

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 734 572**

51 Int. Cl.:

B29C 65/50 (2006.01)

B29C 70/30 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

B29L 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.11.2014 PCT/EP2014/073779**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.05.2015 WO15067637**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.11.2014 E 14793174 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **10.04.2019 EP 3065934**

54 Título: **Un método de unión para carcasas de pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

06.11.2013 EP 13191730

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

10.12.2019

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

GARM, JESPER HASSELBALCH

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 734 572 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

Un método de unión para carcasas de pala de turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema y método para unir secciones de palas de turbina eólica, en particular, para unir carcasas de pala de turbina eólica para formar una pala de turbina eólica.

Antecedentes de la invención

En general, las palas de turbina eólica se fabrican a partir de materiales compuestos, en particular material de fibra de carbono y/o de vidrio que se infundiona con una resina y se cura para formar una estructura maciza.

10 Un enfoque conocido para la fabricación de palas de turbina eólica es formar secciones de carcasa de pala independientes. Tales carcasas se forman mediante la disposición de capas de material fibroso en moldes conformados de manera adecuada que se infundionan con una resina que posteriormente se cura. Las carcasas de pala macizas pueden entonces adherirse en conjunto para formar una mayor estructura de pala de turbina eólica. Tales carcasas están formadas, tradicionalmente, como medias partes de una pala de turbina eólica, por ejemplo, correspondiendo una primera carcasa a un lado de presión o a barlovento de una pala de turbina eólica y correspondiendo una segunda carcasa a un lado de succión o a sotavento de una pala de turbina eólica.

15 Las carcasas se unen mediante un adhesivo aplicado en la superficie de contacto entre las carcasas, normalmente a lo largo de los bordes de las carcasas, que después se hace que entren en contacto entre sí y se permite su curado. Un ejemplo de una unión de la técnica anterior entre carcasas de pala se muestra en la figura 5, en donde un adhesivo 100 se ubica entre los bordes de carcasas 102,104 de pala superior e inferior a lo largo del borde de ataque 106 de la pala.

20 Con el fin de mejorar la unión entre carcasas a lo largo de tales líneas de adhesivo, pueden proporcionarse pestañas 108 de adhesivo adicionales como parte de las carcasas para retener el adhesivo dentro de la zona de unión entre las carcasas de pala. Las pestañas 108 de adhesivo se ubican, normalmente, en el interior de la pala, posiblemente como parte de una de las carcasas 102, 104 de pala, de manera que a medida que se juntan las carcasas, la pestaña 108 de adhesivo se coloca en el lado interno de la línea de unión entre los bordes de las carcasas 102,104, para captar y recoger cualquier exceso de adhesivo 110 que puede aplastarse entre los bordes de carcasa en la pala interior.

25 Una vez se han adherido las carcasas entre sí a lo largo de la zona de unión, pueden requerirse operaciones de acabado adicionales con el fin de proporcionar una superficie exterior lisa en la zona de la línea de unión entre las carcasas de pala. Tales operaciones de acabado pueden comprender un desbastado o pulido de la superficie externa de la línea de unión, y/o una sobrelaminación 112 de la línea de unión para permitir una superficie externa aerodinámicamente adecuada.

30 Los adhesivos usados en tales zonas de unión añaden un peso y coste considerables a la estructura de pala final. Además, el uso de tales adhesivos puede dar como resultado la formación de grietas o fallas estructurales en la pala acabada, debido a las diferencias en la composición de material y rigidez asociada entre las carcasas de pala con base compuesta de fibra y el adhesivo usado en las líneas de unión.

35 A partir del documento EP 2 228 198 se conoce reparar parte de una carcasa de pala de turbina eólica con material preimpregnado reforzado con fibra curable mediante radiación UV, por ejemplo, en el borde de ataque de una pala. El documento WO 2004/076852 da a conocer una pala de turbina eólica, en la que se dispone una cubierta frontal previamente fabricada en una junta de pegamento en el borde de ataque de la pala de turbina eólica.

40 Un objeto de la invención es proporcionar un sistema y método para la unión de secciones de pala de turbina eólica que resuelva los problemas anteriores, en particular, proporcionando un peso reducido y uso de adhesivo para una pala de turbina eólica, al tiempo que mejora el rendimiento de zonas de unión en palas de turbina eólica.

Sumario de la invención

45 Por consiguiente, se proporciona un método de fabricación de al menos una parte de una turbina eólica según la reivindicación 1.

La sobrelaminación sustituye el uso de adhesivo estructural en el borde entre las carcasas de pala. Se entiende como adhesivo estructural un adhesivo que puede usarse para producir una junta de soporte de carga.

50 La sobrelaminación se aplica a las superficies externas de dicho primer borde y dicho segundo borde. La ubicación de la sobrelaminación sobre superficies externas de la pala permite facilitar la aplicación de la sobrelaminación para fijar las carcasas de pala en conjunto. Además, la sobrelaminación puede inspeccionarse fácilmente tras la aplicación para asegurar que la sobrelaminación se ha aplicado de manera adecuada, y actúa para unir las carcasas

de pala en conjunto. Se entenderá sobrelaminación como una matriz de material fibroso y una resina. Preferiblemente, la sobrelaminación está formada a partir de el mismo material que las carcasas de pala.

5 Se comprenderá que la unión entre dicha parte de dicho primer borde y dicho segundo borde se forma sin un adhesivo estructural. En su lugar, la unión se forma usando una resina para fijar la sobrelaminación a las carcasas de pala. Como no se usa sustancialmente ningún adhesivo estructural entre dicha parte de dicho primer borde y dicho segundo borde, por consiguiente, las carcasas de pala se unen usando la sobrelaminación.

Según la invención, a lo largo de dicha parte de dicho primer borde y dicho segundo borde, las carcasas de pala se unen únicamente usando la sobrelaminación, en la que no se usa ningún adhesivo o pegamento adicional a lo largo de dicha parte de dicho primer borde y dicho segundo borde.

10 Por consiguiente, el peso y coste de la pala de turbina eólica puede minimizarse, debido a la necesidad reducida de juntas de adhesivo estructural. Adicionalmente, la sobrelaminación puede seleccionarse de manera que el material de sobrelaminación tenga un material y unas propiedades de rigidez sustancialmente similares a las carcasas de pala, reduciendo de ese modo la posibilidad de que se produzcan fallas o grietas estructurales debido a diferentes materiales o propiedades de rigidez.

15 Preferiblemente, dichas carcasas de pala primera y segunda se disponen en donde se define un rebaje en la superficie de contacto entre dicho primer borde y dicho segundo borde, y en donde se recibe dicha sobrelaminación al menos parcialmente dentro de dicho rebaje.

20 Al proporcionar la sobrelaminación dentro de un rebaje en las carcasas de pala, por consiguiente, el perfil aerodinámico de la pala de turbina eólica acabada puede conservarse como la sobrelaminación y el rebaje asociado puede dimensionarse para complementarse con el perfil aerodinámico deseado.

Adicionalmente, se proporciona un método de fabricación de al menos una parte de una pala de turbina eólica, en el que el método comprende las etapas de:

proporcionar una primera carcasa de pala que tiene una primera sección que se estrecha a lo largo de al menos una parte de un borde de dicha primera carcasa;

25 proporcionar una segunda carcasa de pala que tiene una segunda sección que se estrecha a lo largo de al menos una parte de un borde de dicha segunda carcasa;

juntar dichas carcasas de pala primera y segunda de manera que dicha primera sección que se estrecha hace tope contra dicha segunda sección que se estrecha para formar un canal de rebaje ubicado a lo largo de un límite entre los bordes de dichas carcasas de pala primera y segunda; y

30 aplicar un material laminado en dicho canal de rebaje para unir dichas carcasas de pala primera y segunda.

Dado que el rebaje puede estar formado a partir de bordes que se estrechan de las carcasas de pala, tal estrechamiento puede formarse durante la fabricación de las propias carcasas de pala, por ejemplo, mediante la selección de moldes de pala perfilados de manera adecuada. Adicional o alternativamente, tal estrechamiento puede proporcionarse mediante un corte o desbastado de los bordes de las carcasas de pala. Por sección que se estrecha, 35 se comprenderá que tal estrechamiento puede comprender un estrechamiento uniforme o un estrechamiento escalonado, y tal estrechamiento puede extenderse a través de todo el grosor de la carcasa de pala, o puede extenderse hasta una profundidad determinada a través la pared de carcasa de pala.

Preferiblemente, dicho material laminado se dispone para rellenar sustancialmente dicho canal de rebaje.

40 En un aspecto, el grosor máximo de dicho material laminado es sustancialmente igual al grosor de dichas carcasas de pala primera y segunda adyacentes a dichos bordes.

Al tener el material laminado la misma profundidad que el grosor de carcasa, el perfil del perfil aerodinámico de la pala diseñada se conserva a través del uso del material laminado en la superficie de contacto entre las carcasas.

45 Preferiblemente, las carcasas de pala se forman a partir de una estratificación de una pluralidad de capas de material fibroso, por ejemplo, fibra de vidrio, fibra de carbono, etc., en donde dicha sección que se estrecha comprende un estrechamiento a través del cuerpo de la carcasa de pala hasta una única capa o pliego de material fibroso.

Preferiblemente, dicho material laminado se aplica de manera que la superficie expuesta del material laminado está sustancialmente alineada con las superficies expuestas de las carcasas de pala primera y segunda adyacentes a dicho canal de rebaje.

50 La disposición del material laminado permite, de este modo, un perfil aerodinámico liso para la superficie externa de la pala en la región de la sobrelaminación.

En un aspecto preferido, dichas secciones que se estrechan primera y segunda se ubican a lo largo de los bordes de ataque de dichas carcasas de pala primera y segunda respectivas. Preferiblemente, dicha etapa de aplicar un material laminado comprende disponer dicho material laminado en dicho canal de rebaje para completar el perfil aerodinámico a lo largo del límite de borde de ataque entre dichas partes de carcasa de pala primera y segunda.

- 5 En un aspecto adicional o alternativo, dichas secciones que se estrechan primera y segunda se ubican a lo largo de los bordes de salida respectivos de dichas carcasas de pala primera y segunda, preferiblemente los bordes de salida adyacentes al extremo de base de dichas carcasas de pala primera y segunda.

Preferiblemente, el método comprende la etapa de proporcionar un material laminado o sobrelaminación formado a partir de sustancialmente el mismo material que dichas carcasas de pala primera y segunda.

- 10 Al proporcionar el material laminado a partir del mismo material que las carcasas de pala, por consiguiente, no existe ninguna diferencia en las propiedades de rigidez entre las carcasas de pala y el material laminado. Tal selección de material reduce considerablemente la posibilidad de formación de grietas estructurales debido a variaciones de rigidez a lo largo de líneas de unión entre carcasas.

- 15 En un aspecto, las carcasas de pala se forman al menos parcialmente a partir de una matriz de un material laminado compuesto por fibras y una resina curada.

Preferiblemente, dicha etapa de aplicar un material laminado o proporcionar una sobrelaminación comprende:

colocar al menos una capa de material fibroso a lo largo de al menos una parte de dicho primer borde y dicho segundo borde de dichas carcasas de pala, preferiblemente en dicho canal de rebaje;

infundir dicha al menos una capa de material fibroso con una resina; y

- 20 curar dicha resina para unir dichas carcasas de pala primera y segunda.

La etapa de infundir puede comprender aplicar resina a una superficie de material fibroso, por ejemplo, aplicación por rodillo, infusión por vacío, etc. Alternativamente, la etapa de aplicar un material laminado puede comprender colocar una pieza de material laminado prefabricada en dicho canal de rebaje, y unir dicha pieza de material laminado en dicho canal de rebaje. Se comprenderá que la resina puede ser cualquier resina adecuada para usarse en una estructura compuesta, preferiblemente al menos una de, o una combinación de, los siguientes: poliéster, viniléster, poliuretano, epoxi.

- 25 En un aspecto, el método comprende además la etapa de tratar la superficie externa del material laminado, de manera que el material laminado está alineado con la superficie externa adyacente de las carcasas de pala primera y segunda. La etapa de tratar puede comprender cualquier superficie tratamiento adecuada para producir una superficie aerodinámicamente lisa sustancialmente libre de defectos, por ejemplo, una operación de pulido.

- 30 En un aspecto, dichas etapas de proporcionar carcasas de pala primera y segunda pueden comprender formar al menos una de dichas carcasas de pala primera y segunda en un molde de carcasa de pala, en el que dicha sección que se estrecha primera y/o segunda se define en dicho molde.

- 35 En un aspecto, se proporciona un molde de carcasa de pala que tiene una sección que se estrecha definida en el perfil de superficie del molde. En un aspecto alternativo, se define una sección que se estrecha usando un inserto de molde.

- 40 En un aspecto alternativo o adicional, dichas etapas de proporcionar carcasas de pala primera y segunda pueden comprender formar una sección que se estrecha a lo largo de al menos una parte de un borde de una carcasa de pala realizando una operación de mecanizado en dicha carcasa de pala. Dicha operación de mecanizado puede comprender desbastado, corte, ataque químico, pulido, etc.

Además, se proporciona una pala de turbina eólica según la reivindicación 9.

La sobrelaminación se aplica a superficies externas de dichas carcasas de pala primera y segunda.

Se comprenderá que dicha al menos una parte de un límite entre dichas carcasas de pala primera y segunda se proporciona sin adhesivo estructural.

- 45 Según la invención, dichas partes de carcasa de pala primera y segunda se unen únicamente mediante una sobrelaminación.

Preferiblemente, se proporciona una pala de turbina eólica que comprende:

una primera carcasa de pala que tiene una primera sección que se estrecha a lo largo de al menos una parte de un borde de dicha primera carcasa; y

una segunda carcasa de pala que tiene una segunda sección que se estrecha a lo largo de al menos una parte de un borde de dicha segunda carcasa,

5 en el que dichas carcasas de pala primera y segunda se disponen de manera que dicha primera sección que se estrecha hace tope contra dicha segunda sección que se estrecha para formar un canal de rebaje ubicado a lo largo de un límite entre los bordes de dichas carcasas de pala primera y segunda, y

en el que la pala de turbina eólica comprende además un material laminado ubicado en dicho canal de rebaje, uniendo dicho material laminado dichas carcasas de pala primera y segunda.

Preferiblemente, dicho material laminado está formado a partir de sustancialmente el mismo material que dichas carcasas de pala primera y segunda.

10 Preferiblemente, dicho material laminado comprende al menos una capa de material fibroso y una resina curada.

Preferiblemente, la pala de turbina eólica comprende un canal de rebaje que se extiende a lo largo de al menos una parte del borde de ataque de dicha pala de turbina eólica, preferiblemente a lo largo de sustancialmente todo el borde de ataque, en el que un material laminado se ubica en el canal de rebaje de borde de ataque y une dichas carcasas de pala primera y segunda a lo largo de dicha al menos una parte del borde de ataque de dicha pala de turbina eólica.

Adicional o alternativamente, la pala de turbina eólica comprende un canal de rebaje que se extiende a lo largo de al menos una parte del borde de salida de la pala de turbina eólica, en el que un material laminado ubicado en el canal de rebaje de borde de salida une dichas carcasas de pala primera y segunda a lo largo de dicha al menos una parte del borde de salida de dicha pala de turbina eólica.

20 Preferiblemente, dicho canal de rebaje de borde de salida se extiende a lo largo del borde de salida en la región de base de la pala de turbina eólica, en el que el material laminado une dichas carcasas de pala primera y segunda a lo largo del borde de salida en la región de base de la pala de turbina eólica.

Adicionalmente, se proporciona una turbina eólica que comprende al menos una pala de turbina eólica tal como se describió anteriormente.

25 Descripción de la invención

Ahora se describirá una realización de la invención, solamente a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la figura 1 muestra una turbina eólica;

la figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica según la invención;

30 la figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil 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 lateral;

la figura 5 ilustra una vista en sección transversal ampliada de una unión de adhesivo de borde de ataque para una pala de turbina eólica de la técnica anterior; y

35 la figura 6 ilustra una vista en sección transversal ampliada de una unión para una pala de turbina eólica según la invención, a lo largo de un borde de ataque de pala de turbina eólica.

Se comprenderá que elementos comunes para las diferentes realizaciones de la invención se han dotado de los mismos números de referencia en los dibujos.

40 La figura 1 ilustra una turbina 2 eólica a barlovento actual convencional según el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, teniendo cada una base 16 de pala lo más cerca posible del buje y una punta 14 de pala lo más lejos posible del buje 8. El rotor tiene un radio denominado R.

45 La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala 10 de turbina eólica. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región 30 de base lo más cerca posible del buje, una región 34 de perfil aerodinámico o perfilada lo más lejos posible del buje y una región 32 de transición entre la región 30 de base y la región 34 de perfil aerodinámico. La pala 10 comprende un borde 18 de ataque orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde 20 de salida orientado hacia la dirección opuesta del borde 18 de ataque.

50 La región 34 de perfil aerodinámico (también denominada la región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a generar sustentación, mientras que la región 30 de base debido a consideraciones estructurales

- tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que facilita y hace que sea más seguro, por ejemplo, montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de base es constante, normalmente, a lo largo de toda la zona 30 de base. La región 32 de transición tiene un perfil 42 de transición que cambia gradualmente de la forma 40 circular o elíptica de la región 30 de base al perfil 50 aerodinámico de la región 34 de perfil aerodinámico. Normalmente, la longitud de cuerda de la región 32 de transición aumenta de manera sustancialmente lineal con un aumento de la distancia desde el buje. La región 34 de perfil aerodinámico tiene un perfil 50 aerodinámico con una cuerda que se extiende entre el borde 18 de ataque y el borde 20 de salida de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye con un aumento de la distancia desde el buje.
- Debe observarse que, normalmente, las cuerdas de diferentes secciones de la pala no se encuentran en un plano común, dado que la pala puede torsionarse y/o curvarse (es decir doblarse previamente), dotando por tanto al plano de cuerda de un recorrido torsionado y/o curvo de manera correspondiente, siendo más habitualmente el caso con el fin de compensar la velocidad local de la pala que depende del radio desde el buje.
- La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil 50 aerodinámico de una pala habitual de una turbina eólica representada con los diversos parámetros, que se usan normalmente para definir la forma geométrica de un perfil aerodinámico. El perfil 50 aerodinámico tiene un lado 52 de presión y un lado 54 de succión, que, durante el uso, es decir durante la rotación del rotor, están orientados normalmente hacia el lado a favor del viento (o barlovento) y el lado en sentido contrario al del viento (o sotavento), respectivamente. El perfil 50 aerodinámico tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda c que se extiende entre un borde 56 de ataque y un borde 58 de salida de la pala. El perfil 50 aerodinámico tiene un grosor t , que se define como la distancia entre el lado 52 de presión y el lado 54 de succión. El grosor t del perfil aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico se aporta por una línea 62 de combadura, que es una línea media a través del perfil 50 aerodinámico. La línea media puede encontrarse dibujando círculos inscritos desde el borde 56 de ataque hasta el borde 58 de salida. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia desde la cuerda 60 se denomina la combadura f . La asimetría también puede definirse por el uso de parámetros denominados combadura superior (o combadura de lado de succión) y combadura inferior (o combadura de lado de presión), que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado 54 de succión y lado 52 de presión, respectivamente.
- A menudo, los perfiles aerodinámicos están caracterizados por los siguientes parámetros: la longitud de la cuerda c , la combadura máxima f , la posición d_f de la combadura máxima f , el grosor máximo de perfil aerodinámico t , que es el mayor diámetro de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de combadura media, la posición d_t del grosor máximo t , y un radio de corte (no mostrado). Estos parámetros se definen, normalmente, como relaciones con respecto a la longitud de cuerda c . Por tanto, un grosor de pala relativo local t/c se proporciona como la relación entre el grosor máximo local t y la longitud de cuerda local c . Además, la posición d_p de la combadura máxima de lado de presión puede usarse como un parámetro de diseño, y, obviamente, también la posición de la combadura máxima de lado de succión. La figura 4 muestra algunos parámetros geométricos adicionales de la pala. La pala tiene una longitud de pala total L . Tal como se muestra en la figura 2, el extremo de base se ubica en la posición $r = 0$, y el extremo de punta se ubica en $r = L$. El hombro 40 de la pala se ubica en una posición $r = L_w$, y tiene una anchura de hombro W , que es igual a la longitud de cuerda en el hombro 40. El diámetro de la base se define como D . Además, la pala se proporciona con una flexión previa, que se define como Δy y, que corresponde a la parte exterior de deflexión de plano desde un eje 22 de cabeceo de la pala.
- La pala 10 de turbina eólica comprende, generalmente, una carcasa fabricada a partir de polímero con refuerzo de fibra, y se realiza, normalmente, como una parte 24 de carcasa de lado de presión o barlovento y una parte 26 de carcasa de lado de succión o sotavento que se unen en conjunto a lo largo de líneas 28 de unión que se extienden a lo largo del borde 20 de salida y el borde 18 de ataque de la pala 10. Generalmente, las palas de turbina eólica están formadas a partir de material de plástico con refuerzo de 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 maciza. Las palas de turbina eólica actuales, a menudo, pueden presentar un exceso de 30 o 40 metros en longitud, presentando diámetros de base de pala de algunos metros. Generalmente, las palas de turbina eólica están diseñadas para tener vidas útiles relativamente largas y para soportar cargas dinámicas y estructurales considerables.
- Con referencia a las líneas 28 de unión, en la figura 6 se ilustra una vista ampliada de una línea de unión de borde de ataque según un aspecto de la invención. En esta realización, los bordes de ataque de las carcasas 24, 26 de pala se unen usando una sobrelaminación, que elimina la necesidad de colocar adhesivo 100 estructural entre las carcasas 24, 26 de pala.
- En este caso se comprenderá que la línea 28 de unión se refiere a la zona general de una sobrelaminación que une las carcasas 24, 26 a barlovento y a sotavento.
- En la figura 6, la parte 24 de carcasa de lado de presión o barlovento y la parte 26 de carcasa de lado de succión o sotavento coinciden en el borde 18 de ataque de la pala 10, en la zona de una línea 28 de unión. Las carcasas 24, 26 comprenden capas o material 70 fibroso suspendido en una resina curada, que puede aplicarse alrededor de partes de un material 72 de núcleo, por ejemplo, madera de balsa, espuma, etc. Los cuerpos de las carcasas 24, 26 se estrechan en grosor hacia los extremos de borde 18 de ataque de las carcasas 24,26, al menos a lo largo de una parte del borde 18 de ataque.

Las carcasas 24, 26 pueden formarse de manera solidaria con tal estrechamiento de los extremos de borde 18 de ataque de las carcasas 24, 26, por ejemplo, a través del uso de carcasas de molde de pala conformadas de manera adecuada (no mostradas) que tienen superficies de perfil de carcasa, y/o insertos de molde, que incorporan un perfil de estrechamiento de borde de ataque. Adicional o alternativamente, el estrechamiento de los extremos de borde 18 de ataque de las carcasas 24, 26 pueden formarse total o parcialmente a través un procedimiento de posmoldeo, por ejemplo, un corte, desbastado o pulido de los extremos de borde 18 de ataque de las carcasas 24, 26 tras haber retirado dichas carcasas 24, 26 de un molde de carcasa de pala (no mostrado). Una vez que las carcasas 24, 26 se han dotado de extremos que se estrechan, las carcasas 24, 26 se acercan y se cierran para formar una pala 10 de turbina eólica, de manera que el extremo de borde de ataque de la carcasa 24 a barlovento hace tope contra el extremo de borde de ataque de la carcasa 26 a sotavento, sin la presencia de un adhesivo estructural entre los extremos de carcasa. Por consiguiente, los extremos de borde 18 de ataque que se estrechan de las carcasas 24, 26 se acercan para formar un canal 74 de rebaje a lo largo de una parte del borde 18 de ataque de la pala 10.

Se aplica una sobrelaminación 76 en el canal 74 de rebaje, la sobrelaminación 76 se extiende entre las partes que se estrechan de las carcasas 24, 26 a barlovento y a sotavento y actúa para unir los bordes de ataque de carcasa en conjunto. En la realización de la figura 6, la sobrelaminación 76 se selecciona de manera que la sobrelaminación 76 rellena sustancialmente el canal 74 de rebaje y está alineada con las superficies adyacentes de las carcasas 24, 26 de pala de turbina eólica, conservando de ese modo el perfil aerodinámico del borde 18 de ataque de la pala 10.

La sobrelaminación 76 comprende, preferiblemente, una pluralidad de capas de material fibroso aplicadas al borde 18 de ataque de la pala 10, proporcionándose las capas de material fibroso en una resina que une las capas de material fibroso en conjunto, al tiempo que también une las partes que se estrechan de las carcasas 24, 26 a barlovento y a sotavento.

La sobrelaminación 76 puede proporcionarse en forma de capas independientes que se infusionan posteriormente con una resina, y/o la sobrelaminación 76 puede proporcionarse como un conjunto o una pila de capas que puede aplicarse como un material preimpregnado, que puede infusionarse al menos parcialmente con una resina no curada, en donde el material preimpregnado puede infusionarse con resina adicional para unir la sobrelaminación 76 a las carcasas 24,26, en las que se cura resina posteriormente.

Preferiblemente, la sobrelaminación 76 se forma a partir del mismo material que el cuerpo de las carcasas 24, 26 de pala de turbina eólica, por ejemplo, como un material de fibra de vidrio y/o de carbono infusionado con una resina adecuada, por ejemplo, poliéster, viniléster, epoxi, etc.

La sobrelaminación 76 permite que las carcasas 24, 26 de pala se unan sin el uso de un adhesivo estructural relativamente pesado y costoso. Además, dado que la sobrelaminación 76 puede estar formada a partir del mismo material que el cuerpo de las carcasas 24, 26 de pala, por consiguiente, la resistencia a fallas de la junta de borde de ataque entre las carcasas 24, 26 se ve aumentada, dado que las diferencias en los niveles de rigidez y otras propiedades de material entre las carcasas y el material de unión se eliminan sustancialmente.

Preferiblemente, la sobrelaminación 76 puede usarse en juntas entre partes de perfil sustancialmente circulares del perfil aerodinámico de la pala 10 de turbina eólica, por ejemplo, a lo largo del borde 18 de ataque de la pala 10, y/o a lo largo del borde 20 de salida próximo al extremo 16 de base de la pala 10. Se comprenderá que el método de unión de la invención puede combinarse con otras técnicas de unión en otras zonas de la pala, por ejemplo, usando adhesivo estructural entre las carcasas de pala.

La etapa de infundir la sobrelaminación 76 puede comprender aplicar una resina a la superficie de un material fibroso aplicado en el canal 74 de rebaje, por ejemplo, usando una aplicación por rodillo, infusión por vacío, etc. Alternativamente, la etapa de aplicar un material laminado puede comprender colocar una pieza de material laminado prefabricada en dicho canal 74 de rebaje, y unir la pieza de material laminado en dicho canal de rebaje con una resina curada.

La realización de la figura 6 muestra los extremos de borde 18 de ataque de las carcasas 24, 26 de pala terminando en una sección que se estrecha. Se comprenderá que el estrechamiento de las carcasas 24, 26 de pala en el borde 18 de ataque puede comprender un estrechamiento total o parcial del grosor del cuerpo de carcasa de pala en dichos extremos. En un aspecto, el estrechamiento puede extenderse a través del cuerpo de las carcasas 24, 26 de pala hasta una única capa de material fibroso. Adicional o alternativamente, los extremos de borde 18 de ataque de las carcasas 24, 26 pueden comprender un estrechamiento escalonado o un estrechamiento parcial a través del grosor del cuerpo de carcasa.

Preferiblemente, el estrechamiento se realiza para tener una sección transversal sustancialmente constante a lo largo de una parte de la longitud longitudinal de las carcasas 24, 26 de pala. Adicional o alternativamente, el estrechamiento puede realizarse de manera dentada o en zigzag a lo largo de la dirección longitudinal de las carcasas 24, 26 de pala. Adicional o alternativamente, el estrechamiento puede realizarse de manera ondulante o similar a onda a lo largo de la dirección longitudinal de las carcasas 24, 26 de pala.

El uso de una sobrelaminación para unir componentes de carcasa de pala permite la fabricación de una pala de turbina eólica que usa de manera reducida el adhesivo estructural. Adicionalmente, el uso de sobrelaminaciones

formadas a partir de sustancialmente el mismo material que el cuerpo de los propios componentes de carcasa de pala da como resultado una reducción del riesgo de fallas estructurales a lo largo de la línea de unión entre componentes, debido a niveles de rigidez y propiedades de material sustancialmente idénticos entre los componentes de carcasa y el material de unión.

- 5 La invención no se limita a la realización descrita en el presente documento, y puede modificarse o adaptarse sin alejarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de al menos una parte de una pala de turbina eólica, en el que el método comprende las etapas de:
- proporcionar una primera carcasa (24) de pala que tiene un primer borde,
- 5 proporcionar una segunda carcasa (26) de pala que tiene un segundo borde, y
- unir dicha primera carcasa de pala a dicha segunda carcasa de pala a lo largo de al menos una parte de dicho primer borde y dicho segundo borde al proporcionar una sobrelaminación (76) que se extiende entre dicho primer borde y dicho segundo borde, en el que dicha sobrelaminación se aplica a superficies externas de dicho primer borde y dicho segundo borde, y
- 10 caracterizado porque dicha unión se realiza sin un adhesivo estructural, en el que a lo largo de al menos una parte de dicho primer borde y dicho segundo borde dichas carcasas de pala se unen usando únicamente la sobrelaminación.
2. Método según la reivindicación 1, en el que dichas carcasas de pala primera y segunda se disponen en donde se define un rebaje en la superficie de contacto entre dicho primer borde y dicho segundo borde, y en donde se recibe dicha sobrelaminación al menos parcialmente dentro de dicho rebaje.
- 15 3. Método de fabricación de al menos una parte de una pala de turbina eólica tal como se reivindica en cualquier reivindicación anterior, en el que el método comprende las etapas de:
- proporcionar una primera carcasa de pala que tiene una primera sección que se estrecha a lo largo de al menos una parte de un borde de dicha primera carcasa;
- 20 proporcionar una segunda carcasa de pala que tiene una segunda sección que se estrecha a lo largo de al menos una parte de un borde de dicha segunda carcasa;
- juntar dichas carcasas de pala primera y segunda de manera que dicha primera sección que se estrecha hace tope contra dicha segunda sección que se estrecha para formar un canal de rebaje ubicado a lo largo de un límite entre los bordes de dichas carcasas de pala primera y segunda; y
- 25 aplicar un material laminado en dicho canal de rebaje para unir dichas carcasas de pala primera y segunda.
4. Método según la reivindicación 3, en el que dicho material laminado se dispone para rellenar sustancialmente dicho canal de rebaje.
5. Método según la reivindicación 3 o la reivindicación 4, en el que dichas secciones que se estrechan primera y segunda se ubican a lo largo de los bordes de ataque de dichas carcasas de pala primera y segunda respectivas.
- 30 6. Método según una cualquiera de las reivindicaciones 3-5, en el que dichas secciones que se estrechan primera y segunda se ubican a lo largo de los bordes de salida respectivos de dichas carcasas de pala primera y segunda, preferiblemente los bordes de salida adyacentes a los extremos de base de dichas carcasas de pala primera y segunda.
- 35 7. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que el método comprende la etapa de proporcionar un material laminado o una sobrelaminación formada sustancialmente a partir del mismo material que dichas carcasas de pala primera y segunda.
8. Método según cualquier reivindicación anterior, en el que dicha etapa de proporcionar una sobrelaminación o aplicar un material laminado comprende:
- 40 colocar al menos una capa de material fibroso a lo largo de al menos una parte de dicho primer borde y dicho segundo borde de dichas carcasas de pala primera y segunda, preferiblemente en dicho canal de rebaje;
- infusionar dicha al menos una capa de material fibroso con una resina; y
- curar dicha resina para unir dichas carcasas de pala primera y segunda.
9. Pala de turbina eólica que comprende:

una primera carcasa (24) de pala, y

una segunda carcasa de pala (26),

5 en la que, para al menos una parte de un límite entre dichas carcasas de pala primera y segunda, dichas partes de carcasa de pala primera y segunda se unen mediante una sobrelaminación (76) sin el uso de un adhesivo estructural, en el que a lo largo de al menos una parte de dicho primer borde y dicho segundo borde dichas carcasas de pala se unen usando únicamente la sobrelaminación, y en el que dicha sobrelaminación se aplica a superficies externas de dichas carcasas de pala primera y segunda.

10. Pala de turbina eólica según la reivindicación 9, que comprende:

10 una primera carcasa de pala que tiene una primera sección que se estrecha a lo largo de al menos una parte de un borde de dicha primera carcasa; y

una segunda carcasa de pala que tiene una segunda sección que se estrecha a lo largo de al menos una parte de un borde de dicha segunda carcasa,

15 en la que dichas carcasas de pala primera y segunda se disponen de manera que dicha primera sección que se estrecha hace tope contra dicha segunda sección que se estrecha para formar un canal de rebaje ubicado a lo largo de un límite entre los bordes de dichas carcasas de pala primera y segunda, y

en la que la pala de turbina eólica comprende además un material laminado ubicado en dicho canal de rebaje, uniendo dicho material laminado dichas carcasas de pala primera y segunda.

20 11. Pala de turbina eólica según la reivindicación 9 o reivindicación 10, en la que dicho material laminado o dicha sobrelaminación está formada a partir de sustancialmente el mismo material que dichas carcasas de pala primera y segunda.

25 12. Pala de turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en la que la pala de turbina eólica comprende un canal de rebaje que se extiende a lo largo de al menos una parte del borde de ataque de dicha pala de turbina eólica, preferiblemente a lo largo de sustancialmente todo el borde de ataque, en la que un material laminado se ubica en el canal de rebaje de borde de ataque y une dichas carcasas de pala primera y segunda a lo largo de dicha al menos una parte del borde de ataque de dicha pala de turbina eólica.

30 13. Pala de turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 9-12, en la que la pala de turbina eólica comprende un canal de rebaje que se extiende a lo largo de al menos una parte del borde de salida de la pala de turbina eólica, en el que un material laminado ubicado en el canal de rebaje de borde de salida une dichas carcasas de pala primera y segunda a lo largo de dicha al menos una parte del borde de salida de dicha pala de turbina eólica, preferiblemente en la región de base de la pala de turbina eólica.

14. Turbina eólica que comprende al menos una pala de turbina eólica tal como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 9-13.

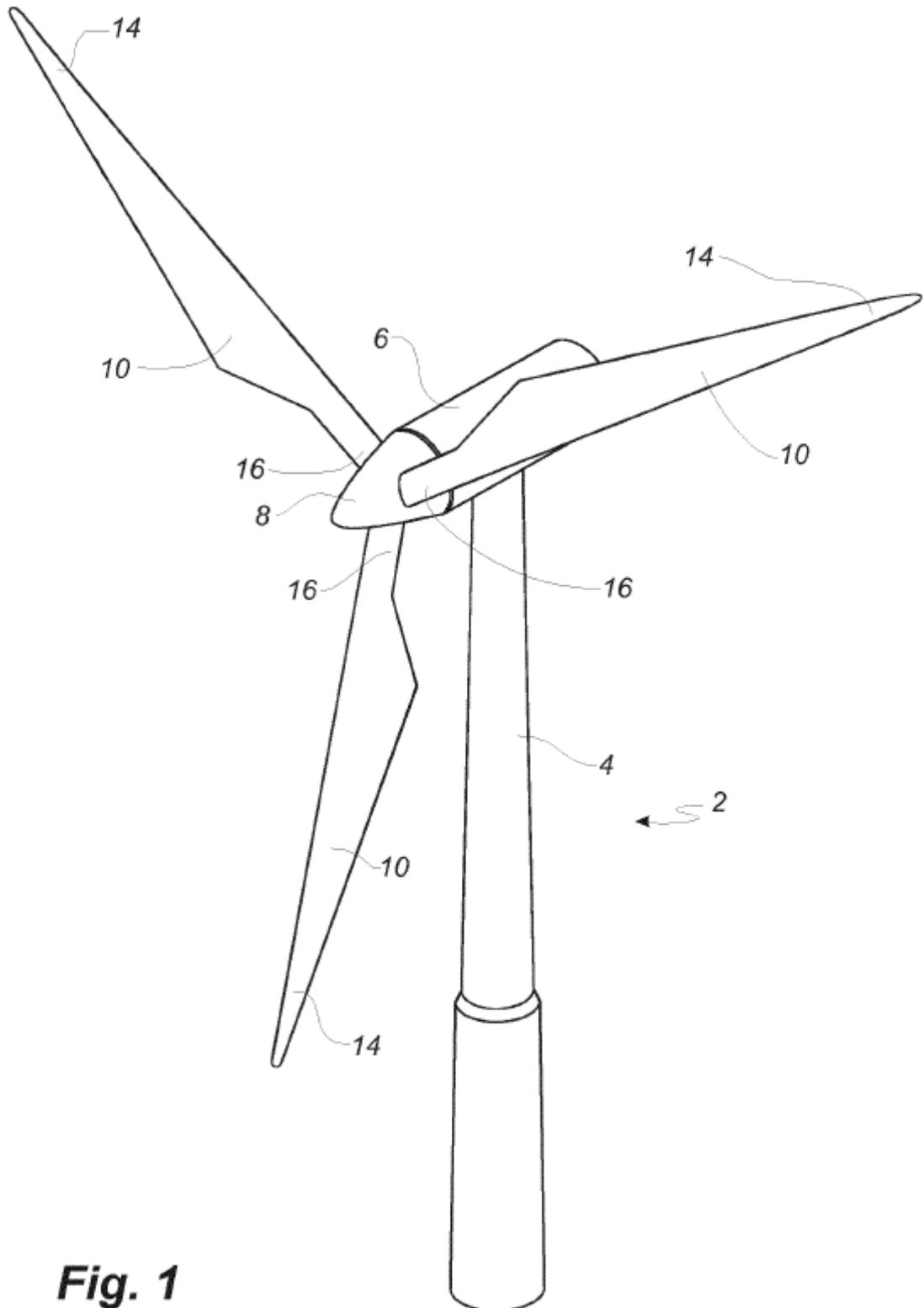


Fig. 1

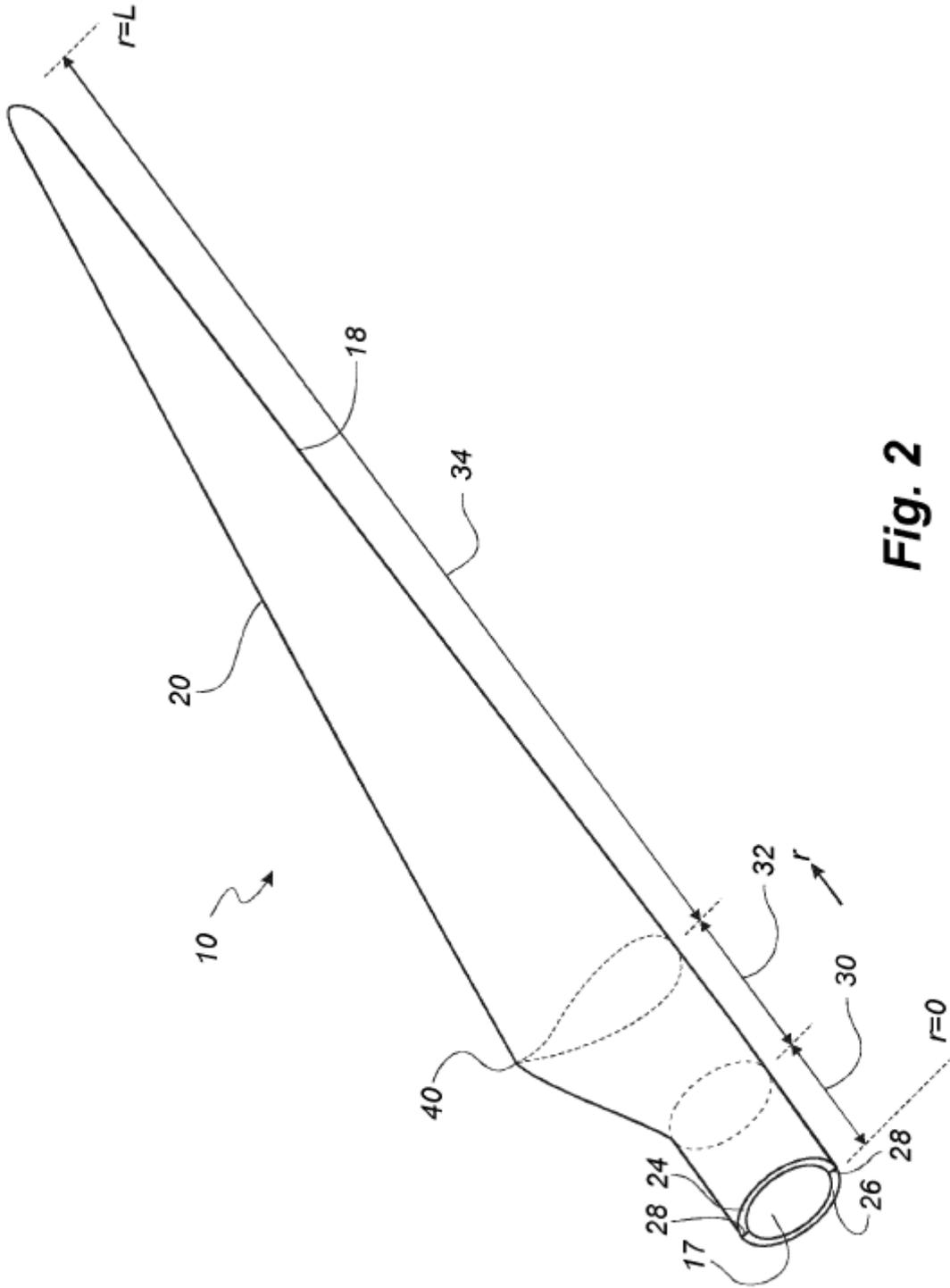


Fig. 2

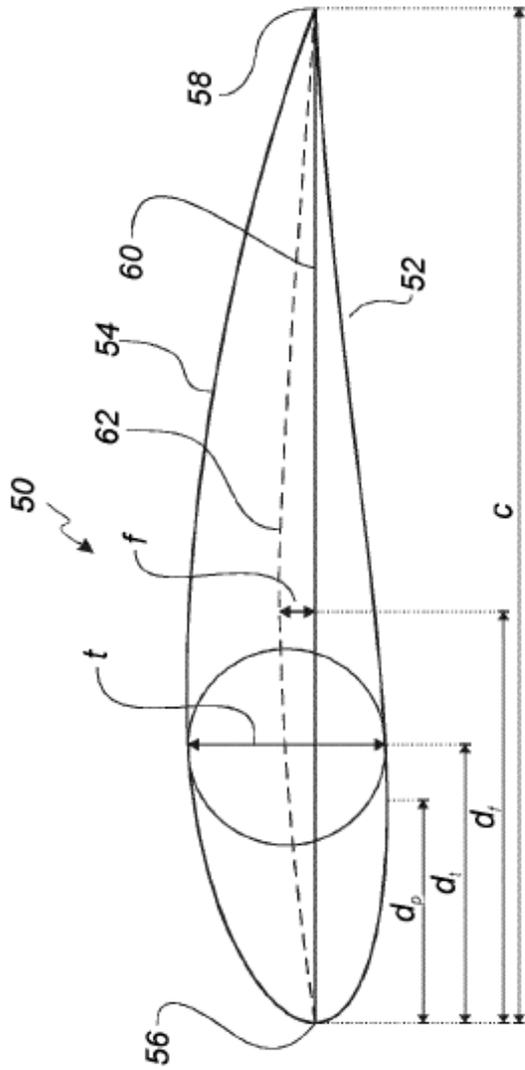


Fig. 3

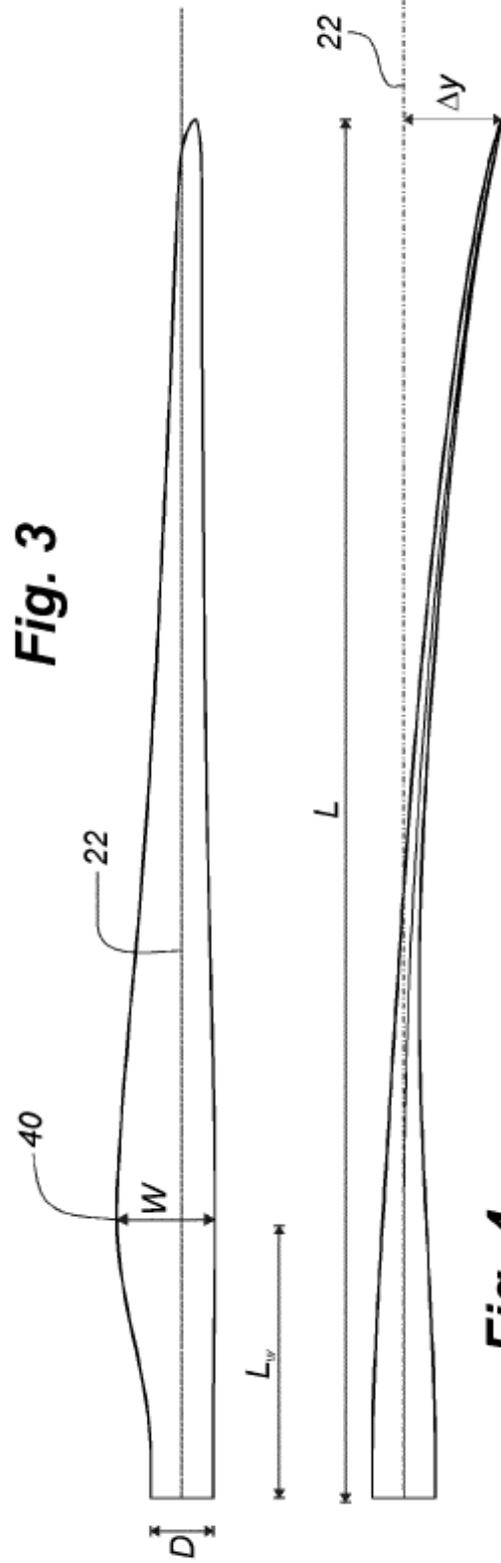


Fig. 4

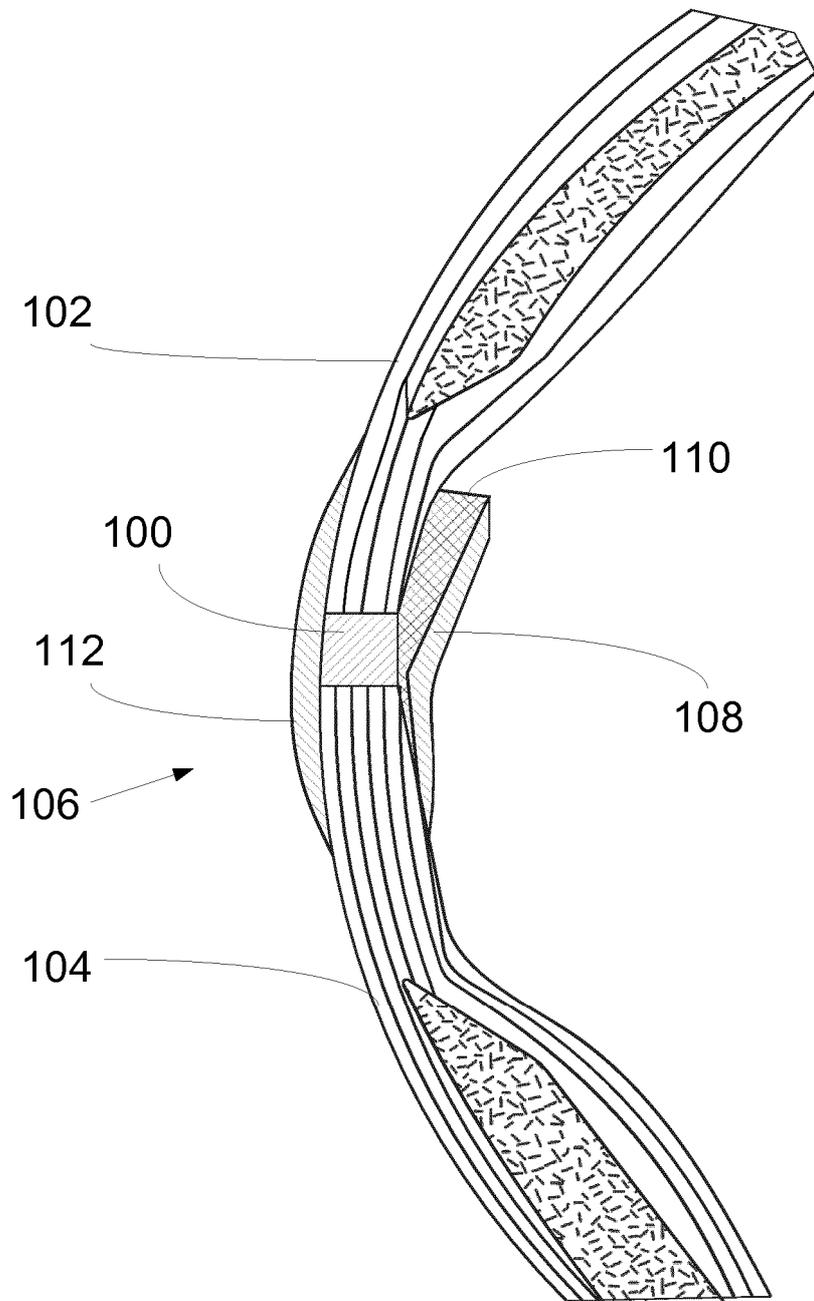


Fig. 5
(Técnica anterior)

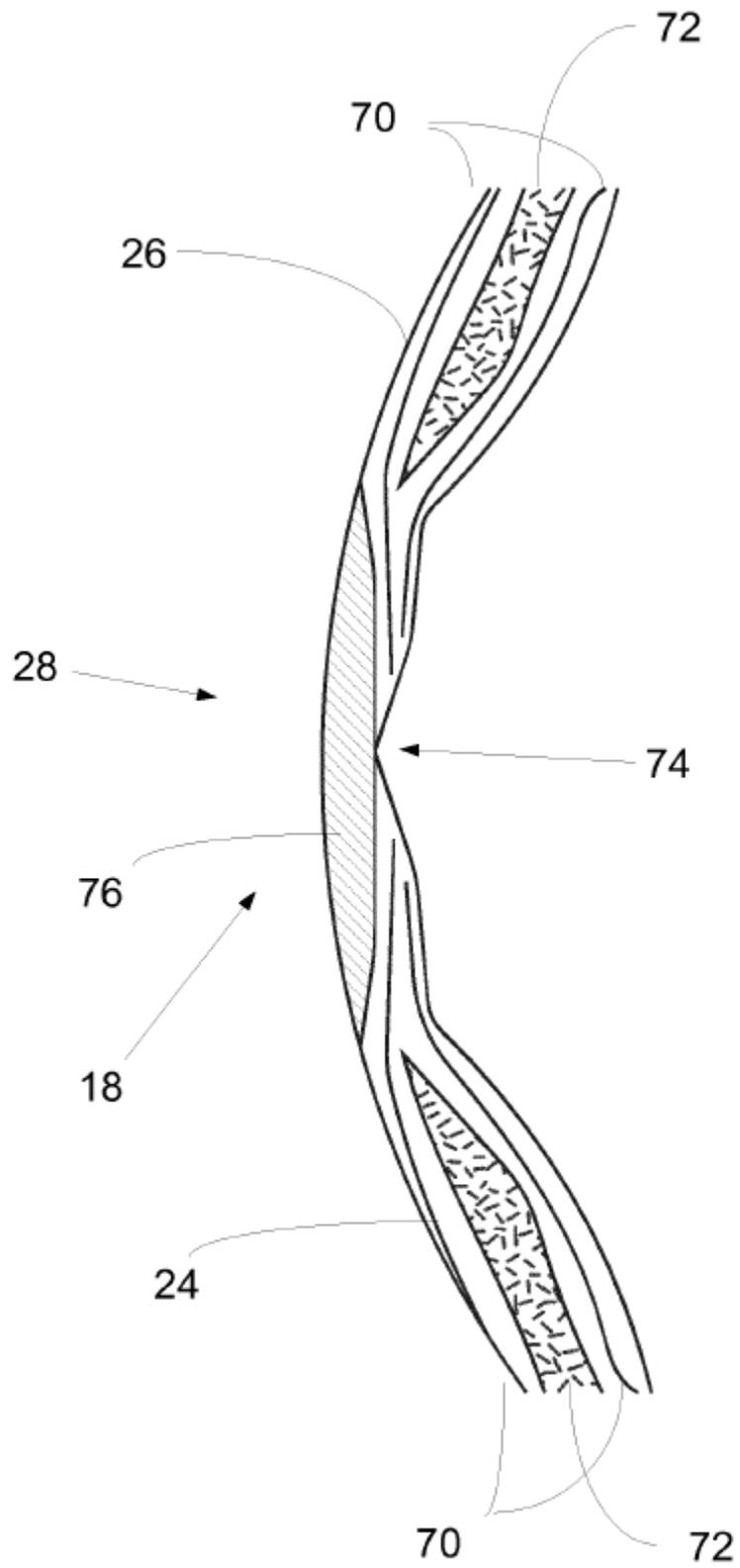


Fig. 6