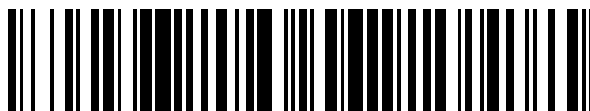


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 662 498**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 13/10 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.04.2013 PCT/EP2013/057262**

87 Fecha y número de publicación internacional: **17.10.2013 WO13153009**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2013 E 13714314 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.01.2018 EP 2836702**

54 Título: **Pala de rotor de una instalación de energía eólica**

30 Prioridad:

13.04.2012 DE 102012206109

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

06.04.2018

73 Titular/es:

WOBEN PROPERTIES GMBH (100.0%)

Borsigstrasse 26

26607 Aurich, DE

72 Inventor/es:

BOHLEN, THOMAS

74 Agente/Representante:

ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 662 498 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 instalación de energía eólica

5 La invención se refiere a una pala de rotor, así como una instalación de energía eólica.

Palas de rotor para instalaciones de energía eólica se conocen en general, véase p. ej. el documento WO2012/007058. Palas de rotor semejantes presentan un perfil que considera los requisitos aerodinámicos especiales. Habitualmente una instalación de energía eólica presenta un rotor aerodinámico con varias palas de rotor. Una instalación de energía eólica semejante se muestra a modo de ejemplo en la figura 5. Las propiedades aerodinámicas de palas de rotor semejantes son decisivas dado que éstas influyen fuertemente en el rendimiento de las palas de rotor y por consiguiente de la instalación de energía eólica. Para aumentar el rendimiento de las palas de rotor se optimizan los perfiles. Para garantizar, por ejemplo, en regiones con viento ligero, a saber, en particular en emplazamientos en tierra, una producción de corriente lo más constante posible, los rotores aerodinámicos presentan un diámetro de rotor que puede ser de más de 80 metros. En el caso de grandes instalaciones de energía eólica semejantes y por consiguiente también palas de rotor muy grandes, esto conduce a un peso de pala de rotor elevado. Las palas de rotor grandes y pesadas generan una elevada carga, que actúa sobre la instalación de energía eólica durante el funcionamiento. Además, la fabricación, así como el transporte a las ubicaciones de montaje correspondientes son difíciles y complicados. Pero una realización de una pala de rotor en dos partes, que sería más favorable para el transporte de grandes palas de rotor semejantes, sólo es posible de forma condicionada debido a las cargas que aparecen y la disminución de estabilidad que se produce adicionalmente por el punto de separación.

La Oficina Alemana de Patentes y Marcas ha investigado el siguiente estado de la técnica en la solicitud de prioridad: DE 10 2008 052 858 A1, DE 10 2008 003 411 A1, DE 103 07 682 A1, US 5 474 425 A y EP 2 339 171 A2.

Por consiguiente, la invención tiene el objetivo de superar o reducir al menos uno de los problemas arriba mencionados, en particular, especificar una pala de rotor que presente un peso de pala de rotor bajo con rigidez lo más elevada posible, por la que se reducen las cargas sobre la sala de máquinas y la torre, y que se pueda transportar de forma sencilla. Al menos se debe proponer una solución alternativa.

Para la solución del objetivo se propone según la invención una pala de rotor según la reivindicación 1. Una pala de rotor semejante de una instalación de energía eólica presenta una raíz de pala de rotor para la unión de la pala de rotor con un buje de rotor y una punta de pala de rotor dispuesta en el lado opuesto a la raíz de pala de rotor. A este respecto, un espesor de perfil relativo, que está definido como relación entre el espesor de perfil y la profundidad de perfil, presenta un máximo local en una zona central entre la raíz de pala de rotor y la punta de pala de rotor. Bajo la profundidad de perfil se entiende a continuación la longitud del perfil, es decir, la distancia entre la nariz de perfil y el borde posterior de perfil. El espesor de perfil designa la distancia entre el lado superior de perfil y lado inferior de perfil. El espesor de perfil relativo presenta por consiguiente un valor bajo cuando el espesor de perfil es pequeño y/o la profundidad de perfil es grande.

El espesor de perfil relativo presenta un máximo local entre la raíz de pala de rotor y la punta de pala de rotor. El máximo local se sitúa en la zona central entre la raíz de pala de rotor y la punta de pala de rotor, preferentemente en una zona del 30 al 60% de la longitud total de la pala de rotor, medido desde la raíz de pala de rotor hacia la punta de pala de rotor. En el caso de una longitud total de, por ejemplo, 60 metros el máximo local se sitúa por consiguiente en una zona desde preferentemente 18 metros hasta 36 metros. El espesor de perfil relativo disminuye así en primer lugar partiendo de la raíz de pala de rotor y aumenta luego en la zona central de nuevo hasta el máximo local, a saber, hasta un punto en cuyo entorno el espesor de perfil relativo no presenta un valor mayor. El máximo local en la zona central de la pala de rotor se realiza en particular porque la profundidad de perfil disminuye fuertemente partiendo de la raíz de pala de rotor hasta la zona central. Simultáneamente o alternativamente el espesor de perfil se puede aumentar o no disminuye tan fuertemente como la profundidad de perfil. De este modo se obtiene un ahorro de material, en particular entre la raíz de pala de rotor y la zona central, y por consiguiente un ahorro de peso. Gracias al aumento del espesor de perfil se genera una elevada estabilidad de la pala de rotor.

Se ha reconocido que una disminución de la profundidad de perfil en la zona central puede tener allí la consecuencia de una reducción de la capacidad portante, pero que simultáneamente se consigue una reducción del peso de la pala de rotor. Un empeoramiento eventual de la eficiencia de la pala de rotor se acepta para la obtención de un peso más bajo. Pero a este respecto, en la zona central con eficiencia lo mejor posible se focaliza más fuertemente en la estabilidad y rigidez y en la zona exterior se focaliza más fuertemente en una elevada eficiencia. Por consiguiente se propone un perfil, en el que la profundidad de perfil desde la zona central hacia fuera hacia la punta de pala de rotor

disminuya al menos más débilmente que en la zona central.

Preferentemente el espesor de perfil relativo del máximo local es del 35% al 50%, en particular, del 40% al 45%. Habitualmente el espesor de perfil relativo comienza en la raíz de pala de rotor con un valor de 100% hasta 40%. Un valor de aproximadamente 100% significa a este respecto que el espesor de perfil es aproximadamente idéntico a la profundidad de perfil. Luego el valor cae de forma monótona. En una forma de realización según la invención, el valor cae en primer lugar partiendo de la raíz de pala de rotor, hasta que alcanza un mínimo local. Después del mínimo local, el espesor de perfil relativo registra un aumento hasta que es aproximadamente del 35% al 50%.

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

15 En una forma de realización especialmente preferida, la pala de rotor se compone de una primera y una segunda sección de pala de rotor y la primera sección de pala de rotor presenta la raíz de pala de rotor y la segunda sección de pala de rotor presenta la punta de pala de rotor. La primera y la segunda sección de pala de rotor están conectadas entre sí en un punto de separación. A este respecto el punto de separación está dispuesto en la zona central entre la raíz de pala de rotor y la punta de pala de rotor y/o en la zona del máximo local.

20 Debido a la composición de la pala de rotor a partir de dos secciones de pala de rotor se facilita considerablemente el transporte de la pala de rotor hacia el lugar de colocación correspondiente de la instalación de energía eólica. Si el punto de separación se sitúa en la zona central, esto significa en el caso de un diámetro de rotor por encima de 80 metros, que por ejemplo todavía se deben transportar dos secciones de pala de rotor con respectivamente aproximadamente 40 metros. Además, en la zona central y/o en la zona del máximo local del espesor de perfil relativo es baja en particular la profundidad de perfil con un espesor de perfil elevado. De este modo, la pala de rotor está configurada de forma estable en este punto. Por consiguiente, se absorben ampliamente las solicitaciones adicionales que aparecen por el punto de separación.

30 Preferentemente, la pala de rotor está diseñada para una velocidad específica en un rango de 7 a 10, preferentemente de 8 a 9. A este respecto, la velocidad específica está definida como la relación entre la velocidad periférica en la punta de pala de rotor respecto a la velocidad del viento. Velocidades específicas de diseño elevadas conducen a un índice de potencia elevado y pueden conducir a palas esbeltas, que rotan de forma rápida.

35 En otra forma de realización, la pala de rotor presenta, en una zona del 90% al 95% de la longitud total de la pala de rotor, medida de la raíz de pala de rotor hacia la punta de pala de rotor, una profundidad de perfil que se corresponde aproximadamente con el 5% al 15%, en particular, aproximadamente con el 10%, de la profundidad de perfil en la zona de la raíz de pala de rotor.

40 Debido a una profundidad de perfil reducida semejante en la zona de la punta de pala de rotor se reducen las cargas que actúan en la sala de máquinas y la torre, en particular cargas aerodinámicas. Básicamente se propone una pala de rotor relativamente esbelta.

45 En una forma de realización preferida, la pala de rotor presenta en la raíz de pala de rotor una profundidad de perfil de al menos 3900 mm, en particular en un rango de 4000 mm hasta 8000 mm y/o en una zona del 90% al 95% de su longitud total, en particular con el 90%, partiendo de la raíz de pala de rotor, una profundidad de perfil de cómo máximo 1000 mm, en particular en un rango de 700 mm hasta 400 mm.

50 Preferentemente, la pala de rotor presenta, en la zona central, en particular en el 50% de la longitud total de la pala de rotor y/o en la zona del máximo local, una profundidad de perfil que se corresponde aproximadamente con el 20% al 30%, en particular, aproximadamente 25%, de la profundidad de perfil en la zona de la raíz de pala de rotor. Si, por ejemplo, la profundidad de perfil en la zona de la raíz de pala de rotor es de 6000 mm, la profundidad de perfil en la zona del máximo local y/o en la zona central sólo se corresponde todavía con aproximadamente 1500 mm. Debido a esta disminución rápida de la profundidad de perfil desde la raíz de pala de rotor hasta la zona central se origina un perfil esbelto con pequeñas cargas, en particular cargas aerodinámicas. Las cargas son más bajas que en otras palas de rotor conocidas. En el caso de perfiles conocidos, la profundidad de pala de rotor disminuye habitualmente esencialmente de forma lineal. Por ello en particular entre la raíz de pala de rotor y la zona central está presente una profundidad de perfil más elevada y por consiguiente también más material.

60

Además, según la invención se propone una instalación de energía eólica con al menos una pala de rotor según al menos una de las reivindicaciones anteriores. Una instalación de energía eólica semejante es eficiente económicamente debido a la al menos una pala de rotor esbelta y que rota de forma rápida debido a una velocidad específica de diseño elevada y un índice de potencia elevado. La instalación de energía eólica también es apropiada de este modo en particular para el funcionamiento en la zona de carga parcial y/o para viento flojo y por tanto también para emplazamientos en tierra. La instalación de energía eólica presenta preferentemente tres palas de rotor.

A continuación, se explica la invención más en detalle mediante ejemplos de realización en referencia a las figuras adjuntas. A este respecto, las figuras contienen representaciones esquemáticas, parcialmente simplificadas.

La fig. 1 muestra una representación esquemática de una pala de rotor.

La fig. 2 muestra un diagrama en el que está representado el espesor de perfil relativo respecto al radio de rotor normalizado.

La fig. 3 muestra un diagrama en el que está representada la profundidad respecto al radio.

La fig. 4 muestra un diagrama en el que está representado el espesor respecto al radio.

La fig. 5 muestra una instalación de energía eólica en una vista en perspectiva.

La fig. 6 muestra una pala de rotor en una vista lateral.

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

La fig. 1 muestra una distribución de distintas geométricas de una pala de rotor 1 de una forma de realización. En la pala de rotor 1 están representados por secciones espesores de perfil 2 y profundidades de perfil 3. La pala de rotor 1 presenta en un extremo la raíz de pala de rotor 4 y en el extremo opuesto a él una zona de conexión 5 para la colocación de una punta de pala de rotor. La pala de rotor presenta una gran profundidad de perfil 3 en la raíz de pala de rotor 4. En la zona de conexión 5 la profundidad de perfil 3 es por el contrario mucho más pequeña. La profundidad de perfil disminuye claramente, partiendo de la raíz de pala de rotor 4, que también se puede designar como raíz de perfil 4, hasta una zona central 6. En la zona central 6 puede estar previsto un punto de separación (no representado aquí). Desde la zona central 6 hasta la zona de conexión 5 es casi constante la profundidad de perfil 3. La pala de rotor 1 mostrada está prevista para la colocación de una pequeña punta de pala de rotor, que constituye menos del 1% de la longitud de la pala de rotor 1 mostrada y por ello se puede pasar por alto aquí.

La fig. 2 muestra un diagrama en el que está dibujado respectivamente el espesor de perfil relativo respecto al radio de rotor normalizado para distintas palas de rotor de una instalación de energía eólica. El espesor de perfil relativo está indicado en la ordenada en porcentaje y discurre a escalones del 5% desde el 10% hasta el 60%. En la abscisa está indicado respectivamente el radio de rotor normalizado de 0 a 1 en escalones de 0,1. El radio de rotor se refiere en este caso a un rotor con al menos una pala de rotor montada en un buje de rotor del rotor. La longitud de la pala de rotor correspondiente se extiende desde la raíz de pala de rotor hacia la punta de pala de rotor. La pala de rotor comienza con su raíz de pala de rotor aproximadamente con un valor de 0,05 del radio de rotor normalizado y finaliza con su punta de pala de rotor con un valor 1 del radio de rotor normalizado. En la zona de la punta de pala de rotor, el valor del radio de rotor normalizado se corresponde aproximadamente con la longitud porcentual de la pala de rotor en cuestión. En particular el valor 1 del radio de rotor normalizado es igual al 100% de la longitud de pala de rotor.

En el diagrama se pueden reconocer en conjunto seis gráficas. Las gráficas representan el desarrollo del espesor de perfil relativo de las palas de rotor de distintas instalaciones de energía eólica conocidas y proyectadas de Enercon GmbH. La gráfica 100 muestra en este caso una instalación de energía eólica con un diámetro de rotor de aprox. 70 m (tipo E-70), gráfica 102 una con un diámetro de rotor de aprox. 82 m (tipo E-82), gráfica 103 una con un diámetro de rotor de aprox. 92 m (tipo E-92), gráfica 104 una con un diámetro de rotor de aprox. 101 m (tipo E-101), gráfica 105 una con un diámetro de rotor de aprox. 115 m (tipo E-115) y gráfica 106 una con un diámetro de rotor de aprox. 126 m (tipo E-126). Las gráficas 100, 102, 104 y 106 muestran el estado de la técnica conocido y las gráficas 103 y 105 el desarrollo del espesor de perfil relativo respectivamente de un ejemplo de realización según la invención. Mediante las gráficas se puede reconocer que el desarrollo del espesor de perfil relativo de las gráficas 100 y 102 discurre cayendo esencialmente de forma monótona. Las gráficas 100 y 102 comienzan en la zona de la raíz de pala de rotor, es decir, entre un radio de rotor normalizado de 0,0 y 0,1 con un espesor de perfil relativo entre el 45% y

50%. Las gráficas correspondientes no presentan máximos o mínimos locales hasta el radio de rotor normalizado de 1,0. Los valores del espesor de perfil relativo disminuyen de forma continua.

La gráfica 103 según la una forma de realización comienza con un espesor de perfil relativo de aproximadamente 55% en la raíz de pala de rotor, es decir, así aproximadamente con un radio de rotor normalizado entre 0 y 0,1 y cae luego en primer lugar a un espesor de perfil relativo de aproximadamente el 40% con un radio de rotor normalizado de 0,3. Luego el desarrollo del espesor de perfil relativo aumenta hasta que con un radio de rotor normalizado de 0,4 alcanza su máximo local con aproximadamente el 42%. El espesor de perfil relativo aumenta por consiguiente en el 2% hacia a su máximo local. El máximo local se sitúa en la zona central de la pala de rotor. Por consiguiente, presenta un desvío máximo de más del 1%. Luego el espesor de perfil relativo discurre, hasta un radio de rotor normalizado de 1,0 y por consiguiente hasta una longitud de pala de rotor de 100%, cayendo de forma monótona a un valor de aproximadamente el 15%.

El desarrollo de la gráfica 105 de la otra forma de realización es similar a la de la gráfica 103. El espesor de perfil relativo comienza en la raíz de pala de rotor en aproximadamente el 45%, luego cae con un radio de rotor normalizado de aproximadamente 0,25 a un valor por debajo del 40% y aumenta luego. Con un radio de rotor normalizado de aproximadamente 0,45, el valor del espesor de perfil relativo alcanza un máximo local con un valor de aproximadamente 42%. Esto se corresponde con un nuevo ascenso de aproximadamente el 3%. A continuación, el desarrollo del espesor de perfil relativo cae esencialmente de forma monótona, hasta que con un espesor de perfil relativo de aproximadamente 0,8 se alcanza el valor del 15%. El desarrollo posterior hasta la punta de pala de rotor permanece aproximadamente constante en el 15%.

Al contrario de las gráficas 100 y 102, las gráficas 103 y 105 presentan un máximo local en la zona central. El máximo local se origina aquí por la reducción de la profundidad de perfil con reducción simultáneamente menor del espesor de perfil en esta zona. El perfil que se obtiene por este desarrollo del espesor de perfil relativo es una pala de rotor esbelta, que al contrario a las palas de rotor conocidas registra de este modo cargas menores, porque la profundidad de perfil disminuye en primer lugar de forma rápida a lo largo de la longitud total de la pala de rotor partiendo de la raíz de pala de rotor. De este modo también se reducen las cargas aerodinámicas y por consiguiente se reducen las cargas que aparecen en la sala de máquinas. Además, la pala de rotor puede presentar desde la zona central un espesor de perfil aproximadamente constante. De este modo la pala de rotor consigue la estabilidad. En las palas de rotor conocidas, el perfil presenta esencialmente una forma trapezoidal que se hace notar en el diagrama por un desarrollo del espesor que cae de forma monótona.

El espesor de perfil relativo de la gráfica 104 comienza en la raíz de pala de rotor con el 44%. El espesor de perfil relativo baja en primer lugar con un radio normalizado de de 0,1 a un valor de aproximadamente 42%. Luego aumenta hasta un radio de rotor normalizado de 0,2, lo que se corresponde aproximadamente con el 15% de la longitud de pala de rotor, a un valor de aprox. 42,5%. El desarrollo de la gráfica 104 presenta por consiguiente un máximo local, que no obstante no se sitúa en la zona central de la pala de rotor y presenta una elevación apenas mencionable. En particular un desarrollo semejante también es poco apropiado para una pala de rotor de dos partes con un punto de separación en la zona central.

También es ventajoso un desarrollo de espesor lineal de la raíz de pala de rotor hacia la zona central, según se muestra en la figura 4 en las dos gráficas. Un desarrollo lineal semejante, que no presenta la pala de rotor de la gráfica 104, es constructivamente ventajoso. Una pala de rotor se puede fabricar mejor y tiene un desarrollo de tensiones uniforme. Además, se puede esperar una deformación uniforme al actuar cargas exteriores. Un desarrollo lineal semejante es básicamente ventajoso, no sólo para las formas de realización mostradas. El desarrollo de espesor lineal se propone en el rango de 5% hasta 25% de la longitud total de la pala de rotor, preferentemente del 5% hasta el 35%, en particular, desde la raíz de pala de rotor hasta la zona central.

El desarrollo del espesor de perfil relativo de la gráfica 106 comienza en la zona de la raíz de pala de rotor con aproximadamente 52%. A continuación, baja el valor hasta un radio de rotor normalizado de 0,2 a aproximadamente 42,5%. Luego el espesor de perfil relativo discurre casi constante o presenta una pendiente no mencionable. Esta zona también se puede designar como punto de sillín en el sentido matemático. Desde un radio de rotor de aproximadamente 0,3, el espesor de perfil relativo discurre cayendo consecuentemente de forma monótono.

En la zona de raíz de pala de rotor, el desarrollo del espesor de perfil relativo de la forma de realización mostrada no comienza con 100% como sería el caso en otras palas de rotor conocidas. En este caso la profundidad de perfil y el espesor de perfil son casi idénticos en la zona de la raíz de pala de rotor. Mejor dicho, el desarrollo representado comienza entre el 40% y 55%. Esto tiene ventajas aerodinámicas, en particular con vistas a la formación de remolinos en la zona de la raíz de pala de rotor, que se suprimen, al menos se reducen, por una forma de perfil

semejante.

En la fig. 3 está representado un diagrama, que representa la profundidad de perfil – designado en el diagrama de forma simplificada como profundidad – en milímetros respecto al radio de rotor – designado en el diagrama de forma simplificada como radio – en milímetros. La profundidad de perfil se muestra en escalones de 500 de 0 mm a 6000 mm. El radio de pala de rotor se muestra en escalones de 5000 de 0 mm hasta 60000 mm. En la fig. 3 se pueden reconocer dos gráficas 200 y 202, representado la gráfica 200 el desarrollo de profundidad de perfil de un ejemplo de realización según la invención. La gráfica 202 muestra un desarrollo de gráfica de otra pala de rotor para la comparación. La gráfica 200 muestra el desarrollo de profundidad de perfil de una instalación de energía eólica de Enercon GmbH del tipo E-115.

Las dos gráficas 200, 202 comienzan en la raíz de pala de rotor aproximadamente con la misma profundidad de perfil. La profundidad de perfil se sitúa en una zona entre 5500 mm y 6000 mm. Luego las dos gráficas 200, 202 caen hasta que con un radio entre 20000 mm y 25000 mm han alcanzado una profundidad de perfil en un rango entre 3000 mm y 3500 mm. Luego la profundidad de perfil de la gráfica 200 disminuye claramente más que la de la gráfica 202. Así, por ejemplo, con un radio de 25400 mm la profundidad de perfil de la gráfica 200 ya es sólo todavía de 2500 mm y la de la gráfica 202 todavía de 3000 mm. Con un radio de 35000 mm la profundidad de perfil de la gráfica 200 es sólo todavía aproximadamente 1550 mm y la de la otra gráfica 202 todavía 2500 mm. Sólo en la zona de la punta de aleta, es decir, con un radio en el rango de 55000 mm hasta 600000 mm coinciden de nuevo aproximadamente los perfiles.

La fig. 4 muestra un diagrama en el que respecto a las profundidades de perfil de la figura 3 está configurado respectivamente el espesor de perfil – designado en el diagrama de forma simplificada como espesor – en milímetros respecto al radio de rotor – designado en el diagrama de forma simplificada como radio – en milímetros. El espesor de perfil se muestra de 0 mm hasta 2800 mm en escalones de 200 mm. El radio está representado de 0 mm hasta 60000 mm en escalones de 5000. Están representadas dos gráficas, representando la primera gráfica 300 el desarrollo de espesor de perfil de un ejemplo de realización según la invención y la gráfica 302 el de otra pala de rotor para la comparación. La gráfica 300 muestra el desarrollo de espesor de perfil de una pala de rotor de una instalación de energía eólica de Enercon GmbH del tipo E-115.

La pala de rotor de la gráfica 200 o 300 de las figuras 3 y 4 presenta un máximo local del espesor de perfil relativo en la zona central entre la raíz de pala de rotor y la punta de pala de rotor.

La fig. 5 muestra una instalación de energía eólica 400 con una torre 402, que se erige sobre una cimentación 403. En el extremo superior opuesto a la cimentación 403 se sitúa una góndola 404 (sala de máquinas) con un rotor 405, que se compone esencialmente de un buje de rotor 406 y las palas de rotor 407, 408 y 409 conectas con él. El rotor 405 está acoplado con un generador eléctrico en el interior de la góndola 404 para la conversión de trabajo mecánico en energía eléctrica. La góndola 404 está montada de forma giratoria sobre la torre 402, cuya cimentación 403 da la estabilidad estructural necesaria.

La fig. 6 muestra una vista lateral de una pala de rotor 500 de una forma de realización a lo largo de su longitud total l, es decir, de 0% hasta 100%. La pala de rotor 500 presenta en un extremo una raíz de pala de rotor 504 y en el extremo opuesto a él una punta de pala de rotor 507. La punta de pala de rotor 507 está conectada en una zona de conexión 505 con la parte restante de la pala de rotor. La pala de rotor presenta una gran profundidad de pala de rotor en la raíz de pala de rotor 504. La profundidad de perfil es por el contrario mucho más pequeña en la zona de conexión 505 y en la punta de pala de rotor 507. La profundidad de perfil disminuye claramente, partiendo de la raíz de pala de rotor 504, que también se puede designar como raíz de perfil 504, hasta una zona central 506. En la zona central 506 puede estar previsto un punto de separación (no representado aquí). Desde la zona central 506 hasta la zona de conexión 505 es casi constante la profundidad de perfil.

La pala de rotor 500 presenta en la zona de la raíz de pala de rotor 504 una forma en dos partes. La pala de rotor 500 se compone por consiguiente de un perfil base 509, en el que en la zona de la raíz de pala de rotor 504 está dispuesta otra sección 508 para el aumento de la profundidad de pala de rotor de la pala de rotor 500. La sección 508 está pegada a este respecto, por ejemplo, en el perfil base 509. Una forma en dos partes semejante es más sencilla en la manipulación durante el transporte hacia el lugar de colocación y se puede fabricar de manera más sencilla.

Además, en la figura 6 se puede reconocer una zona de conexión de buje 510. A través de la zona de conexión de buje 510 se conecta la pala de rotor 500 con el buje de rotor.

La figura 7 muestra otra vista lateral de la pala de rotor 500 de la figura 6. Se puede reconocer la pala de rotor 500 con el perfil base 509, la sección 508 para el aumento de la profundidad de pala de rotor, la zona central 506, la raíz de pala de rotor 504 y la zona de conexión de buje 510 así como la zona de conexión 505 para la punta de pala de rotor 507. La punta de pala de rotor 507 está realizada como un así denominado dispositivo de punta alar. De este modo se reducen las turbulencias en la punta de pala de rotor.

REIVINDICACIONES

1. Pala de rotor (1) de una instalación de energía eólica con:

- 5 - una raíz de pala de rotor (4) para la unión de la pala de rotor (1) con un buje de rotor y
- una punta de pala de rotor dispuesta en el lado opuesto a la raíz de pala de rotor (4),

caracterizada porque

un espesor de perfil relativo (2), que está definido como la relación entre el espesor de perfil (2) y la profundidad de perfil (3), presenta un máximo local en una zona central (6) entre la raíz de pala de rotor y la punta de pala de rotor.

2. Pala de rotor (1) según la reivindicación 1,

caracterizada porque

15 el espesor de perfil relativo (2) del máximo local presenta una relación entre el espesor de perfil (2) y la profundidad de perfil (3), que se sitúa en el rango del 35% al 50%, en particular del 40% al 45%.

3. Pala de rotor (1) según la reivindicación 1 o 2,

20 **caracterizada porque**

la pala de rotor (1) presenta una profundidad de perfil de 1500 mm a 3500 mm, en particular aproximadamente 2000 mm, en la zona del máximo local.

4. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones anteriores,

25

caracterizada porque

- la pala de rotor (1) está compuesta de una primera y una segunda sección de pala de rotor, y
- la primera sección de pala de rotor presenta la raíz de pala de rotor (4) y la segunda sección de pala de rotor presenta la punta de pala de rotor, y

30 - la primera y la segunda sección de pala de rotor están conectadas entre sí en un punto de separación, estando dispuesto el punto de separación en la zona central (6) entre la raíz de pala de rotor (4) y la punta de pala de rotor.

5. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones anteriores,

35

caracterizada porque

la pala de rotor (1) está diseñada para una velocidad específica en un rango de 7 a 10, preferentemente de 8 a 9.

6. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones anteriores,

40

caracterizada porque

la pala de rotor (1) presenta, en una zona del 90% al 95% de la longitud total de la pala de rotor, medido de la raíz de pala de rotor hacia la punta de pala de rotor, una profundidad de perfil (3) que se corresponde aproximadamente con el 5% al 15%, en particular aproximadamente con el 10%, de la profundidad de perfil (3) en la zona de la raíz de

45

pala de rotor (4).

7. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada porque

50 la pala de rotor presenta un desarrollo de espesor lineal del 5% al 25% de la longitud total de la pala de rotor, preferentemente del 5% al 35%.

8. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones anteriores,

55 **caracterizada porque**

la pala de rotor presenta un desarrollo de espesor lineal desde la raíz de pala de rotor hasta la zona central.

9. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones anteriores,

60 **caracterizada porque**

la pala de rotor (1) presenta en la raíz de pala de rotor (4) una profundidad de perfil (3) de al menos 3900 mm, en particular en un rango de 4000 mm hasta 8000 mm.

5 10. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada porque

la pala de rotor (1) presenta, en la zona del 90% al 95% de su longitud total, en particular con el 90%, partiendo de la raíz de pala de rotor (4), una profundidad de perfil (3) de cómo máximo 1000 mm, en particular en un rango de 700 mm hasta 400 mm.

10

11. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones anteriores,

caracterizada porque

15 la pala de rotor (1) presenta en la zona central una profundidad de perfil que se corresponde aproximadamente con el 20% al 30%, en particular el 25%, de la profundidad de perfil en la zona de la raíz de pala de rotor (4).

12. Instalación de energía eólica con al menos una pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones anteriores.

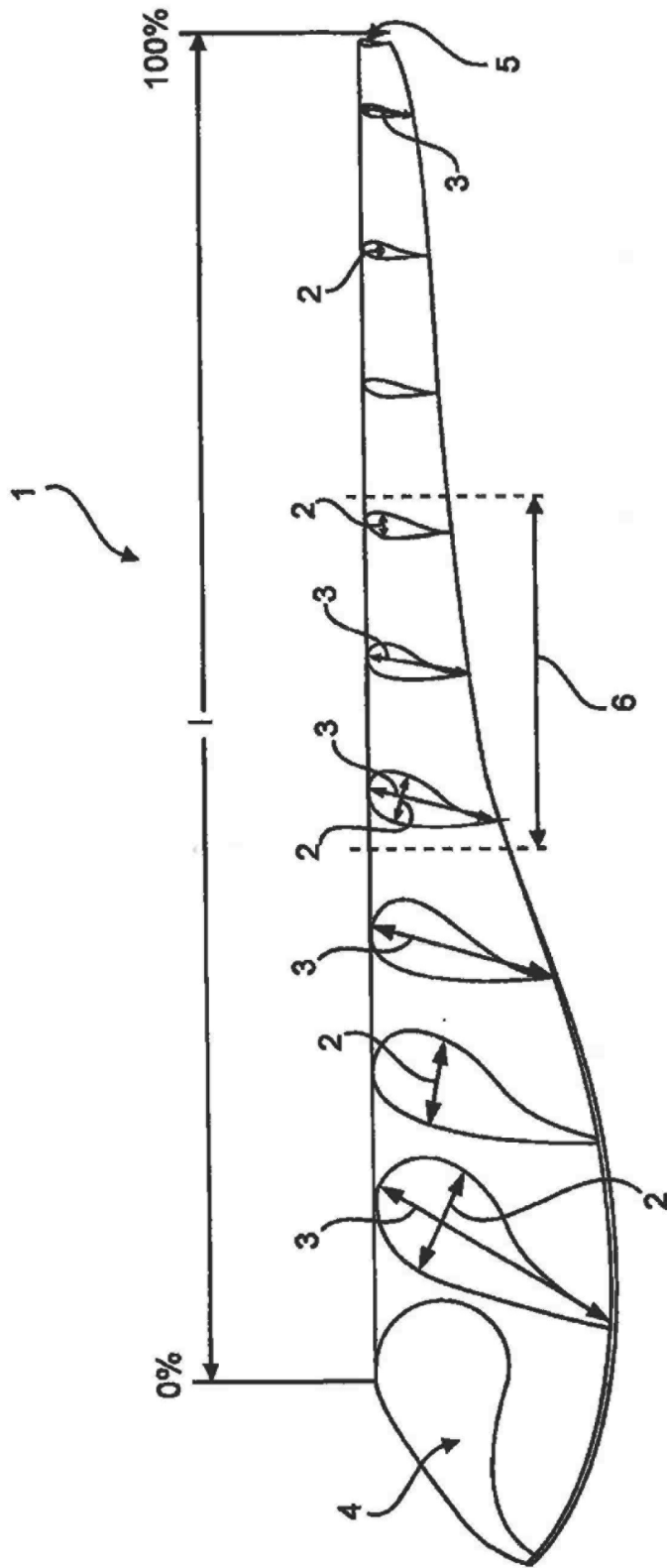


Fig.1

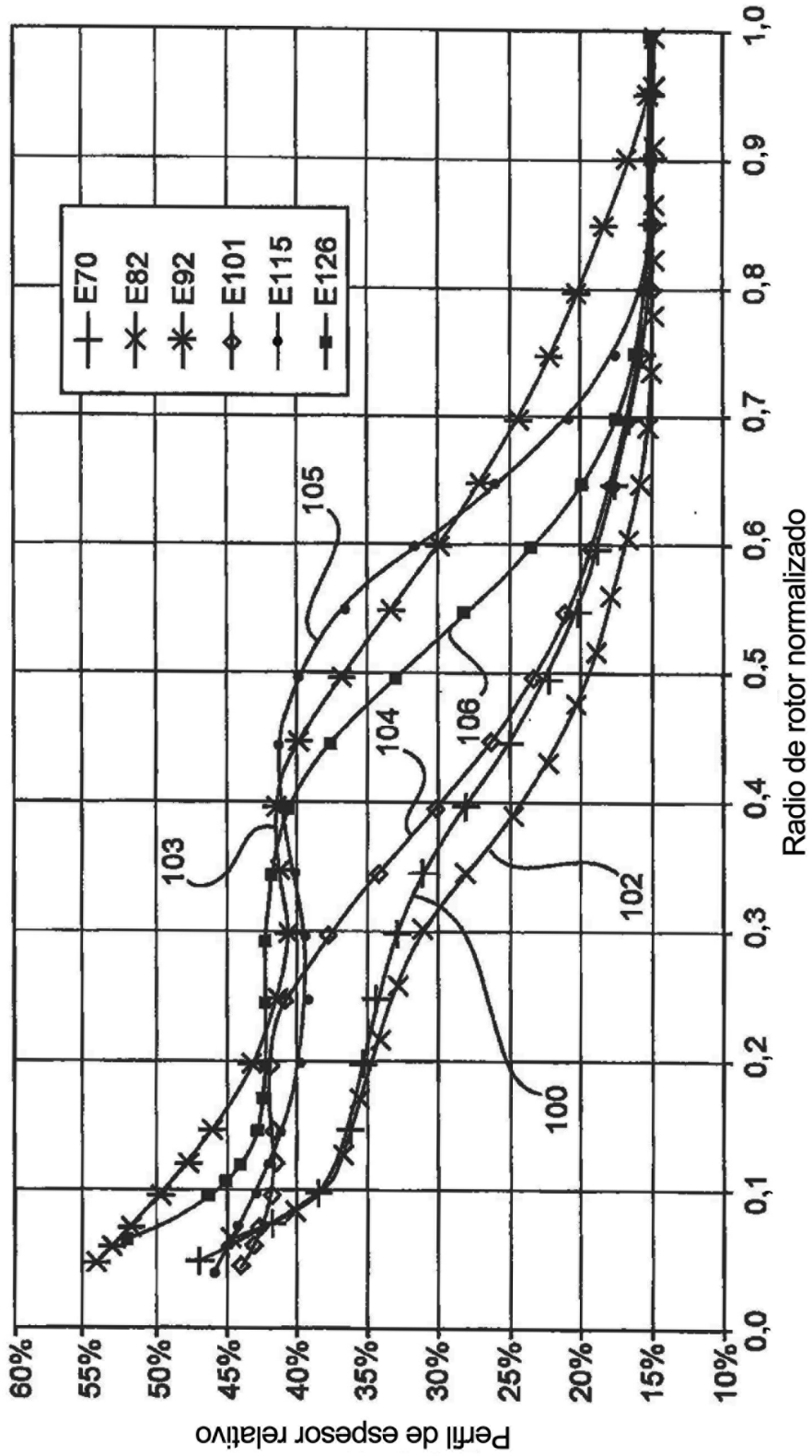


Fig. 2

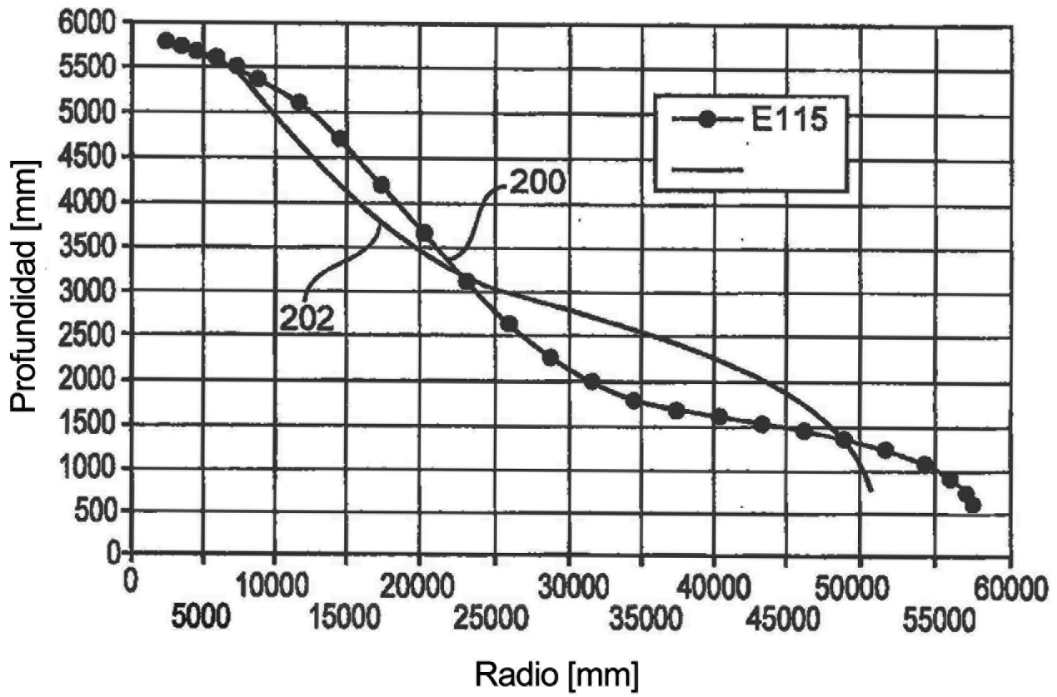


Fig. 3

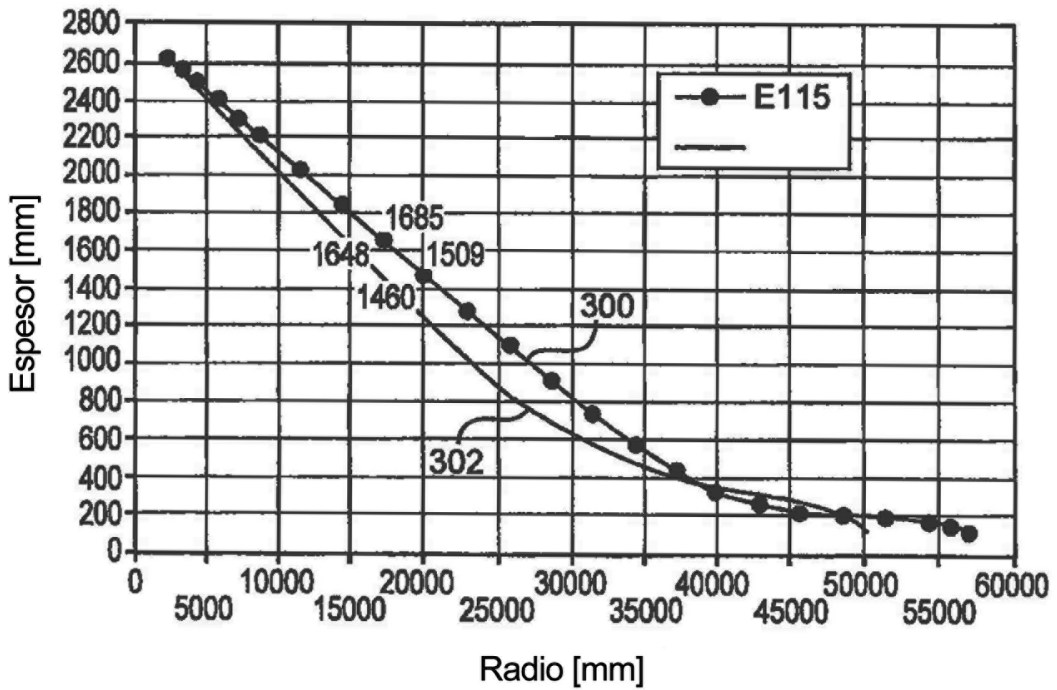


Fig. 4

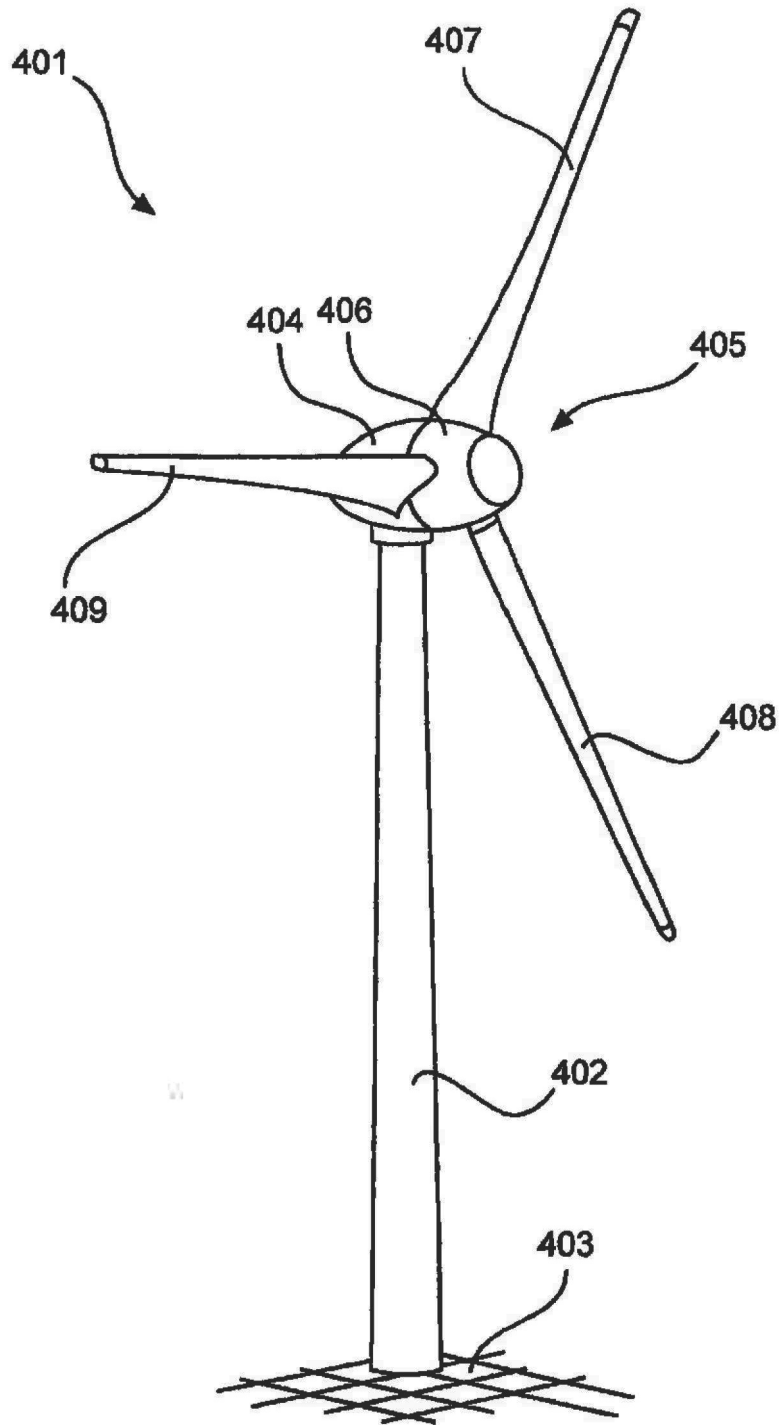


Fig. 5

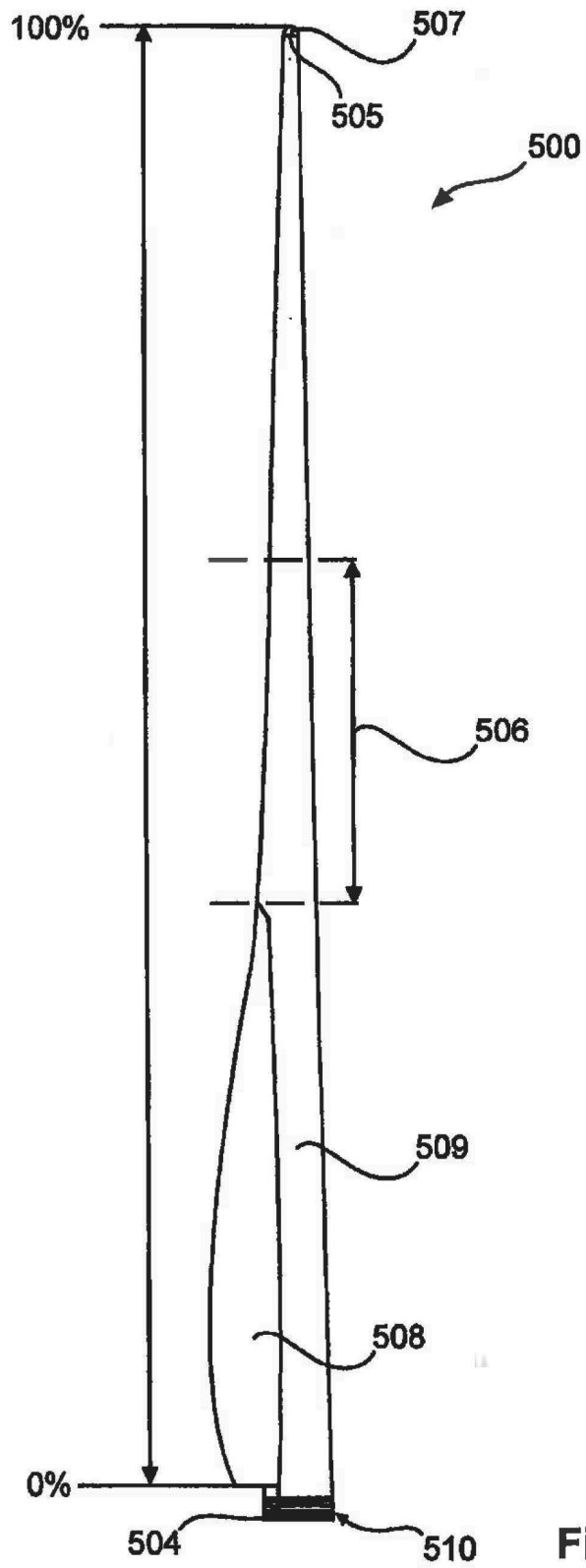


Fig. 6

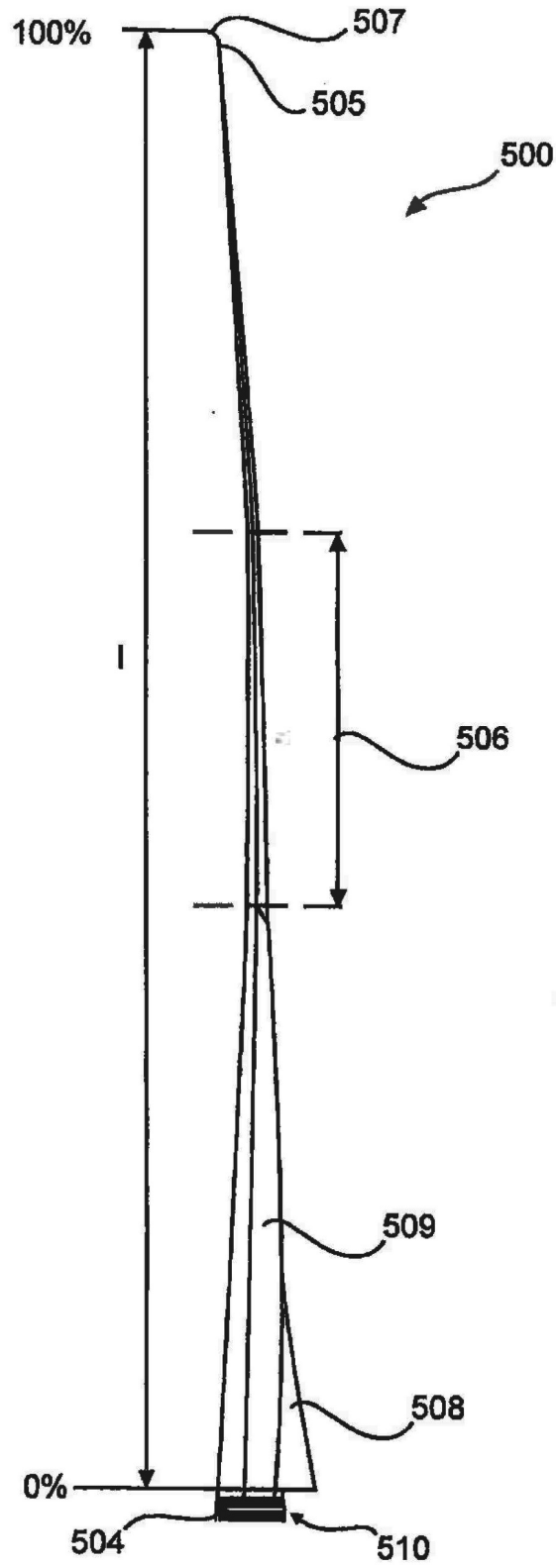


Fig. 7