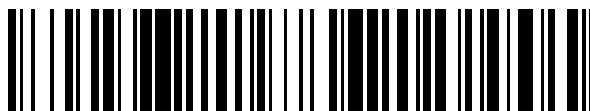


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 939 662**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.04.2018** **E 18169780 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.12.2022** **EP 3396155**

54 Título: **Pala de rotor de una turbina eólica, procedimiento para la fabricación de dicha pala y utilización de un borde de cierre**

30 Prioridad:

27.04.2017 DE 102017004058

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

25.04.2023

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
SERVICE GMBH (100.0%)
Beim Strohause 17-31
20097 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

PREVITALI, FRANCESCO

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 939 662 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, procedimiento para la fabricación de dicha pala y utilización de un borde de cierre

5 La invención se refiere a pala de rotor de una turbina eólica, en donde la pala de rotor presenta un borde delantero y un borde trasero y la pala de rotor se extiende entre una raíz de pala y una punta de pala, en donde la pala de rotor presenta una carcasa del lado de succión y una carcasa del lado de presión que se extienden en ambos casos entre la raíz de pala y la punta de pala, en donde las carcasas están unidas en el borde delantero y al menos parcialmente en el borde trasero, en donde la pala de rotor presenta además un borde de cierre que está dispuesto entre la carcasa del lado de succión y la carcasa del lado de presión en el borde trasero en una zona de raíz de la pala de rotor, en donde la zona de raíz incluye la raíz de pala, en donde el borde de cierre proporciona un borde trasero grueso de la pala de rotor en la zona de raíz, y donde el borde de cierre presenta un reborde adhesivo con una superficie adhesiva que está orientada hacia una superficie interior de la carcasa del lado de succión o de la carcasa del lado de presión.

15 Además, la invención se refiere al uso de un borde de cierre.

Por último, la invención se refiere a un procedimiento para la fabricación de una pala de rotor de una turbina eólica, en donde la pala de rotor presenta un borde delantero y un borde trasero y la pala de rotor se extiende entre una raíz de pala y una punta de pala, en donde la pala de rotor presenta una carcasa del lado de succión y una carcasa del lado de presión que se extienden en ambos casos entre la raíz de pala y la punta de pala, en donde la pala de rotor se fabrica mediante la unión de las carcasas en el borde delantero y al menos parcialmente en el borde trasero, en donde la pala de rotor presenta además un borde de cierre que está dispuesto entre la carcasa del lado de succión y la carcasa del lado de presión en el borde trasero en una zona de raíz de la pala de rotor, en donde la zona de raíz incluye la raíz de pala, en donde el borde de cierre proporciona un borde trasero grueso de la pala de rotor en la zona de raíz, y donde el borde de cierre presenta un reborde adhesivo con una superficie adhesiva que está orientada hacia una superficie interior de la carcasa del lado de succión o de la carcasa del lado de presión.

Las palas de rotor de las turbinas eólicas son conocidas de manera general, por ejemplo, a partir del documento CN 104 696 167 A. Muchas palas de rotor presentan un dorso grueso en la zona de la raíz. En el contexto de esta descripción, la zona de raíz presenta el reborde de pala de rotor, lo que significa que la zona de raíz se extiende desde el reborde de pala de rotor en dirección a la punta de pala de rotor, por ejemplo, en un 10 % o un 20 % de la longitud total de la pala de rotor. El reborde de pala de rotor proporciona una superficie de unión con el cojinete de pala de rotor, que a su vez está unido al buje del rotor.

35 El dorso grueso de la pala de rotor a menudo se configura con un borde de cierre, que puede ser un componente prefabricado que posteriormente se une a las carcasas de pala de rotor (también prefabricadas). El borde de cierre se extiende hasta la zona de raíz. Sin embargo, no es necesario que el borde de cierre se extienda por toda la zona de raíz. Por ejemplo, el borde de cierre comienza a cierta distancia de la raíz de la pala y termina a también a cierta distancia del final de la zona de la raíz. En la zona de la raíz, la pala de rotor suele estar expuesta a elevadas cargas mecánicas durante el funcionamiento de la turbina eólica. Por lo tanto, la unión entre el borde de cierre y las carcasas de pala de rotor también debe soportar grandes cargas. Por lo tanto, es deseable disponer de una unión robusta, fiable y de alta resistencia entre estas piezas.

45 Sin embargo, la unión del borde de cierre y las carcasas de pala de rotor es susceptible a desviaciones de fabricación. Esto suele ocurrir debido a las dificultades para colocar los componentes antes del montaje final de la pala de rotor. Existen esencialmente dos enfoques técnicos para unir el borde de cierre a las carcasas de pala de rotor. Por un lado, el borde de cierre presenta rebordes adhesivos que están unidos a las superficies interiores tanto de la carcasa del lado de succión como de la carcasa del lado de presión por medio de una pasta adhesiva. El exterior de esta unión se refuerza mediante el uso de un laminado de capas dispuestas en el exterior de la pala de rotor. Este diseño es adecuado preferiblemente para uniones que presentan un ángulo de esencialmente 90° entre las dos partes unidas. Por otro lado, las dos piezas se unen por su superficie lateral, lo que significa que se forma una junta a tope. A su vez, el lado exterior de los dos componentes se refuerza utilizando laminados adicionales.

55 En vista de este estado de la técnica, es un objetivo de la invención proporcionar una pala de rotor de una turbina eólica, un borde de cierre para una pala de rotor de una turbina eólica, el uso del borde de cierre, y un procedimiento de fabricación de una pala de rotor de una turbina eólica, en donde se mejora una unión entre el borde de cierre y al menos una de las carcasas de pala de rotor. En particular, la unión entre el borde de cierre y la carcasa de pala de rotor deberá ser muy resistente a las solicitaciones mecánicas, en donde se ponga a disposición un diseño robusto que, además, preferiblemente sea menos sensible con respecto a las desviaciones de fabricación.

60 El objetivo se resuelve mediante una pala de rotor de una turbina eólica según la reivindicación 1.

65 En el contexto de esta descripción, una pala de rotor presenta un “borde trasero grueso” cuando el perfil de la pala no termina con un borde posterior afilado. La pala de rotor presenta una sección final gruesa. Esto significa que la relación entre el espesor local de la pala y la longitud total de la cuerda es superior al 5 %. El espesor local de la pala es la distancia entre la carcasa del lado de succión y la carcasa del lado de presión, en donde este espesor se determina

en una posición, por ejemplo, de al menos el 95 % de la longitud de cuerda. La longitud de la cuerda se determina entre el borde delantero y el punto más alejado del borde delantero, medido a lo largo del eje de la cuerda.

5 La pala de rotor presenta un borde de cierre con un reborde adhesivo que, por un lado, es fácil de fabricar y, por otro, es muy resistente frente a sollicitaciones mecánicas. El borde de cierre puede fijarse o unirse de forma fácil y fiable a al menos una de las carcasas de pala de rotor, por ejemplo, mediante una pasta adhesiva. En otras palabras, la unión presenta un diseño estable y robusto. El borde de cierre puede presentar únicamente un reborde adhesivo o dos rebordes adhesivos. Ventajosamente, el borde de cierre presenta dos rebordes adhesivos que están dispuestos a ambos lados del borde de cierre. Esto significa que el borde de cierre presenta dos rebordes adhesivos dispuestos en
10 lados opuestos.

En particular, el al menos un reborde adhesivo se extiende en una dirección longitudinal del borde de cierre. El borde de cierre que presenta el reborde adhesivo puede tener forma de L en una sección transversal perpendicular a la dirección longitudinal. El propio reborde adhesivo es un brazo de la estructura en forma de L. En este contexto, el reborde adhesivo puede incluir una superficie frontal del borde de cierre, en donde esta cara frontal está orientada hacia una superficie interior de la carcasa de pala de rotor. El ángulo entre los dos brazos de la estructura en forma de L puede ser de al menos unos 90°, aunque también puede desviarse de los 90°. Por ejemplo, el ángulo entre los dos brazos de la estructura en forma de L puede partir de un ángulo de 150°, por lo que puede desviarse de 90° en un rango de hasta 60°, en donde el ángulo entre los dos brazos puede ser mayor o menor que 90°.

Las capas de fibra que se extienden más allá del núcleo pueden estar laminadas sobre el núcleo. También se prevé que las capas de fibra estén dispuestas sobre el núcleo. Cuando finalmente se ensambla la pala de rotor, por ejemplo, mediante infusión de resina, las capas de fibra se fijan al núcleo.

25 Por ejemplo, el núcleo está fabricado de un material de núcleo típico que se utiliza a menudo durante la fabricación de las palas de rotor. Se trata, por ejemplo, de espuma o madera de balsa. Las capas de fibra pueden ser capas de fibra de vidrio o de carbono con una orientación que discurra unidireccional o transversalmente. Una pluralidad de capas de fibra forma un laminado.

30 Las capas de fibra que forman el reborde adhesivo pueden ser capas de fibra dispuestas en el interior o en el exterior del núcleo del borde de cierre. Por ejemplo, una o varias capas de fibra dispuestas en el lado exterior del núcleo sobresalen de este y forman una parte del reborde adhesivo. Lo mismo ocurre con las capas de fibra, que pueden disponerse en el lado interior del núcleo. También se prevé que el reborde adhesivo esté formado por capas de fibra dispuestas a ambos lados del núcleo.

35 En un diseño ventajoso de la invención, un componente de refuerzo está unido al borde de cierre y el reborde adhesivo de tal manera que queda orientado hacia un lado interior de la pala de rotor. En un diseño de la invención el componente de refuerzo es una capa de fibra adicional que se extiende en una superficie interior del borde de cierre y el reborde adhesivo. Una capa adicional de fibra es fácil de fabricar y proporciona un refuerzo eficaz de la unión entre los dos componentes.

40 En otro diseño ventajoso de la invención, el componente de refuerzo es un relleno de borde que está dispuesto en una esquina entre una superficie interior del borde de cierre y una superficie interior del reborde adhesivo. En particular, al menos una capa adicional de fibra se extiende en una superficie interior del borde de cierre, en una superficie interior del relleno de borde y en una superficie interior del reborde adhesivo. Estas capas adicionales de fibra forman una parte preferiblemente del componente de refuerzo. A su vez, el relleno de borde puede estar laminado sobre los componentes adicionales o puede estar dispuesto en los componentes. El relleno de borde puede unirse a otros componentes durante la operación de fabricación final de la pala de rotor, por ejemplo, durante la infusión de resina.

50 El relleno de borde puede presentar una de las siguientes formas en una sección transversal que es esencialmente perpendicular al eje longitudinal del borde de cierre. Por ejemplo, el relleno de borde puede presentar la forma de un triángulo, un triángulo rectángulo o un triángulo isósceles. Todo triángulo rectángulo está formado por dos catetos y una hipotenusa. Con esta consideración, el relleno de borde puede tener forma de triángulo con esquinas redondeadas en el punto unión de los dos lados. Además, el relleno de borde puede tener la forma de un triángulo con una hipotenusa curva, por ejemplo, una hipotenusa curva cóncava o convexa. Además, la hipotenusa puede ser una cadena poligonal, por ejemplo, curvada cóncava o convexamente.

60 El relleno de borde puede cubrirse con una capa adicional de fibra para evitar que se desprenda. El relleno de borde puede ser, por un lado, un elemento prefabricado (con o sin la capa o capas de recubrimiento) o puede fabricarse utilizando, por ejemplo, pasta adhesiva aplicada directamente al pie endurecido entre los dos componentes. El relleno de borde también puede estar fabricado de material de núcleo, que es, por ejemplo, espuma, madera de balsa, madera laminada o resina (con o sin fibras reforzadas). El relleno de borde permite reducir la carga en la unión entre el reborde adhesivo y el borde de cierre.

En otro diseño de la invención, el borde de cierre presenta al menos una capa de refuerzo de fibra terminal que se extiende alrededor de una parte de canto del núcleo. La parte de canto presenta una cara frontal que está orientada hacia una superficie interior de la carcasa del lado de succión o de la carcasa del lado de presión.

5 Por ejemplo, una capa de refuerzo de fibra terminal es una de las capas de fibra que forman una parte de un laminado interior o exterior que está laminado o dispuesto sobre el núcleo. Una capa de fibra laminada o dispuesta en el interior o el exterior del núcleo se extiende alrededor de la parte de canto del núcleo hasta el lado opuesto del núcleo. También es posible que la capa de refuerzo de fibra terminal sea una capa de fibra adicional. Esta capa adicional se forma como una escotadura en forma de U en la que se dispone el núcleo (que presenta otras capas de fibra o que no presenta otras capas de fibras).

En otro diseño ventajoso, el núcleo presenta esquinas redondeadas al menos en la superficie frontal que está orientada hacia la unión entre el borde de cierre y la superficie interior de las carcasas de pala de rotor. Las esquinas redondeadas evitan picos en la distribución de la solicitación mecánica en la unión de los componentes. El hueco resultante de las esquinas redondeadas puede rellenarse, por ejemplo, con hebras fibrosas. También es posible dejar el hueco vacío. El hueco puede rellenarse posteriormente durante el proceso de infusión de resina. La capa de refuerzo de fibra terminal puede laminarse sobre el núcleo o el núcleo puede ser enrollado en esta capa. A su vez, puede establecerse una unión entre las capas y el núcleo durante la posterior impregnación o infusión de resina de la pala de rotor.

Según la invención, al menos la carcasa del lado de succión y la carcasa del lado de presión presenta un relleno del borde posterior que define al menos parcialmente un contorno geométrico de una superficie de unión de la carcasa. La superficie de unión es una superficie de junta con la superficie adhesiva del reborde adhesivo en la unión entre el borde de cierre y la carcasa.

El relleno de borde posterior está dispuesto de manera directamente adyacente al núcleo o al laminado del núcleo de la carcasa de pala de rotor. El relleno de borde posterior permite mejorar la calidad de la superficie de unión, por un lado, para controlar la forma de la superficie de contacto con el reborde adhesivo del borde de cierre o para controlar la alineación y/o la geometría de los dos componentes. El relleno de borde posterior moldeado puede estar dispuesto directamente junto al núcleo sándwich o, dependiendo del diseño de la pala de rotor, en otro componente de núcleo estructural y prefabricado, por ejemplo, una cuerda. Por ejemplo, el relleno de borde posterior está cubierto por al menos una capa de fibra. La forma del relleno de borde posterior puede ser tal que se consiga la geometría de interfaz deseada. Pueden ser necesarias otras mejoras, por ejemplo, un recorte, para eliminar el exceso de laminado y conseguir una forma de superficie o hueco adhesivo deseado.

Utilizando el relleno de borde posterior, se puede reducir la masa necesaria de pasta adhesiva y mejorar significativamente la calidad de las superficies de unión. Además, se puede evitar el recorte, por ejemplo, de la cuerda u otro material del núcleo. Ventajosamente, ni el núcleo ni la cuerda se dañan o se ponen en peligro durante el recorte, aun si se producen desviaciones en el posicionamiento del borde de cierre o de la carcasa.

No se reivindica un borde de cierre de una pala de rotor de una turbina eólica, en donde la pala de rotor presenta un borde delantero y un borde trasero y la pala de rotor se extiende entre una raíz de pala y una punta de pala, en donde la pala de rotor presenta una carcasa del lado de succión y una carcasa del lado de presión que se extienden en ambos casos entre la raíz de pala y la punta de pala, en donde las carcasas están unidas en el borde delantero y al menos parcialmente en el borde trasero, en donde el borde de cierre está concebido para disponerse entre la carcasa del lado de succión y la carcasa del lado de presión en el borde trasero en una zona de raíz de la pala de rotor, en donde la zona de raíz incluye la raíz de pala, en donde el borde de cierre proporciona un borde trasero grueso de la pala de rotor en la zona de raíz, y donde el borde de cierre presenta un reborde adhesivo con una superficie adhesiva que está orientada hacia una superficie interior de la carcasa del lado de succión o de la carcasa del lado de presión, en donde el borde de cierre se mejora aún más de tal modo que el borde de cierre es un compuesto de fibra con un núcleo y capas de fibra que se extienden a lo largo de la superficie del núcleo, en donde una parte de las capas de fibra sobresalen del núcleo y forman el reborde adhesivo.

Las mismas ventajas, o similares, que se han mencionado con respecto a la pala de rotor de la turbina eólica se aplican de la misma manera, o similar, al borde de cierre. No se mencionan explícitamente para evitar repeticiones. El borde de cierre puede mejorarse mediante las características que se han mencionado con referencia a la pala de rotor. Tales combinaciones reproducen, en particular, otros diseños del borde de cierre.

El objetivo también se resuelve mediante el uso de un borde de cierre según la reivindicación 6. Asimismo, con respecto al uso de un borde de cierre, se cumplen de la misma manera o similar las mismas ventajas o similares mencionadas con respecto a la pala de rotor y, por lo tanto, no se repiten.

El objetivo también se resuelve mediante un procedimiento para la fabricación de una pala de rotor de una turbina eólica según la reivindicación 7.

Las mismas ventajas o similares mencionadas con referencia a la pala de rotor también se cumplen para el procedimiento según aspectos de la invención y no se repiten.

5 En un diseño ventajoso de la invención, una unión entre el borde de cierre y el reborde adhesivo se refuerza mediante la disposición de un componente de refuerzo en el borde de cierre y el reborde adhesivo, en donde este se orienta hacia el interior de la pala de rotor.

10 Además, la unión entre el borde de cierre y el reborde adhesivo puede reforzarse mediante la disposición de una capa de fibra adicional que se extiende por la superficie interior del borde de cierre y el reborde adhesivo. Esta capa adicional puede laminarse o disponerse en la superficie interior del reborde adhesivo y del borde de cierre.

15 En otro diseño ventajoso de la invención, la unión entre el borde de cierre y el reborde adhesivo se refuerza mediante la disposición de un relleno de borde entre una superficie interior del borde de cierre y una superficie interior del reborde adhesivo. En particular, al menos una capa adicional de fibra puede disponerse en una superficie interior del borde de cierre, en una superficie interior del relleno de borde y en una superficie interior del reborde adhesivo.

20 También es ventajoso que el borde de cierre sea una pieza compuesta de fibra con un núcleo. La al menos una capa de refuerzo de fibra terminal está dispuesta de tal modo que se extiende alrededor de una parte de canto del núcleo. La parte de canto presenta una superficie frontal que está orientada hacia una superficie interior de la carcasa del lado de succión o de la carcasa del lado de presión.

25 Según la invención, el procedimiento prevé que un relleno de borde posterior se disponga al menos en la carcasa del lado de succión y/o la carcasa del lado de presión de tal modo que defina al menos parcialmente un contorno geométrico de una superficie de unión de la carcasa. La superficie de unión es una superficie de junta con una superficie adhesiva del reborde adhesivo en la unión entre el borde de cierre y la carcasa.

Otras características de la invención se desprenden de la descripción de los diseños según la invención junto con las reivindicaciones, con referencia a las figuras.

30 La invención se describe a continuación, sin limitar la intención general de la invención, sobre la base de ejemplos de diseño, en donde se remite expresamente a los dibujos con respecto a la divulgación de todas las características según la invención que no se mencionan explícitamente con mayor detalle en el texto. Los dibujos muestran en:

35 la Figura 1 una vista frontal simplificada de una turbina eólica,

la Figura 2 una vista en perspectiva simplificada de una pala de rotor con un borde trasero grueso,

40 las Figuras 3a a 3c vistas simplificadas en sección transversal de fragmentos de un borde de cierre que presenta un reborde adhesivo,

la Figura 4 una sección transversal simplificada de un borde de cierre que presenta un reborde adhesivo y, además, un relleno de borde dispuesto en un canto entre la superficie interior del borde de cierre y una superficie interior del reborde adhesivo,

45 las Figuras 5a a 5c etapas de un procedimiento para la fabricación de un borde de cierre que presenta un reborde adhesivo y un relleno de borde,

las Figuras 6a a 6f vistas transversales simplificadas de diferentes rellenos de borde,

50 las Figuras 7a a 7c vistas transversales simplificadas de fragmentos de un borde de cierre con un elemento nuclear con esquinas redondeadas,

55 las Figuras 8a a 8c vistas transversales simplificadas de fragmentos de la unión entre el borde de cierre y una carcasa de pala de rotor (figura 8a) y dos disposiciones diferentes de una carcasa de pala de rotor (figuras 8b y 8c), en donde las carcasas de pala de rotor presentan en cada caso un relleno de borde posterior,

la Figura 9 otra vista en sección simplificada que muestra la unión entre una carcasa de pala de rotor y un borde de cierre, y

60 las Figuras 10a y 10b vistas transversales simplificadas de fragmentos que muestran una unión entre un borde de cierre y una carcasa de pala de rotor según el estado de la técnica.

En los dibujos, los tipos de elementos iguales o similares o de correspondientes partes equivalentes se indican con las mismas referencias para evitar una reintroducción del objeto.

65

La figura 1 muestra una turbina eólica 2 con un rotor 4 que presenta tres palas 6 a modo de ejemplo. Las palas 6 de rotor se extienden entre una raíz 8 de pala y una punta 12 de pala en una dirección longitudinal L. En la raíz 8 de pala, las palas 6 de rotor están unidas a un buje 10 de pala de rotor. Cada pala 6 de rotor tiene un borde delantero 14 y un borde trasero 16, un lado 18 de presión y un lado 20 de succión, en donde este último está orientado hacia fuera en la ilustración en la figura 1. Las palas 6 de rotor están formadas por carcasa de pala de rotor, a saber, una carcasa 22 del lado de presión y una carcasa 24 del lado de succión. En la figura 1 solo se ve la carcasa 22 del lado de succión. Ambas carcasa 22, 24 de pala de rotor se extienden entre la raíz 8 de pala y la punta 12 de pala. Las carcasa 22, 24 de pala de rotor están unidas en el borde delantero 14, que está expuesto al viento durante la rotación del rotor 4. La pala 6 de rotor tiene un perfil trasero grueso en una zona de raíz. Fuera de la zona de raíz, las carcasa 22, 24 de pala de rotor están directamente unidas al borde delantero 14 y al borde trasero 16. En la zona de raíz, la pala 6 de rotor presenta un borde 30 de cierre, que está dispuesto entre las carcasa 22, 24 de pala de rotor y forma la parte trasera gruesa.

La figura 2 muestra una vista en perspectiva simplificada de una pala 6 de rotor con un borde trasero grueso en la zona 26 de raíz. La zona 26 de raíz se extiende, por ejemplo, un 10 % o 20 % de la longitud máxima de la pala 6 de rotor, en donde la zona 26 de raíz empieza en la raíz 8 de pala y se extiende hacia la punta 12 de pala. En la zona 26 de raíz, la pala 6 de rotor presenta un perfil 28 de pala de rotor que es grueso en el borde trasero 16. El perfil 28 de la pala de rotor cambia continuamente en la dirección de la punta 12 de pala. Fuera de la zona 26 de raíz, tiene un borde trasero 16 afilado o en ángulo agudo.

La parte gruesa del borde trasero de la pala 6 de rotor en la zona 26 de raíz está formada por un borde 30 de cierre. El borde 30 de cierre está situado entre la carcasa 24 del lado de succión y la carcasa 22 del lado de presión en el borde trasero 16 de la pala 6 de rotor en la zona 26 de raíz. No es necesario que el borde 30 de cierre se extienda a lo largo de toda la longitud de la zona 26 de raíz. Por ejemplo, el borde 30 de cierre puede comenzar a una distancia de la raíz 8 de pala donde el perfil pasa de un perfil redondo a un perfil con un borde trasero 16 grueso.

La **figura 10** muestra una vista simplificada en sección transversal de una unión entre el borde 30 de cierre y una de las carcasa 22, 24 de pala de rotor. A modo de ejemplo, se hace referencia a la unión del borde 30 de cierre con la carcasa 22 del lado de presión. La figura 10 muestra la situación según el estado de la técnica.

El borde 30 de cierre presenta un reborde adhesivo 32 con una superficie adhesiva 34 orientada hacia una superficie interior 36 de la carcasa 22 del lado de presión. La carcasa 22 del lado de presión incluye un laminado interior 38 y un laminado exterior 40 y un miembro central, por ejemplo, una cuerda 42 de borde trasero dispuesta entre los laminados 38, 40. El reborde adhesivo 32 del borde 30 de cierre está unido a la superficie interior 36 de la carcasa 22 del lado de presión mediante una pasta adhesiva 44. Durante la fabricación de la pala 6 de rotor, a menudo es difícil lograr un posicionamiento preciso del borde 30 de cierre, por lo que pueden producirse recortes de partes estructurales o sensibles de la carcasa. Esto es lo que indican las líneas discontinuas de la figura 10a. Para conseguir una transición suave entre la carcasa 22 del lado de presión y el borde 30 de cierre, deben recortarse la cuerda 42 y los laminados 38, 40. La parte eliminada se indica en este sentido con líneas discontinuas. Sin embargo, el recorte no es deseable ya que supone una etapa de trabajo larga y costosa durante la fabricación de la pala 6 de rotor y puede reducir la capacidad de carga de la pala 6 de rotor.

La figura 10b muestra otro ejemplo de unión entre un borde 30 de cierre y una carcasa 22 del lado de presión. Contrariamente a la situación mostrada en la figura 10a, el borde 30 de cierre no está situado demasiado hacia el interior, sino ligeramente hacia el exterior. Debido a la forma de la superficie interior 26 de la carcasa 22 del lado de presión en esta zona, fue necesario aplicar una gran cantidad de pasta adhesiva 44 para esta unión. Esto no es deseable porque el uso extensivo de pasta adhesiva 44 no es rentable. Además, puede causar problemas de fabricación, por ejemplo, debido a reacciones exotérmicas, y/o puede incumplir la tolerancia de las separaciones adhesivas máximas.

Las siguientes representaciones pertenecen a diseños de la invención.

Las figuras 3a a 3c muestran vistas simplificadas en sección transversal de fragmentos de un borde de cierre con un reborde adhesivo. El borde 30 de cierre es un componente compuesto de fibra que presenta un núcleo 46 y capas 48 de fibra que se extienden en la superficie 50 del núcleo 46. El núcleo 46 está fabricado de un material de núcleo típico comúnmente utilizado durante la fabricación de una pala 6 de rotor, por ejemplo, espuma o madera de balsa. Una parte de las capas 48 de fibra, que se aplican al núcleo 46, se extienden más allá del núcleo 46 para formar un reborde adhesivo 32.

En la figura 3a, las capas 48 de fibra que forman el reborde adhesivo 32 son las capas 48 de fibra más interna y más externa de un laminado interior 52 y de un laminado exterior 54 aplicados a superficies opuestas 50 del núcleo 46. En la figura 3b, la capa 48 de fibra más interna y la capa 48 de fibra más externa del laminado interior 52 y del laminado exterior 54 sobresalen correspondientemente del núcleo 46 para formar el reborde adhesivo 32. En la figura 3c, algunas de las capas 48 de fibra que forman el laminado interior 52 y algunas de las capas 48 de fibra que forman el laminado exterior 54 se extienden más allá del núcleo 46 para formar el reborde adhesivo 32. A modo de ejemplo, cada tercera capa 48 de fibra que forma el laminado interior 52 sobresale del núcleo 46 y forma una parte del reborde

adhesivo 32. La capa exterior 54 presenta capas 48 de fibra que sobresalen más allá del núcleo 46, que, también a modo de ejemplo, son únicamente una de cada dos o cada tres capas 48 de fibra. En el contexto de la presente descripción, la característica según la cual las capas 48 de fibra sobresalen más allá del núcleo 46 significa que las capas 48 de fibra se extienden a lo largo de las superficies laterales 50 del núcleo 46 y presentan una longitud mayor que la del núcleo 46 en la dirección que es vertical en las figuras 3a a 3c. Esta dirección es perpendicular a la dirección longitudinal L de la pala 6 de rotor (véase la figura 2).

La figura 4 muestra una vista en sección transversal simplificada y fragmentaria del borde 30 de cierre y el reborde adhesivo 32, que presenta un relleno 56 de borde. El relleno 56 de borde está dispuesto en la esquina entre una superficie interior del borde 30 de cierre, en donde está dispuesto el laminado interior 52, y una superficie interior del reborde adhesivo 32 que está orientado opuestamente a la superficie adhesiva 34. En el contexto de esta descripción, una superficie interior está orientada hacia un interior IN de la pala 6 de rotor. El relleno 56 de borde puede estar fabricado de un material de núcleo que es, por ejemplo, espuma, madera de balsa o pasta adhesiva. Opcionalmente, hay una capa adicional 58 de fibra (o una pluralidad de ellas) dispuesta en una superficie interior del borde 30 de cierre, en una superficie interior del relleno 56 de borde y en una superficie interior del reborde adhesivo 32. El relleno 56 de borde, junto con la capa 58 de fibra adicional opcional, constituye un componente de refuerzo. Según otro diseño, que no se muestra, únicamente está presente una capa adicional de fibra que se extiende únicamente a lo largo de la superficie interior del borde 30 de cierre y la superficie interior del reborde adhesivo 32. Esta capa de fibra adicional no se extiende a lo largo de la superficie interior del relleno 56 de borde. Por supuesto, las dos opciones pueden combinarse ventajosamente, lo que significa que una capa de fibra adicional está dispuesta en la superficie del borde 30 de cierre y del reborde adhesivo 32, y en la superficie de estos está dispuesto el relleno 56 de borde que presenta la(s) capa(s) 58 de fibra adicional(es) y opcional(es). Todos estos diseños refuerzan la unión entre el reborde adhesivo 32 y el borde 30 de cierre.

Las figuras 5a a 5c ilustran distintas etapas de un procedimiento para la fabricación de un borde 30 de cierre que presenta un reborde adhesivo 32 y el relleno 56 de borde.

En primer lugar, se proporciona un borde 30 de cierre que presenta un reborde adhesivo 32. Este borde 30 de cierre está fabricado, por ejemplo, como se representa en una de las figuras 3a a 3c (mostrado en la figura 5a). El relleno 56 de borde se dispone en la esquina entre el borde 30 de cierre y el reborde adhesivo 32 (mostrado en la figura 5b). El relleno 56 de borde puede disponerse en la esquina para su posterior unión con otras piezas, por ejemplo, durante una infusión de resina de la pala 6 de rotor, o puede adherirse o untarse como pasta a las respectivas superficies interiores del borde 30 de cierre y del reborde adhesivo 32. Por último, la capa adicional 58 de fibra está dispuesta en la superficie interior del reborde adhesivo 32, en el borde 30 de cierre y el relleno 56 de borde (como se muestra en la figura 5c). A su vez, la capa adicional 58 de fibra puede disponerse en el lugar preferido para la infusión posterior de resina o puede adherirse a las respectivas superficies.

Las figuras 6a a 6f ilustran distintas vistas simplificadas en sección transversal de rellenos 56 de borde de diferentes formas. El relleno 56 de borde, cuando se considera en la vista en sección transversal mostrada, que es esencialmente perpendicular a la dirección longitudinal del borde 30 de cierre, puede presentar una o varias de las siguientes formas. El relleno de borde puede presentar forma de triángulo isósceles (figura 6a), de triángulo rectángulo (figura 6b) o de triángulo rectángulo con esquinas redondeadas en los puntos de unión de los dos catetos (figura 6c). El relleno 56 de borde puede presentar una hipotenusa curva cóncava (figura 6d) o una hipotenusa curva convexa (figura 6e). Además, la hipotenusa puede ser una cadena poligonal (figura 6f) que, por ejemplo, tiene forma cóncava (como se muestra) o tiene forma convexa. Un relleno 56 de borde de forma redonda es particularmente ventajoso para evitar picos en la distribución de carga.

Las figuras 7a a 7c muestran vistas simplificadas en sección transversal de fragmentos que muestran un componente central 46 de un borde 30 de cierre con esquinas redondeadas. Como ejemplo, el radio de las esquinas curvas está marcado con R. Adicionalmente, el borde 30 de cierre presenta al menos una capa 60 de refuerzo de fibra terminal que se extiende alrededor de la parte 62 de canto del núcleo. En la figura 7a, la capa 60 de refuerzo de fibra terminal es una capa adicional que se lamina o envuelve alrededor de la parte 62 de canto del elemento nuclear 46. En la figura 7b, la capa 60 de refuerzo de fibra terminal está formada por una capa 48 de fibra que forma una parte del laminado exterior 54. Esta capa especial 48 de fibra se envuelve alrededor de la parte 62 de canto del elemento nuclear 46 en la parte 62 de canto. La figura 7c muestra otro diseño en donde una capa 48 de fibra que forma una parte del laminado interior 52 se envuelve alrededor de la parte 62 de canto del núcleo 46. En todos estos diseños, la capa 60 de refuerzo de fibra terminal se extiende alrededor de la superficie frontal 64 del núcleo 46, en donde esta superficie frontal 64 se sitúa opuestamente a una superficie interior 36 (véase la figura 10) de la carcasa 22 del lado de presión o de la carcasa 24 del lado de succión. Ventajosamente, las esquinas redondeadas del núcleo 46 evitan los picos en la distribución de carga.

Las figuras 8a a 8c muestran vistas simplificadas en sección transversal de una unión entre el borde 30 de cierre y una carcasa 22, 24 de pala de rotor. Únicamente a modo de ejemplo, se hará referencia a la carcasa 22 del lado de presión en los siguientes diseños. La carcasa 22 del lado de presión presenta un relleno 66 de borde posterior que, al menos parcialmente, define un contorno geométrico de una superficie 68 de unión de la carcasa 22 del lado de presión. La superficie 68 de unión es la superficie de junta con la superficie adhesiva 34 del reborde adhesivo 32 en la unión

entre el borde 30 de cierre y la carcasa 22 del lado de presión. En el contexto de la presente descripción, la superficie adhesiva 34 presenta no solo la superficie que forma una parte del reborde adhesivo 32, sino también la superficie que está dispuesta en el extremo inferior del borde 30 de cierre que está unida a la carcasa 22, 24 de pala de rotor.

5 En el diseño de la figura 8a, el relleno 66 de borde posterior está dispuesto directamente adyacente a la cuerda 42 de borde trasero. La cuerda 42 de borde trasero forma un núcleo laminado de la carcasa 22 de pala de rotor. El relleno 66 de borde posterior está dispuesto entre un laminado exterior 40 y un laminado interior 38. La figura 8b muestra otro
10 diseño que representa la carcasa 22 del lado de presión que presenta un laminado interior 38 y un laminado exterior 40, en donde una inclinación del relleno 66 de borde posterior que define el contorno geométrico de una superficie 68 de unión es mayor que la del diseño de la figura 8a. Cambiando la inclinación del relleno 66 de borde posterior, se puede variar el ángulo entre la carcasa 22 de pala de rotor y el borde 30 de cierre. Además, según la figura 8a, en
15 dirección diagonal únicamente discurre una parte de las capas de los laminados interior y exterior 38, 40 que discurren sobre el laminado del núcleo de la carcasa 22 de pala de rotor. En la figura 8c se presenta otro diseño que muestra una carcasa 22 del lado de presión que presenta un relleno 66 de borde posterior que sobresale más allá de la cuerda 42 de borde trasero en la dirección de un grosor de este componente. Las capas del laminado interior y exterior 38, 40 se prolongan en dirección diagonal.

La figura 9a es otra vista en sección transversal simplificada que muestra un detalle de una unión entre una carcasa 22, 24 de pala de rotor y un borde 30 de cierre. A modo de ejemplo, se hace referencia a la carcasa 22 del lado de
20 presión. Un relleno 66 de borde posterior está dispuesto de manera directamente adyacente a una cuerda 42 de borde trasero; el relleno 66 de borde posterior está incrustado entre el laminado interior 38 y el laminado exterior 40. El borde 30 de cierre está dispuesto sobre la carcasa 22 de pala de rotor y se fija a la carcasa de pala de rotor mediante una pasta adhesiva 70. Dado que el ajuste del borde 30 de cierre es una tarea difícil durante la fabricación de la pala 6 de rotor, pueden producirse errores de posicionamiento (figura 10). Estos errores pueden provocar el recorte de partes
25 sensibles de esta estructura (figura 10a) o grandes huecos adhesivos (figura 10b). En un intento de mantener una transición suave entre la carcasa 22 de pala de rotor y el borde 30 de cierre, se recortan una parte del relleno 66 de borde posterior y los laminados interior y exterior 38, 40. La línea discontinua indica la línea de corte. La longitud del relleno 66 de borde posterior es suficiente para proporcionar una buena superficie de contacto entre la carcasa 22 de
30 pala de rotor y el borde 30 de cierre en el intervalo permitido de tolerancia de posicionamiento, mientras que al mismo tiempo se evita el recorte de elementos estructurales sensibles. La parte recortada 72 se retira durante el recorte final de la pala 6 de rotor.

Características que se combinan con la palabra “en particular” o “esencialmente” deben entenderse como diseños preferidos.

35

Lista de referencias

	2	Turbina eólica
5	4	Rotor
	6	Pala de rotor
	8	Raíz de pala
10	10	Buje de rotor
	12	Punta de pala
15	14	Borde delantero
	16	Borde trasero
	18	Saldo de presión
20	20	Lado de succión
	22	Carcasa del lado de presión
25	24	Carcasa del lado de succión
	26	Zona de raíz
	28	Perfil de pala de rotor
30	30	Borde de cierre
	32	Reborde adhesivo
35	34	Superficie adhesiva
	36	Superficie interior
	38	Laminado interior
40	40	Laminado exterior
	42	Correa de borde trasero
45	44	Pasta adhesiva
	46	Núcleo
	48	Capa de fibra
50	50	Superficie del núcleo
	52	Laminado interior
55	54	Laminado exterior
	56	Relleno de borde
	58	Capa de fibra adicional
60	60	Capa de refuerzo de fibra terminal
	62	Parte de canto
65	64	Cara frontal

	66	Relleno de borde trasero
	68	Superficie de unión
5	70	Pasta adhesiva
	72	Parte retirada
	L	Dirección longitudinal
10	IN	Interior de la pala de rotor
	R	Radio
15		

REIVINDICACIONES

1. Pala (6) de rotor de una turbina eólica (2), en donde la pala (6) de rotor presenta un borde delantero (14) y un borde trasero (16) y la pala (6) de rotor se extiende entre una raíz (8) de pala y una punta (12) de pala, en donde la pala (6) de rotor presenta una carcasa (24) del lado de succión y una carcasa (22) del lado de presión que se extienden en ambos casos entre la raíz (8) de pala y la punta (12) de pala, en donde las carcasas (22, 24) están unidas en el borde delantero (14) y al menos parcialmente en el borde trasero (16), en donde la pala (6) de rotor presenta además un borde (30) de cierre que está dispuesto entre la carcasa (24) del lado de succión y la carcasa (22) del lado de presión en el borde trasero (16) en una zona (26) de raíz de la pala (6) de rotor, en donde la zona (26) de raíz incluye la raíz (8) de pala, en donde el borde (30) de cierre proporciona un borde trasero grueso de la pala (6) de rotor en la zona (26) de raíz, y donde el borde (30) de cierre presenta un reborde adhesivo (32) con una superficie adhesiva (34) que está orientada hacia una superficie interior (36) de la carcasa (24) del lado de succión o de la carcasa (22) del lado de presión, en donde el borde (30) de cierre es un elemento compuesto de fibra con un núcleo (46) y capas (48) de fibra que se extienden a lo largo de la superficie (50) del núcleo (46), en donde una parte de las capas (48) de fibra sobresale del núcleo (46) y forma el reborde adhesivo (32), en donde al menos la carcasa (24) del lado de succión y/o la carcasa (22) del lado de presión presenta un relleno (66) del borde trasero dispuesto de manera directamente adyacente al núcleo o al núcleo laminado de la carcasa, que define, al menos parcialmente, un contorno geométrico de una superficie (68) de unión de la carcasa (22, 24), en donde dicha superficie (68) de unión es una superficie de junta con la superficie adhesiva (34) del reborde adhesivo (32) en la unión entre el borde (30) de cierre y la carcasa (22, 24), en donde el borde de cierre está prefabricado y/o el reborde adhesivo está formado por medio de capas de fibra que están dispuestas a ambos lados del núcleo del borde de cierre.
2. Pala (6) de rotor según la reivindicación 1, en donde un componente de refuerzo está unido al borde (30) de cierre y al reborde adhesivo (32) de manera que queda orientado hacia un interior (IN) de la pala (6) de rotor.
3. Pala (6) de rotor según la reivindicación 2, en donde el componente de refuerzo es una capa de fibra adicional que se extiende en una superficie interior del borde (30) de cierre y el reborde adhesivo (32).
4. Pala (6) de rotor según la reivindicación 2 o 3, en donde el componente de refuerzo es un relleno (56) de borde que está dispuesto en una esquina entre la superficie interior del borde (30) de cierre y una superficie interior del reborde adhesivo (32), en donde en particular una capa adicional (58) de fibra se extiende en una superficie interior del borde (30) de cierre, una superficie interior del relleno (56) de borde y una superficie interior del reborde adhesivo (32).
5. Pala (6) de rotor según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el borde (30) de cierre presenta al menos una capa (60) de refuerzo de fibra terminal que se extiende alrededor de una parte (62) de canto del núcleo (46), en donde esta parte (62) de canto presenta una superficie frontal (64) que está orientada hacia una superficie interior (36) de la carcasa (24) del lado de succión o de la carcasa (22) del lado de presión.
6. Uso de un borde (30) de cierre para la fabricación de una pala (6) de rotor de una turbina eólica (2) según una de las reivindicaciones anteriores, en donde el borde (30) de cierre está adaptado para ser dispuesto entre la carcasa (24) del lado de succión y la carcasa (22) del lado de presión en el borde trasero (16) en una zona de raíz (26) de la pala (6) de rotor, en donde la zona (26) de raíz incluye la raíz (8) de pala, en donde el borde (30) de cierre proporciona un borde trasero grueso de la pala (6) de rotor en la zona (26) de raíz, en donde el borde (30) de cierre presenta un reborde adhesivo (32) con una superficie adhesiva (34) que se puede orientar hacia una superficie interior (36) de la carcasa (24) del lado de succión o de la carcasa (22) del lado de presión, en donde el borde (30) de cierre es un elemento compuesto de fibra con un núcleo (46) y capas (48) de fibra que se extienden a lo largo de la superficie (50) del núcleo (46), en donde una parte de las capas (48) de fibra sobresalen del núcleo (46) y forman el reborde adhesivo (32).
7. Procedimiento para la fabricación de una pala (6) de rotor de una turbina eólica (2), en donde la pala (6) de rotor presenta un borde delantero (14) y un borde trasero (16) y la pala (6) de rotor se extiende entre una raíz (8) de pala y una punta (12) de pala, en donde la pala (6) de rotor presenta una carcasa (24) del lado de succión y una carcasa (22) del lado de presión que se extienden en ambos casos entre la raíz (8) de pala y la punta (12) de pala, en donde la pala (6) de rotor se fabrica mediante la unión de las carcasas (22, 24) en el borde delantero (14) y al menos parcialmente en el borde trasero (16), y en donde la pala (6) de rotor presenta además un borde (30) de cierre que está dispuesto entre la carcasa (24) del lado de succión y la carcasa (22) del lado de presión en el borde trasero (16) en una zona (26) de raíz de la pala (6) de rotor, en donde la zona (26) de raíz incluye la raíz (8) de pala, en donde el borde (30) de cierre proporciona un borde trasero grueso de la pala (6) de rotor en la zona (26) de raíz, en donde el borde (30) de cierre presenta un reborde adhesivo (32) con una superficie adhesiva (34) que está orientada hacia una superficie interior (36) de la carcasa (24) del lado de succión o de la carcasa (22) del lado de presión, en donde el borde (30) de cierre está prefabricado y el borde (30) de cierre es un elemento compuesto de fibra con un núcleo (46) y capas (48) de fibra, en donde las capas (48) de fibra se disponen de tal modo que se extienden a lo largo de

- una superficie (50) del núcleo (46) y una parte de las capas (48) de fibra sobresale del núcleo (46) para formar el reborde adhesivo (32), en donde la superficie adhesiva (34) está unida con la superficie interior (36) de las carcadas (22, 24) por medio de pasta adhesiva (70), en donde se aplica un elemento (66) de relleno en al menos la carcada (24) del lado de succión y/o la carcada (22) del lado de presión y se dispone de manera directamente adyacente al núcleo o al núcleo laminado de la carcada, que define, al menos parcialmente, un contorno geométrico de una superficie (68) de unión de las carcadas (22, 24), en donde dicha superficie (68) de unión es una superficie de junta con la superficie adhesiva (34) del reborde adhesivo (32) en la unión entre el borde (30) de cierre y la carcada (22, 24).
- 5
- 10 8. Procedimiento según la reivindicación 7, en donde una unión entre el borde (30) de cierre y el reborde adhesivo (32) se refuerza mediante la disposición de un componente de refuerzo en el borde (30) de cierre y el reborde adhesivo (32) de manera que quede orientado hacia un interior (IN) de la pala (6) de rotor.
- 15 9. Procedimiento según la reivindicación 8, en donde la unión entre los bordes (30) de cierre y el reborde adhesivo (32) se refuerza mediante la disposición de una capa de fibra adicional que se extiende en una superficie interior del borde (30) de cierre y el reborde adhesivo (32).
- 20 10. Procedimiento según la reivindicación 8 o 9, en donde la unión entre el borde de cierre y el reborde adhesivo se refuerza mediante la disposición de un relleno (56) de borde en una esquina entre una superficie interior del borde (30) de cierre y una superficie interior del reborde adhesivo (32), en donde en particular una capa adicional (58) de fibra se dispone en la superficie interior del borde (30) de cierre, la superficie interior del relleno (56) de borde y una superficie interior del reborde adhesivo (32).
- 25 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones 7 a 10, en donde el borde (30) de cierre es un elemento compuesto de fibra que presenta un núcleo (46), en donde está dispuesta al menos una capa (60) de refuerzo de fibra final de tal modo que se extiende alrededor de la parte (62) de canto del núcleo (46), en donde esta parte (62) de canto presenta una cara frontal (64) que está orientada hacia una superficie interior (36) de la carcada (24) del lado de succión o de la carcada (22) del lado de presión.

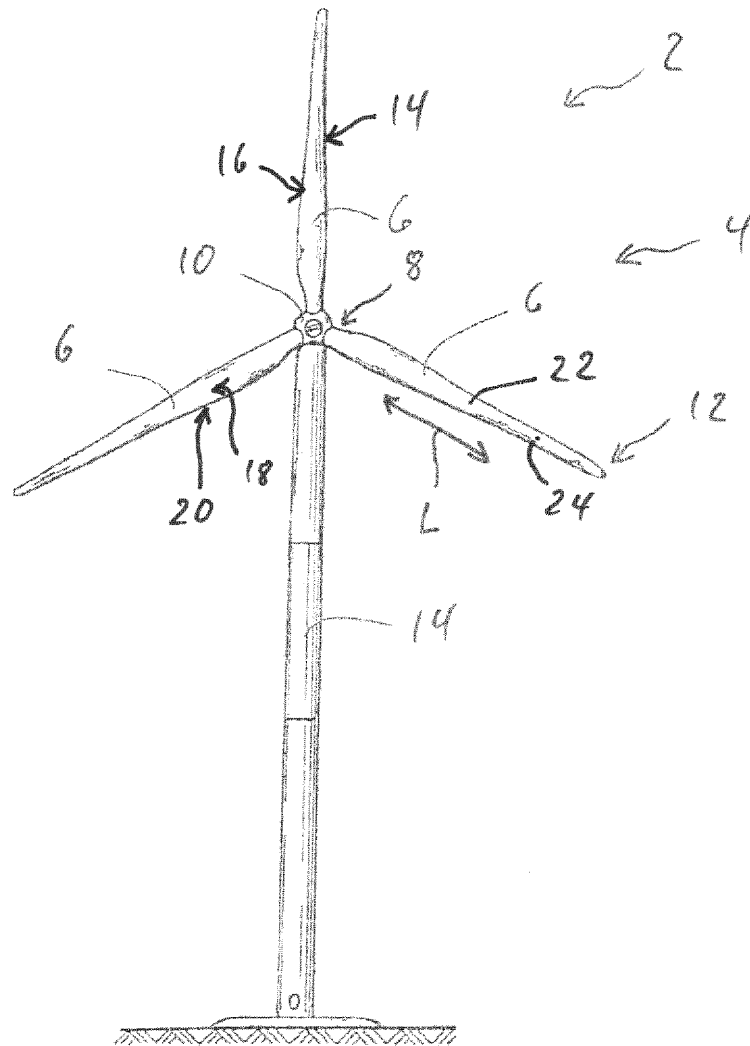


Figura 1

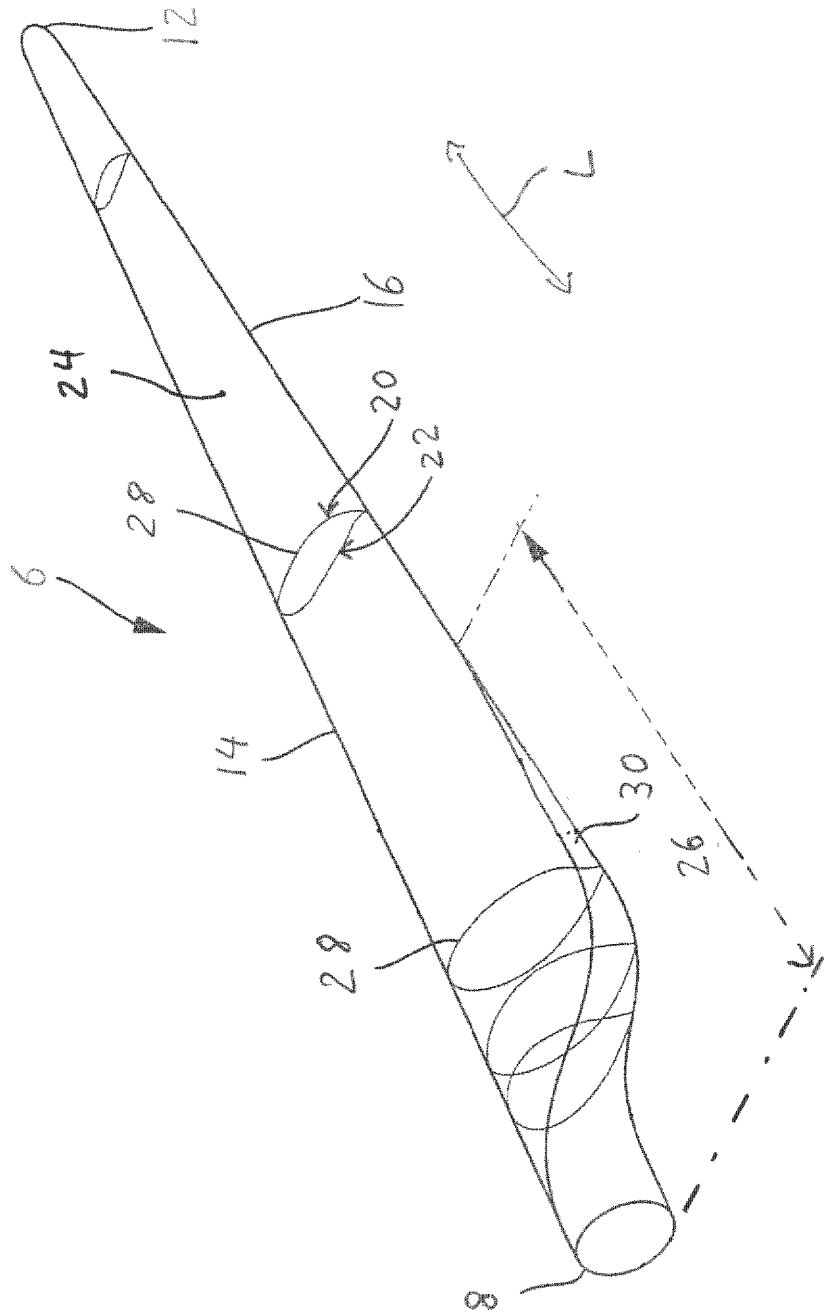


Figura 2

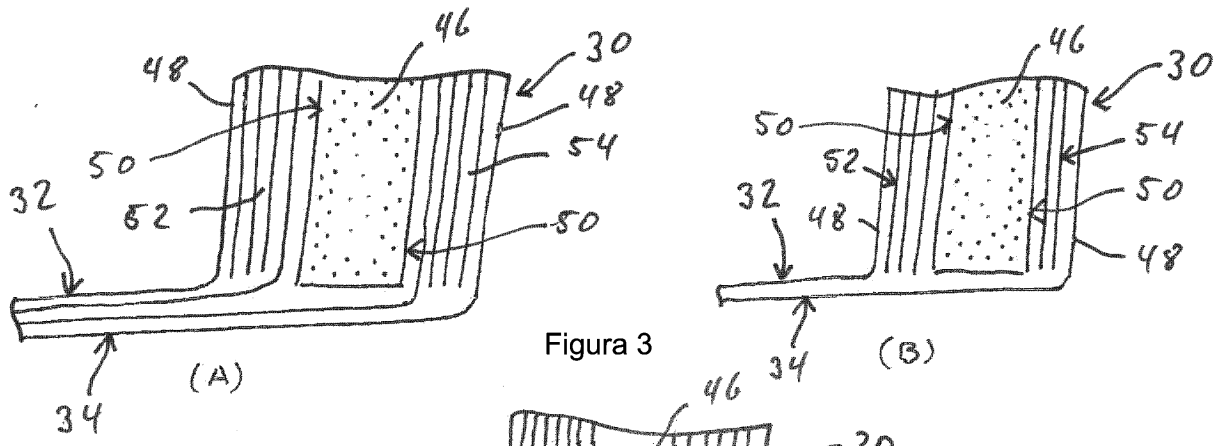


Figura 3

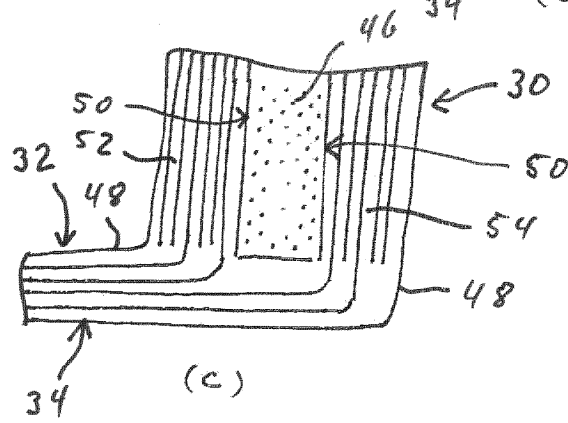
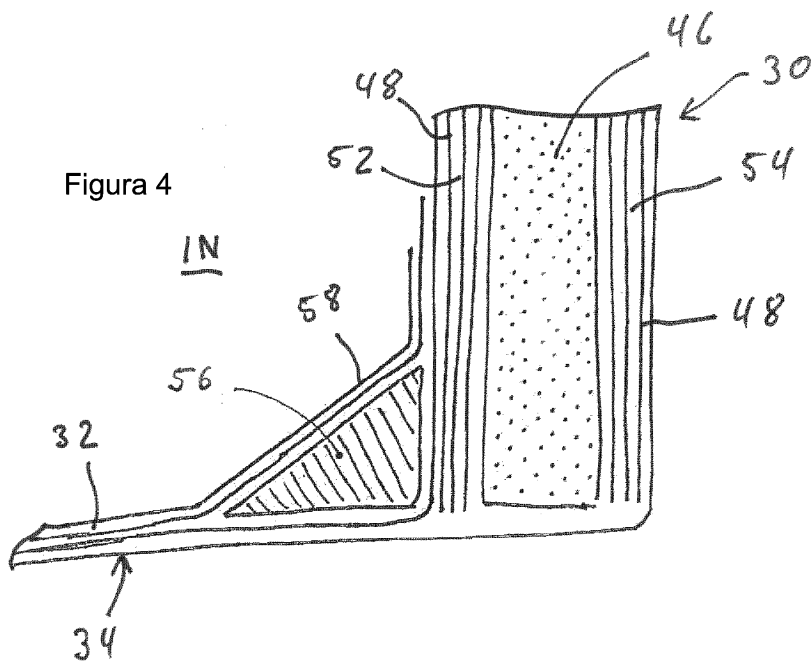


Figura 4



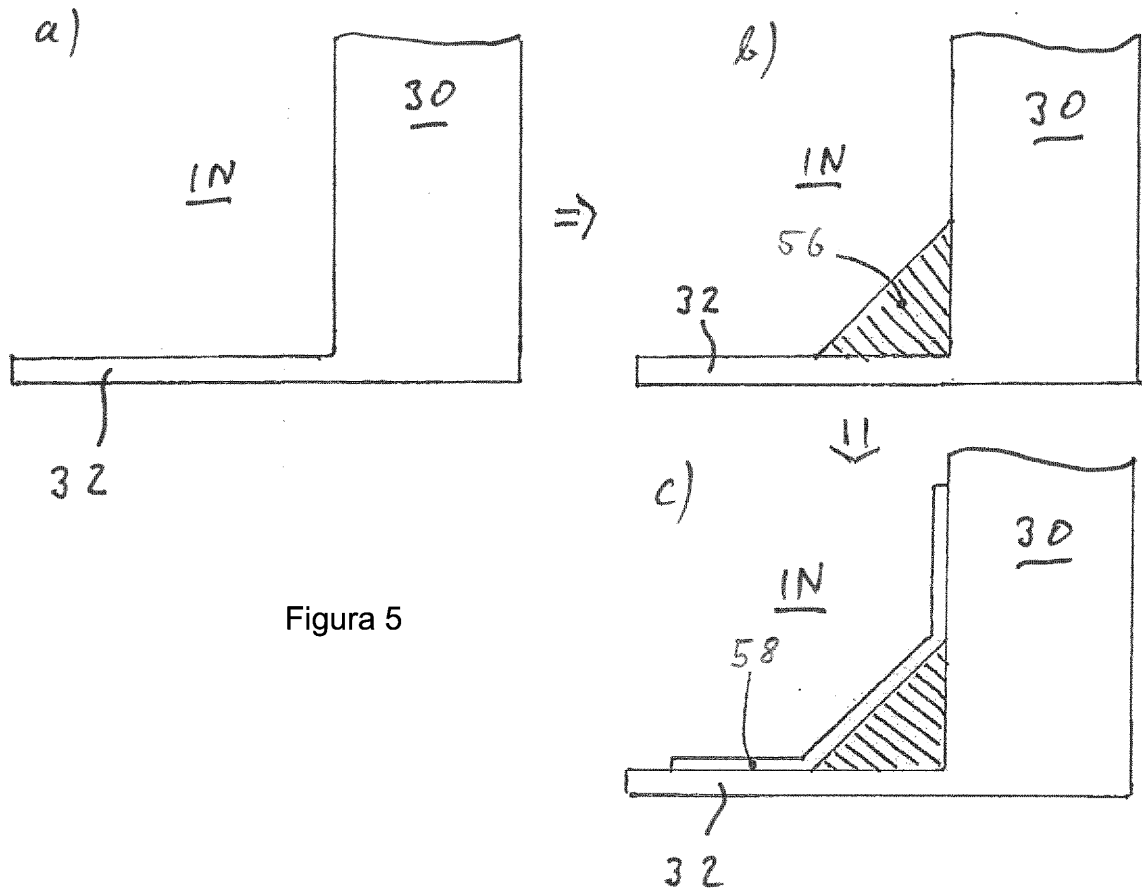


Figura 5

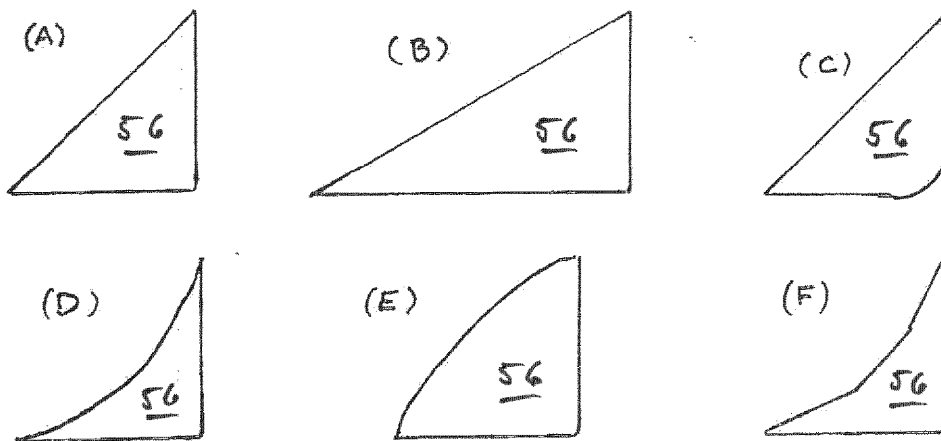


Figura 6

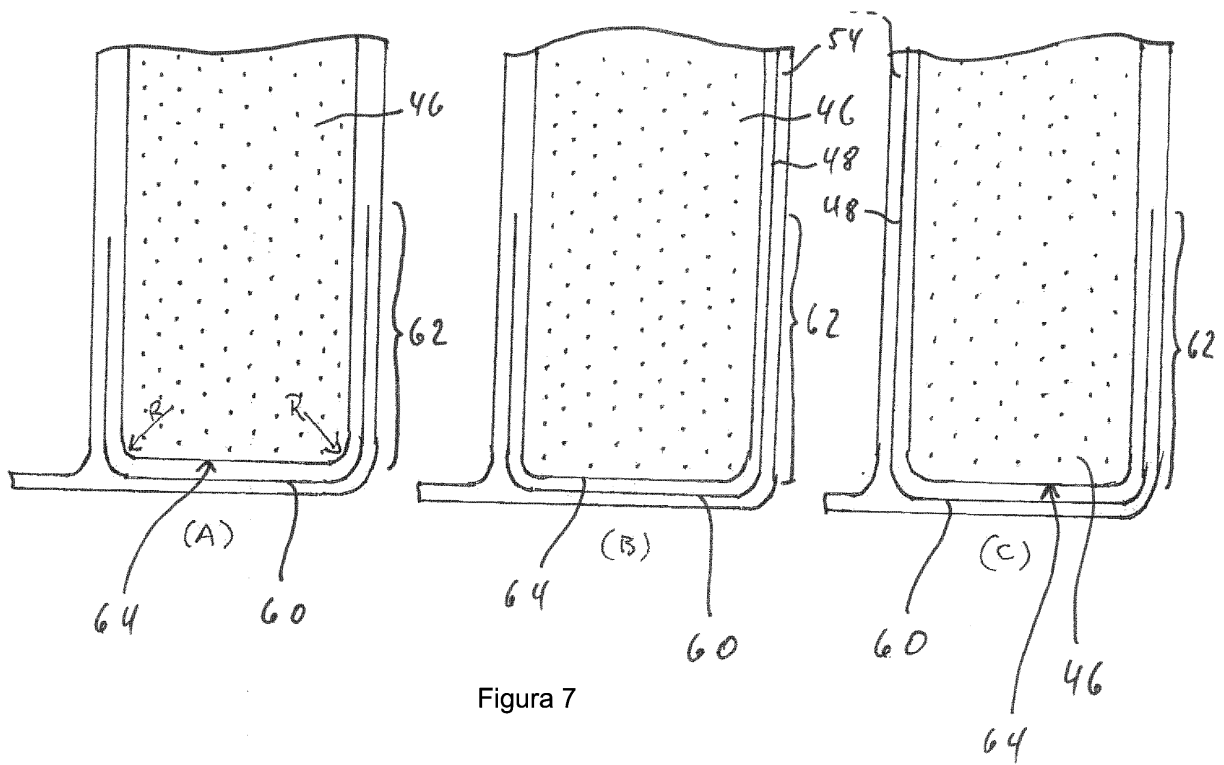


Figura 7

Figura 8

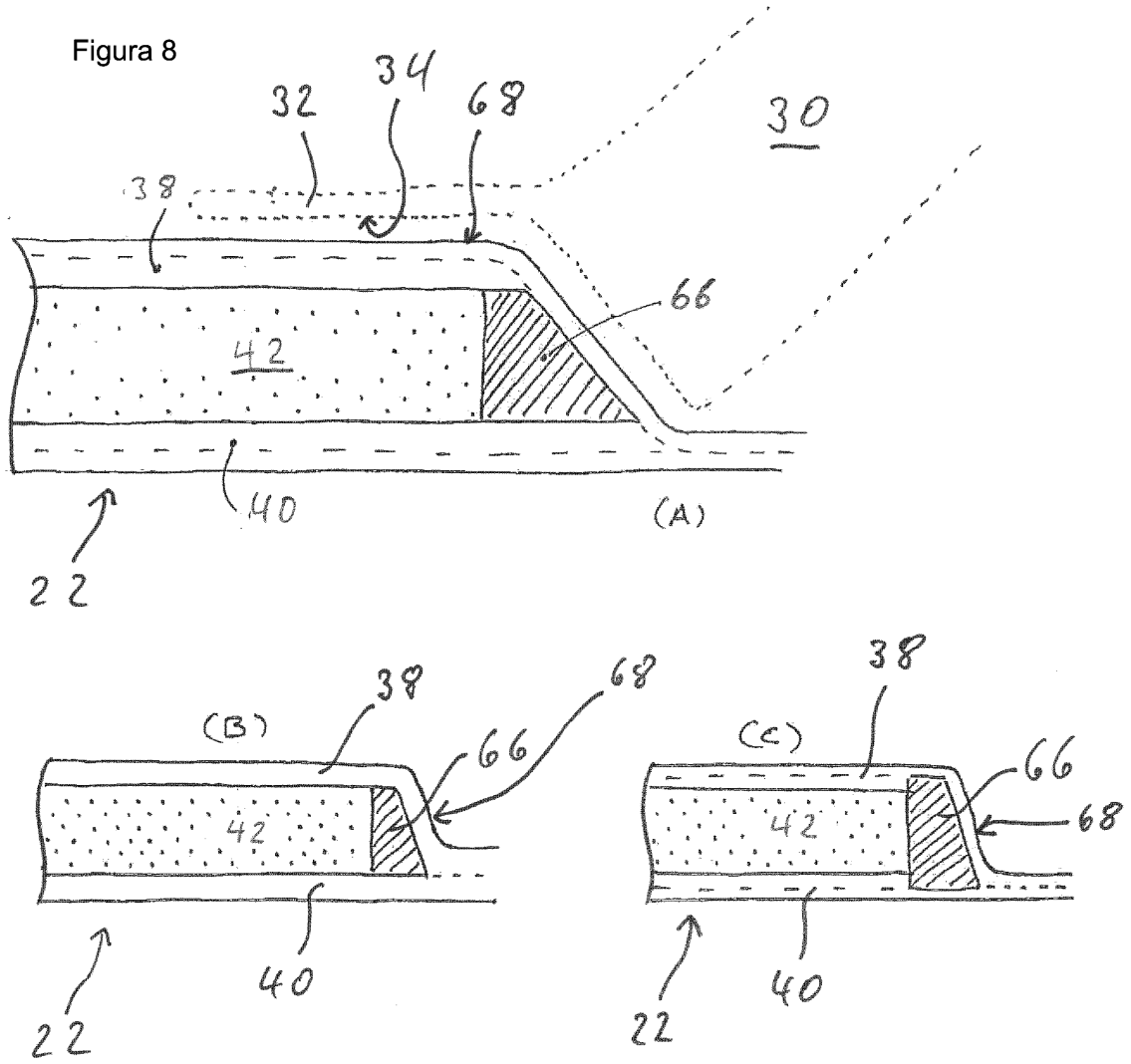


Figura 9

