotor presenta una gran profundidad de perfil. Sin embargo, en la zona de conexión 505 y en la punta de la pala del rotor 507, la profundidad de perfil es mucho menor. La profundidad de perfil disminuye claramente partiendo desde la raíz de la pala del rotor 504, que también puede denominarse raíz del perfil 504, hasta una zona media 506. En la zona media 506, se puede prever un punto de separación (que aquí no se muestra). Desde la zona media 506 hasta la zona de conexión 505, la profundidad del perfil es casi constante.

La pala del rotor 500 presenta una forma dividida en dos partes en la zona de la raíz de la pala del rotor 504. La pala de rotor 500 consiste así en un perfil base 509, en el cual se dispone otra sección 508 para aumentar la profundidad de la pala de rotor 500 en la zona de la raíz 504 de la pala de rotor. La sección 508 está adherida, por ejemplo, al perfil base 509. Este tipo de forma dividida en dos partes es más fácil de manejar cuando se transporta al sitio de instalación y más fácil de fabricar.

Además, en la figura 6 se puede ver una zona de conexión de cubo 510. A través de la zona de conexión del cubo 510, la pala del rotor 500 se conecta al cubo del rotor.

La figura 7 muestra otra vista lateral de la pala de rotor 500 de la figura 6. Se puede ver la pala del rotor 500 con el perfil base 509, la sección 508 para aumentar la profundidad de la pala del rotor, la zona media 506, la raíz de la pala del rotor 504 y la zona de conexión del cubo 510 y la zona de conexión 505 a la punta de la pala del rotor 507. La punta de la pala del rotor 507 está diseñada como una llamada aleta. Como resultado, en la punta de la pala del rotor se reducen los vórtices.

Las figuras 1 a 7 ilustran una pala de rotor o una turbina eólica, primero, sin ilustrar las cercas de la capa límite y también sin ilustrar los generadores de vórtices. La figura 8 ilustra un problema que puede ocurrir con una pala basada en una turbina eólica. La ilustración muestra dos curvas diferentes del coeficiente de rendimiento local, representadas gráficamente de forma cualitativa por el radio relativo de la pala del rotor, a saber, del radio actual r con respecto al radio máximo R del rotor subyacente. Por lo tanto, el valor 1, es decir, 100 %, equivale a la posición de la punta de la pala y el valor 0, es decir, 0 %, al eje de rotación del rotor subyacente. Como la hoja no llega a cero, la representación comienza en aproximadamente 0,15. La investigación se basa en una velocidad relativa de 9 ($\lambda = 9$).

Las dos curvas son resultados de simulación de una simulación de corriente numérica tridimensional. Estas muestran el coeficiente local de rendimiento cuantitativamente en dos palas de rotor iguales pero contaminadas de manera diferente. La curva superior 700 muestra el resultado en una pala de rotor esencialmente óptima, que, en particular, no presenta suciedad. A esto siempre se le asigna el rótulo "laminar-turbulento". La curva inferior 701 muestra el resultado para básicamente la misma pala del rotor, pero sin condiciones óptimas, es decir, con suciedad, que también puede incluir lluvia o gotas de lluvia en la pala. En la figura 8 a esto se le asigna el rótulo "completamente turbulento".

En condiciones desfavorables en una zona media de la pala del rotor puede producirse un desmoronamiento del coeficiente de rendimiento local.

La figura 9 muestra una primera cerca de capa límite 810 y una segunda cerca de capa límite 820. Ambas presentan una sección del lado de succión 811 y 821, y una sección del lado de presión 812 y 822, respectivamente. Cada una de estas secciones 811, 812, 821 y 822 está diseñada como un puente y presenta una sección base B y una sección posterior R, que a los efectos de la simplificación aquí se designan con las mismas letras para enfatizar su similitud funcional. De esta manera, cada sección base B identifica simultáneamente el perfil de la pala en la respectiva sección de perfil que se muestra, es decir, para el lado de succión 801 y el lado de presión 802, respectivamente. Todas las secciones de cerca 811, 812, 821 y 822 aumentan continuamente en altura desde una zona cercana a la nariz de la pala del rotor 803 hasta el borde posterior 804. Los números de referencia 801 a 804 son los mismos para ambas cercas de capa límite 810 y 820 porque se relacionan con la misma pala del rotor, que se muestra solo

en las dos vistas de la figura 9 en diferentes posiciones radiales.

La figura 9 muestra también, en ambas cercas de capa límite 810 y 820, un eje de rotación 806 que gira alrededor del contorno del lado de presión y del lado de succión para obtener el contorno de la respectiva sección trasera R. Esto se ilustra solo en la primera cerca de la capa límite 810 y se ilustra allí solo en la sección del lado de succión 811, pero es análogo a la sección de presión 812 y también a la cerca de la capa límite 820, es decir,

las respectivas secciones del lado de succión 821 y del lado de presión 822 se pueden representar gráficamente de forma análoga.

De esta manera el contorno de la sección posterior R gira alrededor del ángulo de rotación α , y esto se hace sentir con mayor fuerza en la zona del extremo 808. El ángulo de rotación α puede ser diferente para las diferentes secciones de capa límite 811, 812, 821 y 822. Por lo tanto, este diseño da a las secciones de cerca una altura h respecto a la superficie de la pala respectiva. La altura h cambia a lo largo del puente respectivo, es decir, aumenta desde la punta de la hoja 803 hasta el borde posterior 804. Por lo tanto, esta altura h varía a lo largo del puente respectivo y también puede ser diferente en las diferentes secciones de cerca 811, 812, 821 y 822. Sin embargo, para ilustrar las relaciones funcionales, se ha elegido la variable h para cada sección de cerca 811, 812, 821 y 822.

La figura 10 muestra dos vistas de una pala de rotor 800: una vista desde arriba del lado de succión 801 y una vista desde arriba del lado de presión 802. En este caso, la pala del rotor 800 se muestra desde la zona de la raíz 807 hasta la punta de la pala 808 y la respectiva vista desde arriba se refiere a la zona de la punta de la pala 808. La zona de la raíz 807 está girada de hasta 45 a 50 ° respecto a la zona de la punta de la pala 808 de modo que la zona de la raíz 807 no parece constituir la zona más ancha, es decir, la mayor profundidad de perfil, pero esto es solo un fenómeno de perspectiva en esta zona girada.

La figura 10 muestra la posición de la primera cerca de capa límite 810 y la segunda cerca de capa límite 820 y, por lo tanto, la posición de las dos secciones de cerca de succión 811 y 821 y las secciones de cerca de presión 812 y 822. En el ejemplo que se muestra, se usa una pala de rotor 800 de un rotor con un radio de 46 m. La primera cerca de la capa límite 810 está dispuesta en una posición de 15 m con respecto al radio del rotor y la segunda cerca de capa límite 820 está dispuesta en una posición de 25 m.

La figura 10 también muestra esquemáticamente una línea de posición del lado de succión y del lado de presión 851 y 852 respectivamente en el lado de succión 801 y en el lado de presión 802, cada una de las cuales indica una línea a lo largo de la cual se van a colocar los generadores de vórtices 853 y 854 respectivamente. Los generadores de vórtices 853 y 854, que también se denominan generadores de Vortex, también están señalados y se pueden prever, en particular, en un número significativamente mayor que el que se muestra. En cualquier caso, esta configuración muestra generadores de vórtice 853 en el lado de succión 801 solo en la zona entre la primera y la segunda cerca de capa límite 810 y 820. Por lo tanto, también se prevén generadores de vórtices 854 en el lado de presión 802, que también se puede disponer allí fuera de la zona entre las dos cercas de la capa límite 810 y 820 hasta la raíz de la pala 807.

La representación en perspectiva de la figura 11 muestra básicamente una sección de la pala del rotor 800 que muestra esencialmente el lado de succión 801 de la pala del rotor 800. Se puede ver la posición y la configuración de las secciones de la cerca de la capa límite del lado de succión 811 y 821. Además, se muestra claramente la disposición de los generadores de vórtices 853 entre estas secciones de cerca 811 y 821. Hacia la punta de la pala del rotor 803, las cercas de la capa límite o las secciones de la cerca 821 y 811 se van haciendo más pequeñas y se hacen más grandes hacia el borde posterior 804, es decir, presentan una altura mayor que hacia la nariz de la pala del rotor 803.

Las cercas de la capa límite se montan preferiblemente en un plano de sección de pala que está en un ángulo de 90 ° con respecto al eje longitudinal de la pala del rotor. Una desviación relacionada con su fabricación no debe exceder un ángulo de tolerancia de 2 a 5 °, de modo que el borde final de las cercas de la capa límite, es decir, la zona que apunta al borde posterior de la pala, no esté girado más que este ángulo de tolerancia hacia el cubo.

La figura 12 muestra una vista en perspectiva de algunos generadores de vórtices 870. La dirección de entrada de la corriente se indica esquemáticamente por una flecha 872. Los generadores de vórtices están diseñados forma aproximadamente triangular con un cuerpo plano, que está orientado perpendicularmente a la superficie de la pala 874 y, por lo tanto, oblicuamente a la dirección de entrada de la corriente 872 y, por lo tanto, está inclinado a la dirección de movimiento de la pala del rotor. En este caso, la inclinación se alterna de un generador de vórtices 870 al otro. Los generadores de vórtices presentan una inclinación que se va alternando respecto a la dirección de entrada de la corriente de viento. Además, por su naturaleza y su orientación, los generadores de vórtices funcionan como una aleta de tiburón, es decir, una aleta de tiburón, excepto por que la aleta de tiburón no está en posición

oblicua a la dirección de entrada de la corriente. Los generadores de vórtices 870 pueden colocarse en la superficie de la pala del rotor como una barra generadora de vórtices 876.

5 A continuación, se describirán las formas de realización aún más preferidas de una pala de rotor, cada una de las cuales, como se ha explicado anteriormente para otras formas de realización, se puede prever con dos cercas de la capa límite y opcionalmente con generadores de vórtices como se describe.

Forma de realización 1:

10 Pala del rotor (1) de una turbina eólica, que comprende:

- una raíz de la pala del rotor (4) para conectar la pala del rotor (1) a un cubo del rotor y
- una punta de la pala del rotor dispuesta en el lado más alejado de la raíz de la pala del rotor (4),

15 en la que un espesor de perfil relativo (2), que se define como la relación entre el espesor del perfil (2) y la profundidad del perfil (3), presenta un máximo local en una zona media (6) entre la raíz de la pala del rotor y la punta de la pala del rotor.

Forma de realización 2:

20

Pala de rotor (1) según la forma de realización 1, caracterizada por que el espesor relativo del perfil (2) del máximo local es del 35 % al 50 %, en particular, del 40 % al 45 %.

Forma de realización 3:

25

Pala del rotor (1) según la forma de realización 1 o 2, caracterizada por que la pala del rotor (1) en la zona del máximo local presenta una profundidad de perfil de 1500 mm a 3500 mm, en particular, aproximadamente de 2000 mm.

30 Forma de realización 4:

Pala de rotor (1) según una de las formas de realización anteriores,

35 caracterizada por que la pala del rotor (1) está diseñada para una velocidad relativa en un rango de 8 a 11, preferiblemente, de 9 a 10.

Forma de realización 5:

40 Pala de rotor (1) según una de las formas de realización anteriores,

caracterizada por que la pala del rotor (1), en un rango de 90 % a 95 % de la longitud total de la pala del rotor, medida desde la raíz de la pala del rotor hasta la punta de la pala del rotor, presenta una profundidad de perfil (3) que equivale aproximadamente a entre un 5 % y un 15 %, en particular, aproximadamente al 10 % de la profundidad de perfil (3) en la zona de la raíz de la pala del rotor (4) y/o

45

que la pala del rotor del 5 % al 25 % de la longitud total de la pala del rotor, preferiblemente del 5 % al 35 %, en particular, desde la raíz de la pala del rotor hasta la zona central, presenta una curva de espesor lineal.

Forma de realización 6:

50

Pala de rotor (1) según una de las formas de realización anteriores,

55 caracterizada por que la pala del rotor (1) en la raíz de la pala del rotor (4) presenta una profundidad de perfil (3) de al menos 3900 mm, en particular, en un rango de 3000 mm a 8000 mm, y/o en el rango del 90 % al 95 % de la longitud total en particular

al 90 %, partiendo desde la raíz de la pala del rotor (4), una profundidad de perfil (3) de no más de 1000 mm, en particular, en un rango de 700 mm a 300 mm.

60 Forma de realización 7:

Pala de rotor (1) según una de las formas de realización anteriores,

caracterizado por que la pala del rotor (1) en la zona media presenta una profundidad de perfil que equivale aproximadamente a entre el 20 % y el 30 %, en particular, aproximadamente al 25 %, de la profundidad de perfil en la zona de la raíz de la pala del rotor (4)

5

REIVINDICACIONES

1. Pala de rotor de un rotor aerodinámico de una turbina eólica que comprende:
- 5 - Al menos una primera y una segunda cerca de la capa límite (810, 820), en las que
- La primera cerca de la capa límite (810) está dispuesta en la pala del rotor en dirección radial respecto a un eje de rotación del rotor, en un rango del 25 % al 40 % del radio del rotor y
 - 10 - La segunda cerca de capa límite (820) está dispuesta en la pala del rotor en dirección radial respecto a un eje de rotación del rotor en un rango del 45 % al 60 % del radio del rotor,
- en la que la pala del rotor
- 15 - presenta, aproximadamente en la dirección de movimiento de la pala del rotor, una nariz de la pala (803) y
 - un borde posterior (804) que se aleja de la nariz de la pala (803), y
 - 20 - cada cerca de la capa límite (810, 820) o sección de cerca (811, 812, 821, 822) aumenta en altura (h) desde la nariz de la pala (803) hacia el borde posterior (804), caracterizada por que la cerca de la capa límite (810, 820) o la sección de cerca (811, 812, 821, 822) empieza cerca de la nariz de la pala (803) con una altura (h) de 0 a 5 mm y aumenta hasta el borde posterior (804) continuamente hasta una altura (h) de más de 15 mm, en particular, más de 20 mm, y por que la primera cerca de la capa límite (810) presenta
 - 25 una altura media (h) mayor que la segunda cerca de la capa límite (820).
2. Un procedimiento según la reivindicación 1, caracterizado por que
- 30 - la primera cerca de la capa límite (810) está dispuesta en la pala del rotor en dirección radial con respecto al eje de rotación del rotor, en un rango de 30 % a 35 %, y/o
 - la segunda cerca de la capa límite (820) está dispuesta en la pala del rotor en dirección radial con respecto al eje de rotación del rotor, en un rango de 50 % a 55 %.
3. Un procedimiento según una de las reivindicaciones mencionadas anteriormente, caracterizado por que
- 35 - la primera y la segunda cerca de la capa límite (810, 820) están dispuestas respectivamente en el lado de succión (801) de la pala del rotor o
 - 40 - la primera y la segunda cerca de capa límite (810, 820) presentan una sección de cerca (811, 812, 821, 822) cada una, en el lado de succión (801) y el lado de presión (802) de la pala del rotor.
4. Un procedimiento según una de las reivindicaciones mencionadas anteriormente, caracterizado por que
- 45 - cada cerca de la capa límite (810, 820) o sección de cerca (811, 812, 821, 822) está diseñada como un puente con
 - 50 - una sección base (B) y
 - una sección posterior (R), en la que,
 - respecto a una sección de perfil de la pala del rotor en la posición de la cerca límite respectiva,
 - 55 - la sección base (B) sigue el perfil de la pala y
 - la sección posterior (R) sigue una línea de contorno que coincide con el perfil de la pala pero desaparece frente al perfil de la pala, en la que
 - 60 - la línea de contorno está girada, en particular, alrededor de un eje giratorio (806) que se extiende a lo largo de la nariz de la pala (803) en un ángulo de disposición.

5. Pala de rotor según la reivindicación 4, caracterizada por que el ángulo de disposición se encuentra en el rango de 1 a 3 °.
- 5 6. Pala de rotor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la cerca de la capa límite presente una altura aproximada (h) que equivale al espesor de una capa límite y/o de 2 a 5 veces el tamaño del desplazamiento del límite en la zona.
7. Un procedimiento según una de las reivindicaciones mencionadas anteriormente, caracterizado por
10 que
- la altura media (h) de la primera cerca de la capa límite es al menos 30 %, en particular, al menos 50 % más alta que la altura media (h) de la segunda cerca de la capa límite.
- 15 8. Pala de rotor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que en el lado de succión (801) de la pala de rotor en el tercio delantero hacia la nariz de la pala, están dispuestos generadores de vórtices entre la primera y segunda cerca de capa límite (810, 820), en particular, exclusivamente entre la primera y la segunda cerca de la capa límite (810, 820).
- 20 9. Pala de rotor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que la pala de rotor está diseñada para una turbina eólica de viento suave y/o presenta su mayor profundidad de perfil directamente en la raíz de la pala para su fijación al cubo del rotor del rotor aerodinámico.
10. Pala de rotor según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizada por que su profundidad de
25 perfil relativa en relación con el eje de rotación del rotor en dirección radial,
- en un rango de 30 % a 50 %, presenta un valor de 35 % a 45 %, en particular,
 - en un rango de 35 % a 45 %, presenta un valor de 38 % a 45 % y/o
 - en un rango de 40 % a 55 %, especialmente, 45 % a 50 %, cae por debajo de un valor de 38 %.
- 30
11. Turbina eólica que comprende al menos una, en particular, tres palas de rotor según una de las reivindicaciones anteriores.
35

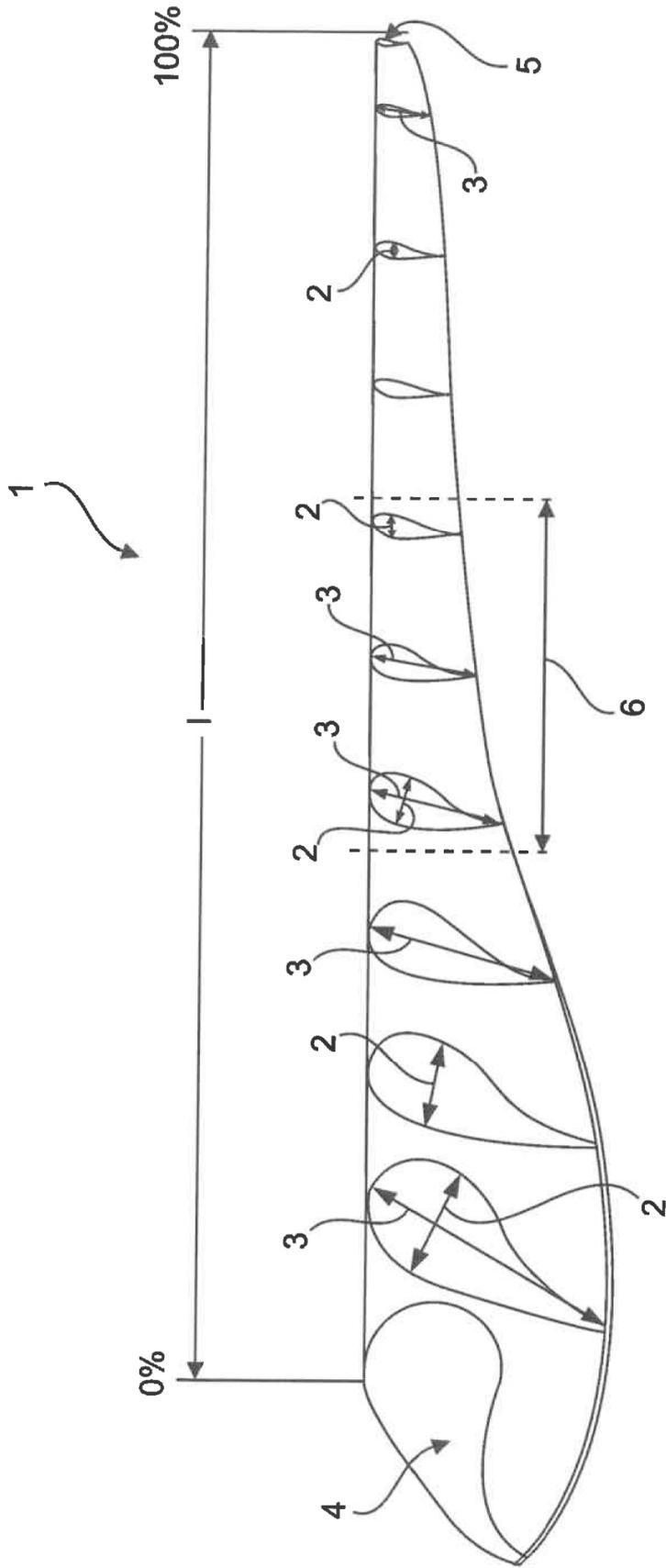


Fig.1

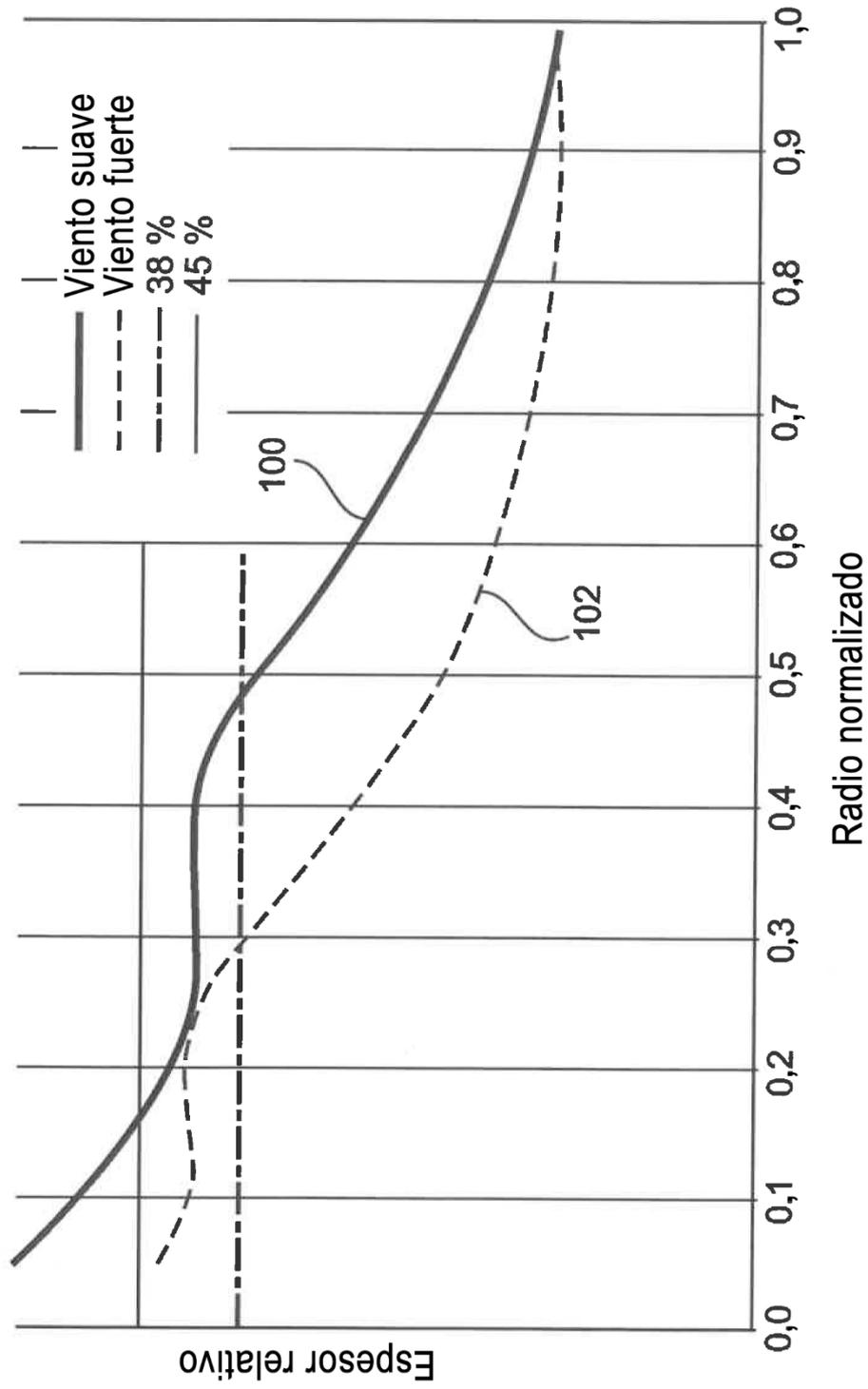


Fig. 2

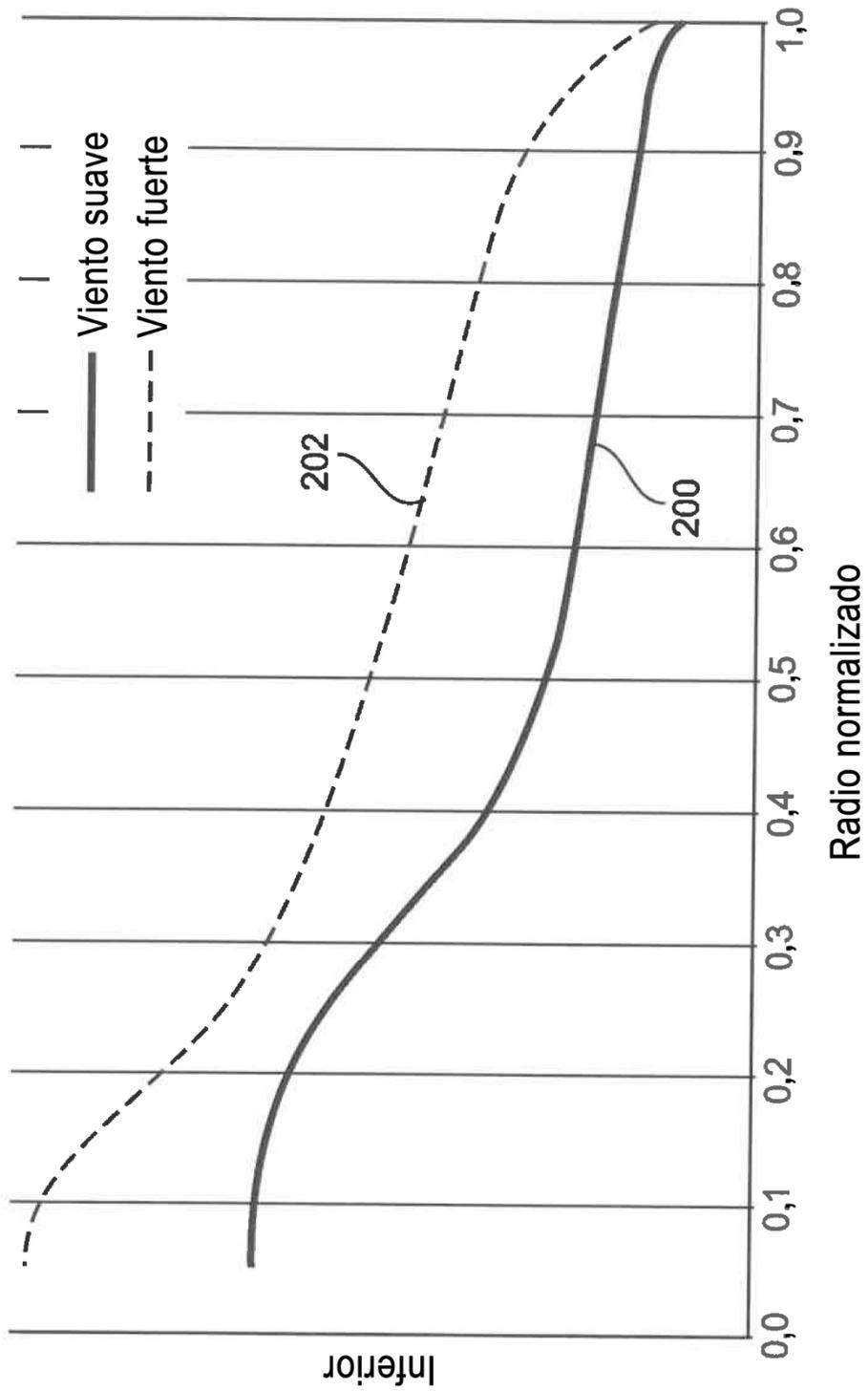


Fig. 3

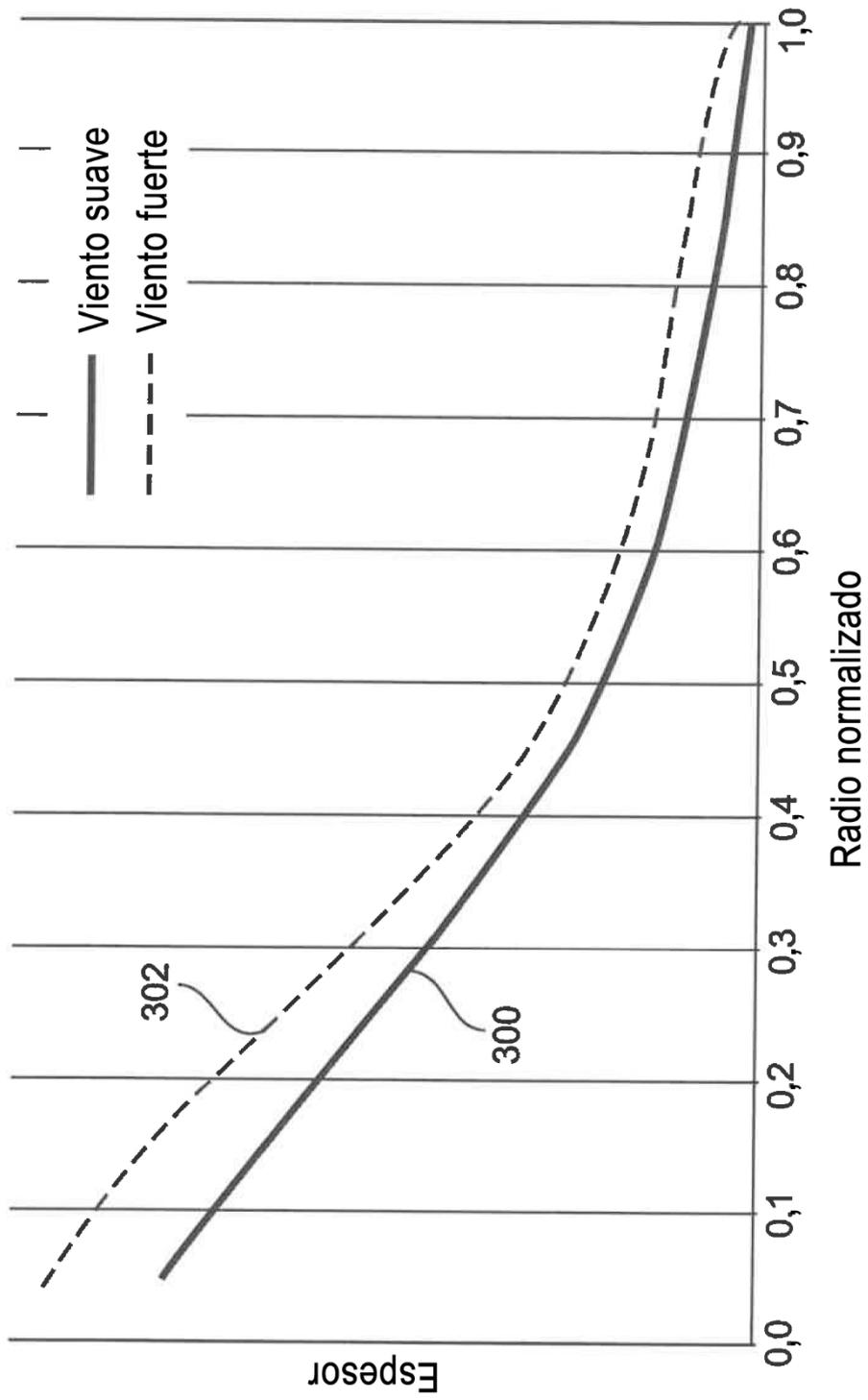


Fig.4

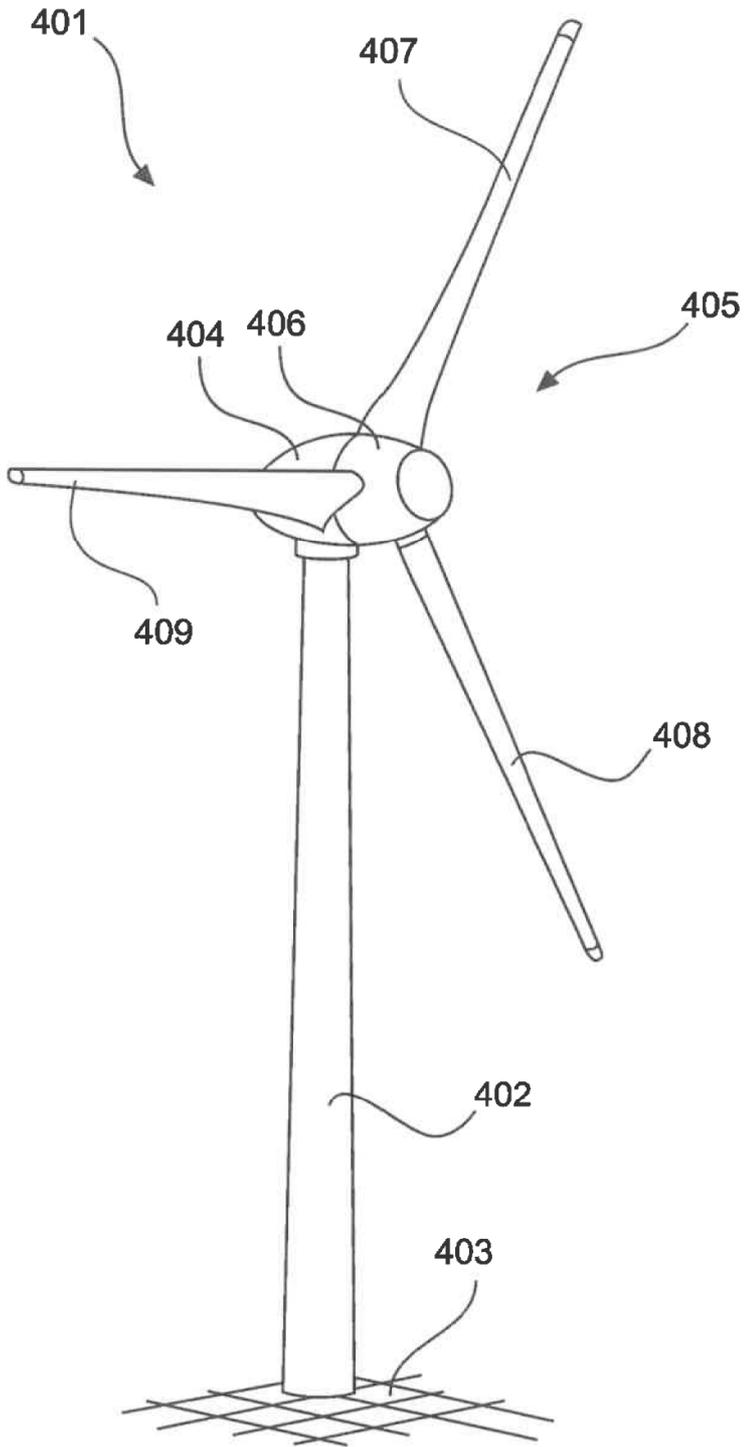


Fig. 5

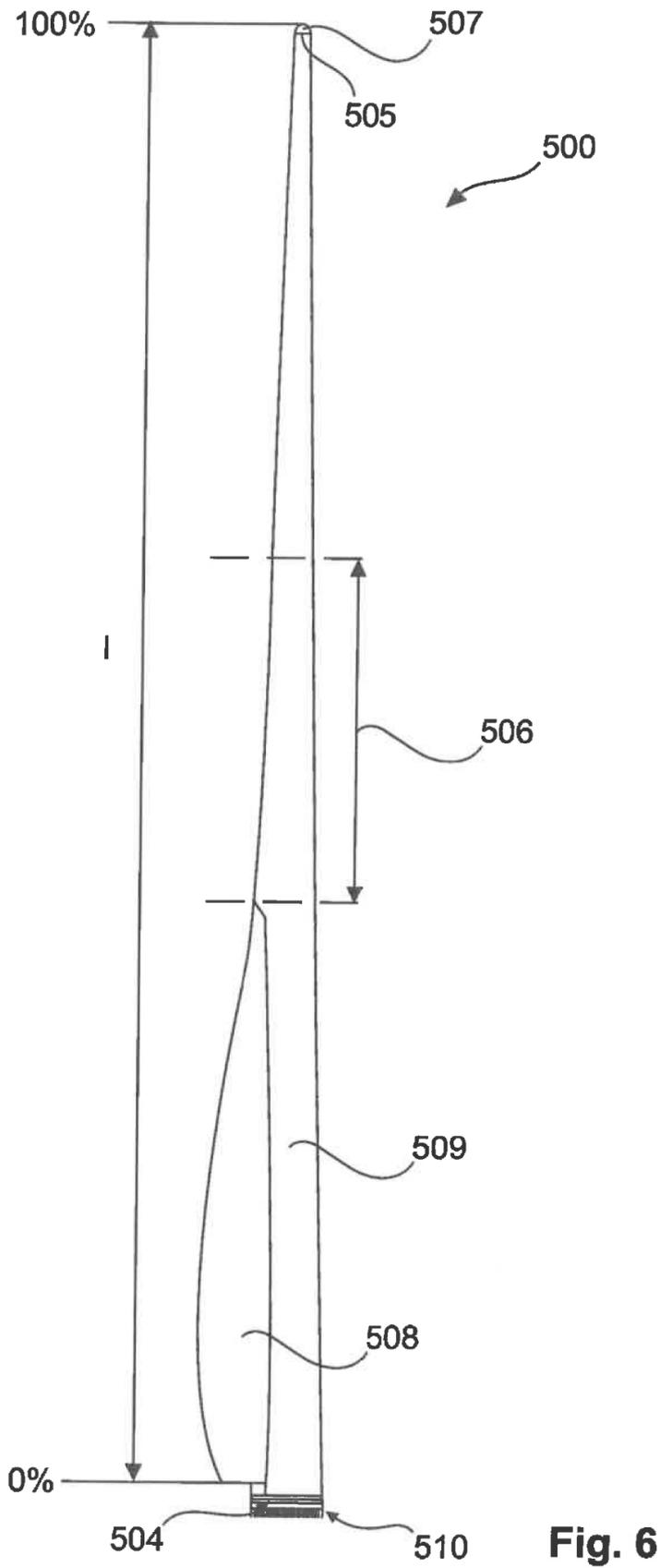


Fig. 6

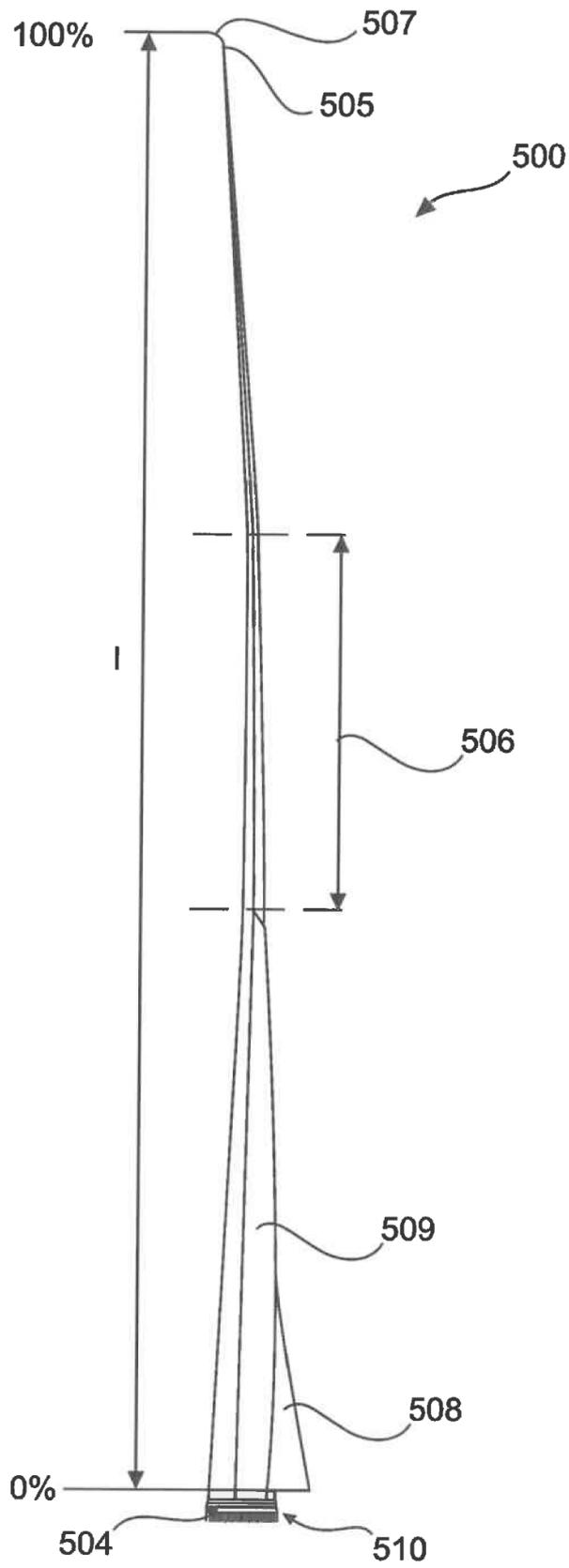


Fig. 7

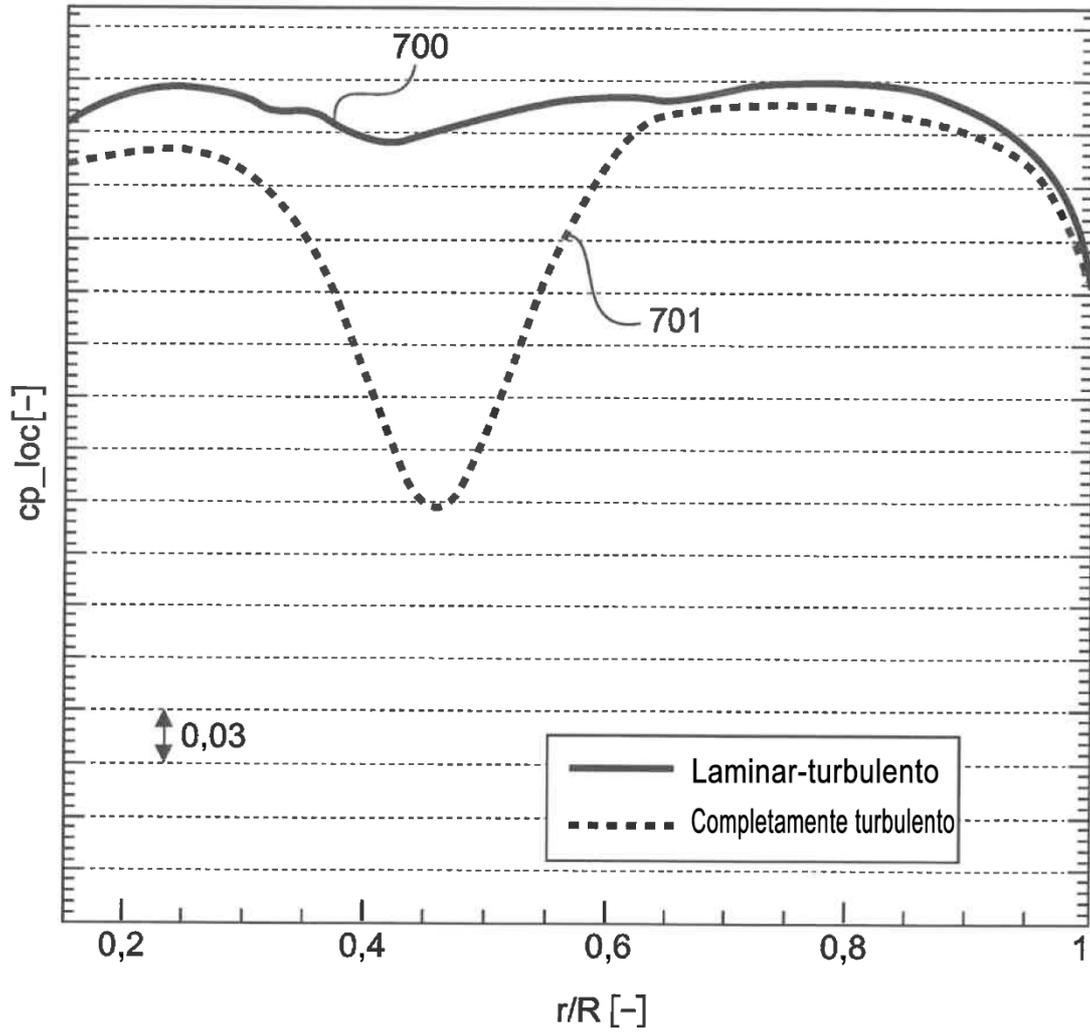


Fig. 8

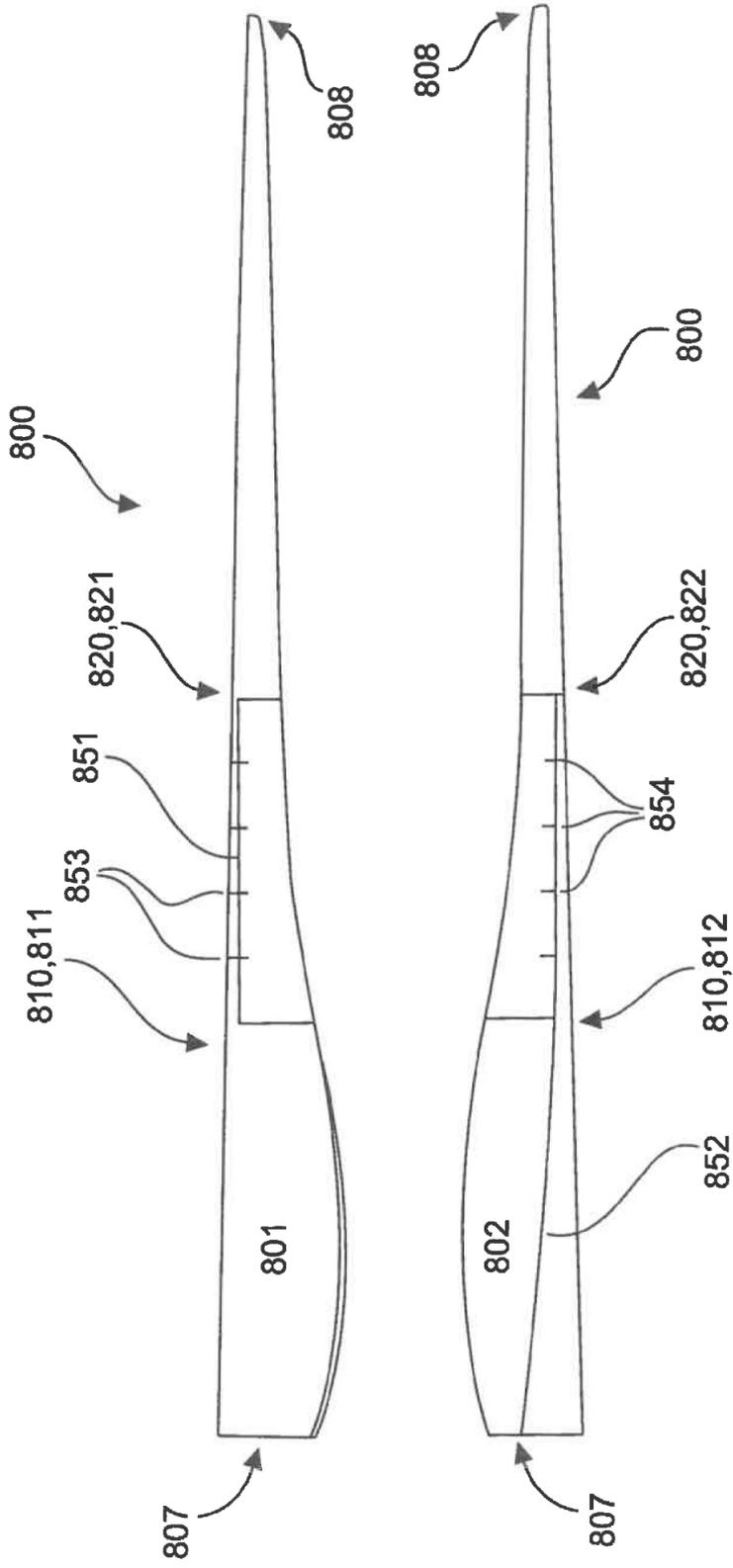


Fig. 10

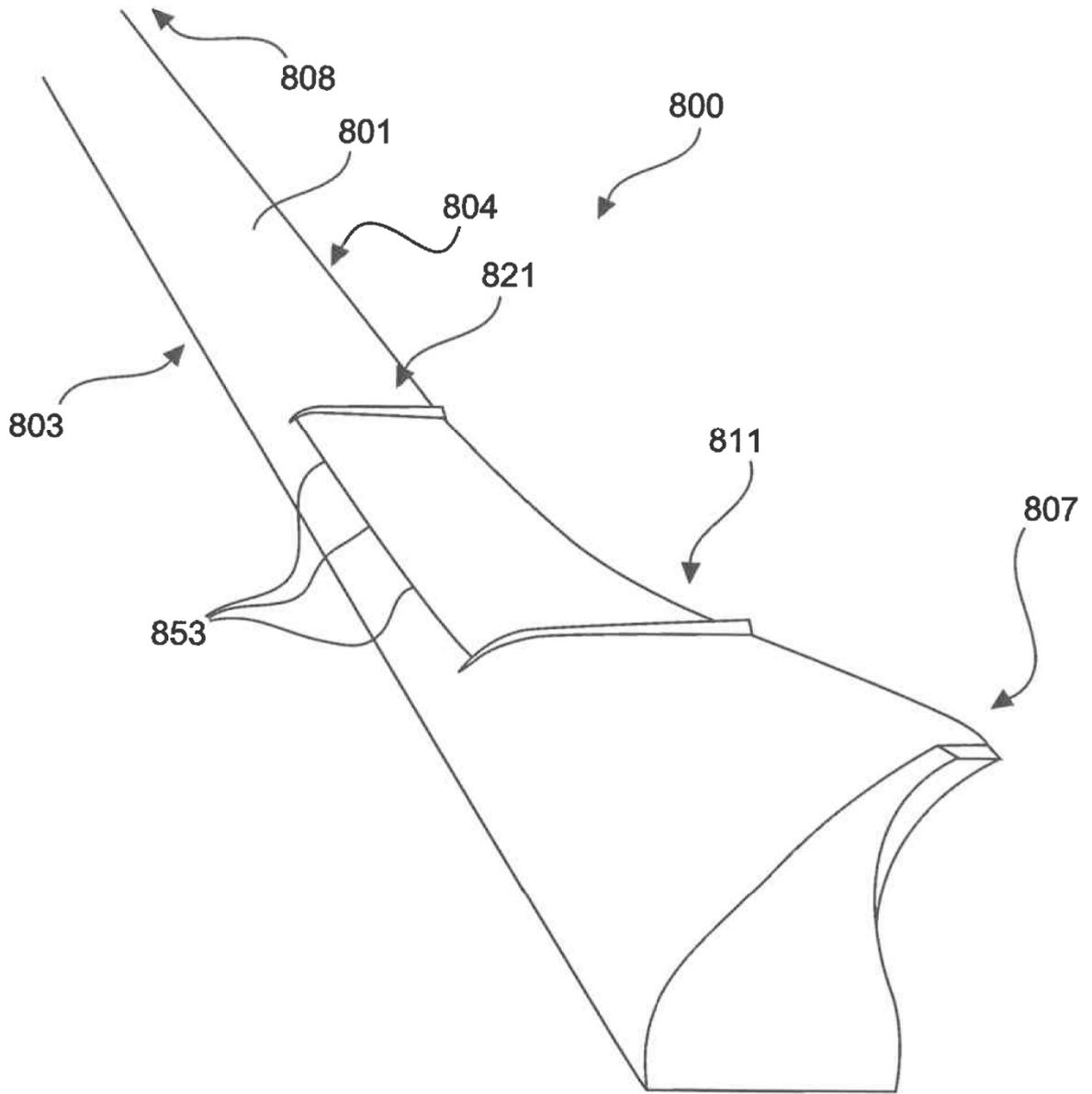


Fig. 11

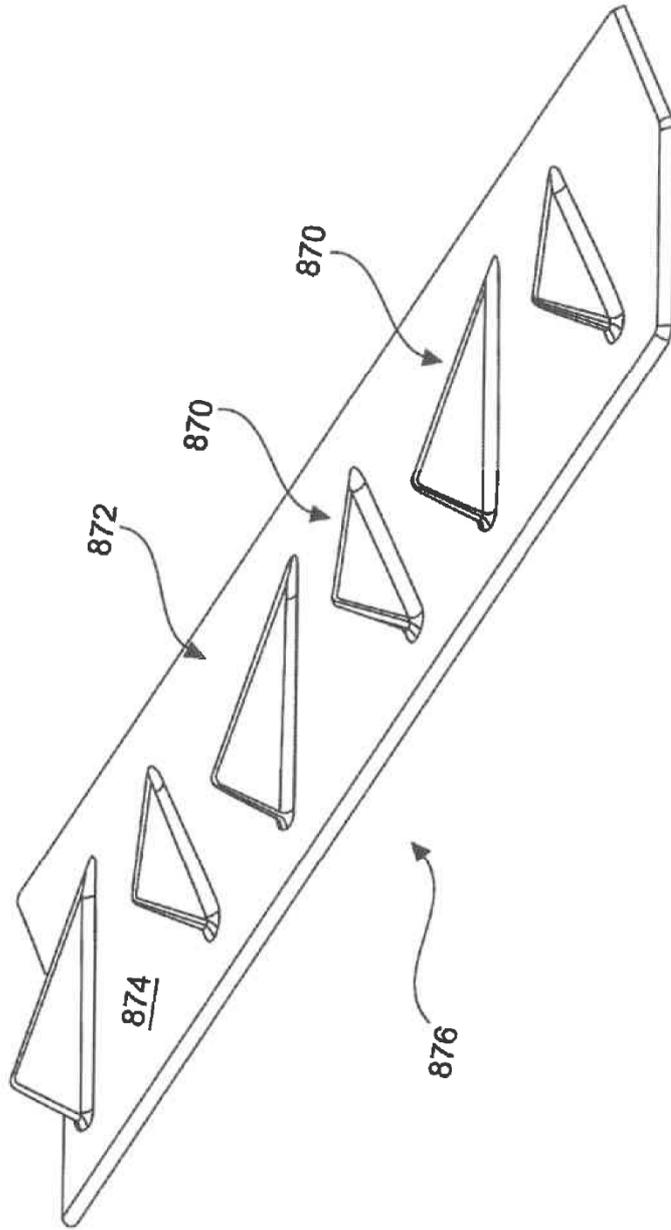


Fig. 12