

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 989 143**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2020** **PCT/EP2020/075537**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.03.2021** **WO21048398**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2020** **E 20780947 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.07.2024** **EP 4010584**

54 Título: **Pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

13.09.2019 EP 19380021

15.11.2019 EP 19380028

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

25.11.2024

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
INNOVATION & TECHNOLOGY S.L. (100.0%)**

**Avenida de la Innovación 9-11
31621 Sarriguren (Navarra), ES**

72 Inventor/es:

**ATUTXA BRIONES, MIKEL;
JATO LOSFABLOS, PEDRO;
LANA GALDEANO, JORGE;
ROJO SAIZ, NICOLAS y
YUSTE SOLER, JAVIER**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 2 989 143 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 turbina eólica

5 La invención se refiere a una Pala de turbina eólica, con un cuerpo de pala generalmente hueco que comprende una mitad de carcasa superior e inferior y una primera y segunda banda alargadas, extendiéndose cada una en la dirección longitudinal de la pala y que está dispuesta entre, y conectada a, la mitad superior e inferior de la carcasa, comprendiendo cada banda un borde superior e inferior que conecta la banda respectiva a la media carcasa respectiva, y con la primera y la segunda bandas apoyadas a través de la primera y segunda estructura de refuerzo respectivas en relación con la media carcasa respectiva, cuyas estructuras de refuerzo están dispuestas entre una capa exterior e interior de la mitad superior e inferior de la carcasa y que se extienden en la dirección longitudinal de la pala.

15 Como se conoce comúnmente, las palas de turbina eólica son partes de una turbina eólica que se utiliza para generar energía eléctrica. Una turbina eólica comprende normalmente tres palas unidas a un cubo, que está conectado a un generador dispuesto en una góndola. Las palas interactúan con el viento que pasa, dando lugar a una rotación del cubo que finalmente impulsa el generador.

20 Una pala de turbina comprende normalmente un cuerpo de pala hueco con una mitad de carcasa superior e inferior, que normalmente se producen por separado y se fijan entre sí. Dentro de este cuerpo hueco de la pala están dispuestas una primera y una segunda banda alargada, que conectan ambas medias carcassas y las soportan mientras que también transfieren las cargas que actúan sobre las carcassas respectivas por motivos aerodinámicos y por el movimiento circular de la pala cuando gira. La carga comprende cargas de presión y de succión en la mitad superior e inferior de la carcasa y cargas de compresión y tracción. Una Pala de turbina eólica con esta configuración común se describe, por ejemplo, en el documento EP 2 791 500 B1.

25 Para soportar las medias carcassas y para transferir las cargas respectivas, cada banda alargada se extiende en la dirección longitudinal y se conecta a la media carcasa respectiva a través de un borde provisto en el lado de la banda respectiva, cuyo borde está unido a una capa interior de la mitad de la carcasa superior e inferior mediante un adhesivo. Para transferir las cargas que soportan, respectivamente, las carcassas respectivas, cada banda se soporta a través de la primera y segunda estructura de refuerzo respectivas con respecto a la media carcasa respectiva. Tal estructura de refuerzo también se denomina comúnmente tapa de larguero. Al igual que las bandas y sus bordes respectivos, estas estructuras de refuerzo o tapas de larguero también se extienden en una dirección longitudinal de la pala. Estas estructuras de refuerzo, como por ejemplo las incluidas en el documento EP 2 791 500 B1, están hechas de pilas que comprenden tiras de pultrusión de fibra de carbono separadas, dispuestas unas encima de otras y fijadas en una matriz de resina. Durante la fabricación de dicha tira pultruida, las fibras de carbono se llevan a través de un suministro de resina líquida, resina que luego se calienta y se cura formando por último la tira pultruida respectiva. Estas tiras de fibra de carbono pultruidas muestran excelentes propiedades mecánicas al tomar las cargas respectivas y distribuirlas, y también absorben los altos momentos de flexión que surgen durante la rotación de la pala.

40 En un diseño de Pala de turbina eólica conocido, como el descrito, por ejemplo, en el documento EP 2 791 500 B1, la pala comprende una primera y una segunda banda, que se extienden casi por completo a lo largo de las palas y que están dispuestas en la zona central del cuerpo, es decir, en la zona donde las mitades superior e inferior, vistas en la sección transversal en forma de gota, tienen una gran distancia. También es posible proporcionar una tercera banda, cuya banda está dispuesta cerca del borde posterior de la pala. Esta tercera banda se extiende solo a lo largo de una parte del borde posterior, que en esta parte a menudo tiene un diseño de borde específico y está sujeta a cargas específicas, que son distribuidas respectivamente por esta banda.

50 Todas las bandas comprenden un cuerpo de banda alargado con los bordes dispuestos en los extremos del cuerpo de banda. Cada banda está soportada por dos estructuras de refuerzo, es decir, tapas de larguero, de modo que en total hay dispuestas seis tapas de larguero en ambas carcassas para soportar las tres bandas. Si solo se proporcionan la primera y la segunda banda, es necesario integrar cuatro tapas de larguero; si se proporcionan tres bandas, deben integrarse seis tapas de larguero. Las tapas de larguero hechas de tiras de carbono están prefabricadas y dispuestas en el molde de la carcasa para su integración. Como es necesario integrar dos o tres bandas y cuatro o seis tapas de larguero, la masa total de una tal pala de turbina conocida es elevada, aunque la masa de las tapas de larguero mismas se reduce algo debido al uso de pilas de pultrusión de fibra de carbono, que, por otra parte, deben fabricarse externas a la carcasa y son caras.

60 Por lo tanto, existe la necesidad de un diseño mejorado de Pala de turbina eólica que permita un soporte de carga adecuado y que tenga un diseño menos complejo y caro.

Además, el documento US 2018/372066 A1, mencionado durante el procedimiento de concesión de patentes, no proporciona una solución a este problema.

65 Para abordar este problema, una Pala de turbina eólica, como se ha mencionado anteriormente, se caracteriza por que cada una de la primera y segunda estructura de refuerzo comprende al menos una pila compuesta por varias capas de fibra de vidrio infundidas con resina, y porque al menos un elemento de refuerzo que se extiende paralelo a

la primera y segunda estructura de refuerzo a lo largo de al menos una parte de su longitud que comprende al menos una pila compuesta por varias tiras compuestas por pultrusión que comprenden fibras de carbono, con las tiras fijadas en la resina, está dispuesto entre la primera y la segunda estructura de refuerzo.

La turbina eólica de la invención se caracteriza por una disposición o diseño específico de la estructura de soporte integrada en la mitad superior e inferior de la carcasa para soportar la primera y segunda banda, que están dispuestas en la parte del cuerpo hueco donde ambas carcasas están notablemente distanciadas entre sí. Como en la técnica anterior, ambas bandas están soportadas por una primera y una segunda estructura de refuerzo separadas integradas entre la capa exterior e interior de la carcasa. A diferencia de los diseños de palas conocidos, estas estructuras de refuerzo están hechas únicamente de pilas de capas de fibra de vidrio, cuyas capas de fibra de vidrio se infunden con una resina y, por lo tanto, se incorporan a una matriz de resina. Por lo tanto, no se utilizan tiras que sobresalgan de fibra de carbono o pilas de tiras de carbono prefabricadas para construir las estructuras de refuerzo respectivas, que son caras y difíciles de reparar, e impiden la reparación de áreas adyacentes, como el área adhesiva, en caso de que sea necesaria. En vez de ello se utilizan pilas compuestas de capas de fibra de vidrio simples, que pueden construirse fácilmente directamente en la carcasa respectiva utilizada para producir la media carcasa simplemente disponiendo las capas de fibra de vidrio respectivas para construir la pila respectiva junto con los otros componentes necesarios para producir la media carcasa. Como la media carcasa, que comprende varias capas de fibra que se infunden con la resina para construir las capas de cubierta superior e inferior respectivas, se infunde finalmente con la resina, también las pilas de capas de fibra de vidrio se infunden con la resina en esta única etapa de infusión. Por lo tanto, la primera y la segunda estructuras de refuerzo se infunden simultáneamente y, por lo tanto, se construyen cuando también se infunde y construye el resto de la media carcasa.

Como estas estructuras de refuerzo, adyacentes a las cuales se unen la primera y la segunda banda a la capa interior de la carcasa respectiva, están hechas de capas de fibra de vidrio incorporadas a la matriz de resina, otra ventaja de esta configuración es la posibilidad de facilitar la reparación de la unión cuando la banda y el borde se unen a la capa interna, ya que es posible perforar estas estructuras de refuerzo de fibra de vidrio desde el exterior de la pala e inyectar adhesivo a través del laminado de vidrio, una acción que no es posible cuando se utilizan fibras de refuerzo con fibra de carbono que sobresale, ya que no pueden perforarse.

Por lo tanto, el uso de la estructura de refuerzo basada en fibra de vidrio de la invención presenta varias ventajas. En primer lugar, tienen un diseño simple y su producción es simple y puede realizarse junto con la producción de la carcasa respectiva. En segundo lugar, se reduce en gran medida la masa de costosas medidas de refuerzo basadas en fibra de carbono, ya que la primera y segunda estructuras de refuerzo no comprenden tiras de fibra de carbono. Y en tercer lugar, existe la posibilidad de reparar estas áreas, especialmente en la región de unión, ya que las estructuras de refuerzo basadas en fibra de vidrio pueden perforarse.

La pala de turbina de la invención no solo se caracteriza por utilizar una primera y segunda estructura de refuerzo basadas en fibra de vidrio, sino también por integrar un elemento de refuerzo específico entre la primera y la segunda estructura de refuerzo. Además, este elemento de refuerzo está integrado en la media carcasa respectiva entre la capa superior e inferior. Se proporciona al menos un elemento de refuerzo, que se extiende sobre al menos una parte de la longitud de la primera y segunda estructuras de refuerzo. Este elemento de refuerzo comprende al menos una pila compuesta por varias tiras compuestas pultruidas que comprenden fibras de carbono. Las tiras también están incorporadas a la resina, a la que también se incorporan la primera y segunda estructura de refuerzo basadas en fibra de vidrio.

En general, la invención propone un único medio de refuerzo que comprende que la primera y la segunda estructura de refuerzo sean directamente adyacentes a las bandas, y que los medios de refuerzo estén dispuestos entre ambas estructuras de refuerzo, con todos los medios de refuerzo infundidos o incorporados a la resina en una matriz de resina, respectivamente. Por lo tanto, este medio de refuerzo puede verse como una única tapa de larguero que soporta ambas bandas.

Como las fibras de carbono están presentes únicamente en el elemento de refuerzo, se reduce la masa total del material de pultrusión de carbono. Además, es posible situar los medios de refuerzo en una posición óptima dentro del perfil de la carcasa respectiva en vista de las cargas y la distribución de la carga, ya que estos medios de refuerzo muestran propiedades mecánicas mejoradas, de las que también participan la primera y segunda estructura de refuerzo, que están conectadas directamente a través de la matriz de resina.

El elemento de refuerzo comprende preferiblemente capas de fibra de vidrio y/o de carbono dispuestas entre cada par de tiras, cuyas capas se infunden con la resina. Estas capas o tejidos intermedios de fibra de vidrio o carbono permiten la infusión de la resina entre las tiras de pultrusión vecinas, que se fijan firmemente entre sí después del curado de la resina. Dicho elemento de refuerzo puede producirse como un elemento prefabricado e insertarse en el molde de carcasa respectivo, en el que se produce la carcasa y puede incorporarse a la matriz de resina cuando la carcasa se infunde con la resina. Por otro lado, también es posible construir este elemento de refuerzo, al igual que las estructuras de refuerzo, directamente en el molde de carcasa respectivo disponiendo simplemente las tiras separadas y las capas de fibra intermedias o tejidos de fibra en el molde de carcasa y proporcionar la infusión de resina junto con la infusión general de carcasa. Esto hace posible construir el elemento de refuerzo directamente en el molde de la carcasa y, por

lo tanto, construir todos los medios de refuerzo que comprenden las estructuras de refuerzo y el elemento de refuerzo juntos en una sola etapa de infusión de resina junto con la infusión general de los componentes de la carcasa relevantes.

Preferiblemente, las capas de vidrio y/o de fibra intercaladas entre dos tiras pultruidas de carbono contiguas son capas biaxiales. Una capa o tejido de fibras biaxiales comprende fibras dispuestas en un ángulo de 0° y otras fibras dispuestas en un ángulo de, por ejemplo, $\pm 45^\circ$. Tal capa biaxial es ventajosa, ya que permite soportar cargas de diferentes direcciones y de diferentes tipos, por ejemplo, cargas debidas a una flexión de la pala en el flap o en el borde.

En otra realización preferida de la invención, la primera y segunda estructura de refuerzo y el elemento de refuerzo están conectados mecánicamente a través de al menos una capa de fibra de vidrio o carbono que se extiende desde la primera estructura de refuerzo a través del elemento de refuerzo a la segunda estructura de refuerzo. Las estructuras de refuerzo y el elemento de refuerzo no solo están incorporados a una matriz de resina común, sino que también están conectados mecánicamente mediante al menos una capa de fibra de vidrio o de carbono, que se extiende a través de todos estos elementos y partes del medio de refuerzo. Esta capa de fibra común sirve para mejorar aún más la estabilidad mecánica y la rigidez de la disposición de los medios de refuerzo y permite un soporte y una distribución de la carga aún mejor.

Preferiblemente, al menos una de las capas de fibra de vidrio o de carbono del elemento de refuerzo se extiende a ambas pilas de la primera y la segunda estructura de refuerzo. Por lo tanto, la conexión mecánica la proporciona al menos una capa de fibra de vidrio o de carbono intercalada entre dos tiras de pultrusión de carbono contiguas y que, por lo tanto, forma una parte integrante de la pila de elementos de refuerzo. Esta capa de fibra de vidrio o de carbono se extiende a ambos lados al interior de la pila de fibra de vidrio respectiva, que comprende entonces esta capa de elemento de refuerzo extendida como una capa integrante de la pila. Si esta capa extendida es una capa de fibra de vidrio, cada estructura de refuerzo es un elemento que comprende únicamente fibras de vidrio. Si la capa de fibra extendida es una capa de fibra de carbono, el elemento de refuerzo se construye casi en su totalidad a partir de capas de fibra de vidrio con solo una o unas pocas capas de fibra de carbono intercaladas.

Aunque se logra una disposición mecánica mejorada en todos los medios de refuerzo cuando se extiende solo una capa a través de tanto las estructuras de refuerzo como del elemento de refuerzo, es preferible que todas las capas de fibra de vidrio o de carbono del elemento de refuerzo se extiendan a ambas pilas de la primera y la segunda estructura de refuerzo. Por lo tanto, hay varios planos de conexión mecánica que conectan las estructuras de refuerzo con el elemento de refuerzo, lo que mejora aún más las propiedades mecánicas de este medio de refuerzo.

En una primera alternativa de la invención, solo se proporciona un elemento de refuerzo, que se extiende sobre al menos 70 %, preferiblemente al menos 80 % y especialmente sobre toda la longitud de la primera y la segunda estructuras de refuerzo. Por lo tanto, ambas estructuras de refuerzo se acoplan mecánicamente mediante un solo elemento de refuerzo, que se extiende preferiblemente sobre la mayor parte de la longitud de la estructura de refuerzo, preferiblemente sobre toda su longitud, de modo que todo el medio de refuerzo, que también puede denominarse medio de refuerzo híbrido o tapa de larguero híbrida, se extiende en esta configuración específica sobre casi toda la longitud de la pala.

En otra alternativa, es posible que se proporcionen dos o más elementos de refuerzo, extendiéndose cada uno de ellos solo sobre una parte de la longitud de la primera y la segunda estructura de refuerzo. En esta realización se proporcionan dos o más elementos de refuerzo separados y más cortos, que se suceden en la dirección longitudinal pero están distanciados entre sí, de modo que hay un hueco entre los elementos de refuerzo, visto en la dirección longitudinal de la pala. Este hueco puede rellenarse, por ejemplo, con resina o con un elemento central ligero pero rígido, por ejemplo, hecho de madera o un polímero o similar, cuyo elemento central también está incorporado a la matriz de resina de todo el medio de refuerzo. Esta realización permite una reducción aún mayor del material de carbono utilizado y, por lo tanto, reduce aún más los costes generales.

En una realización preferida, las pilas de la primera y segunda estructuras de refuerzo comprenden capas de fibra de vidrio biaxiales y uniaxiales. Como ya se ha mencionado, una capa de fibra biaxial comprende fibras dispuestas en un ángulo de 0° y otras fibras dispuestas en un ángulo de, por ejemplo, $\pm 45^\circ$. Las capas de fibra uniaxiales, en cambio, solo comprenden fibras paralelas, que se extienden en la dirección longitudinal de la pala igual que las fibras de 0° de las capas biaxiales. Las capas biaxiales permiten tomar cargas de diferentes direcciones y de distintos tipos, es decir, cargas debidas a una flexión de la pala en el flap y en el borde, mientras que las fibras o capas uniaxiales mejoran especialmente la rigidez frente a una flexión en el flap. Estos distintos tipos de capas pueden disponerse de forma alternante, con una capa uniaxial seguida de una capa biaxial seguida de una capa uniaxial, etc. Sin embargo, también es posible apilar, por ejemplo, dos o tres capas uniaxiales seguidas de una o dos capas biaxiales seguidas de nuevo de tres capas uniaxiales, etc. Por lo tanto, son posibles diseños específicos con respecto a la disposición de los distintos tipos de capas.

Además, preferiblemente, se proporcionan elementos centrales entre la capa exterior e interior de las mitades superior e inferior respectivas adyacentes a la primera y segunda estructura de refuerzo. Estos elementos centrales, que se

utilizan para ajustar adicionalmente las propiedades mecánicas de la pala también en las áreas próximas a los medios de refuerzo integrados en la carcasa, también están intercalados entre la capa exterior e interior de la mitad superior e inferior de la carcasa respectiva. Estos elementos centrales pueden estar hechos de espuma, madera o polímero, por ejemplo, aunque esta enumeración tampoco es definitiva.

5 La invención también se refiere a una turbina eólica que comprende varias palas de turbina tal como se ha descrito, preferiblemente tres palas de turbina.

10 Otros objetivos y características de la presente invención se entenderán a partir de la siguiente descripción detallada considerada en relación con los dibujos adjuntos. Los dibujos, sin embargo, son solo bocetos de principio diseñados únicamente a título ilustrativo y no limitan la invención. Los dibujos muestran:

la figura 1 una vista lateral de una turbina eólica,

15 la figura 2 una sección transversal a través de una pala de la figura 1 a lo largo de la línea II-II, y

la figura 3 una vista ampliada de la sección III de la figura 2.

20 La figura 1 muestra un esquema principal de una turbina eólica 1 que comprende una torre 2, una góndola 3 montada en la parte superior de la torre 2 y un rotor 4 que comprende tres palas 5 de turbina eólica unidas a un cubo, que está acoplado operativamente a un generador dispuesto en la góndola 3, cuyo generador es accionado por la energía de rotación del rotor 4 para producir energía eléctrica como se conoce comúnmente.

25 Cada pala 5 de turbina comprende una raíz 7 para unir la pala 5 al cubo 6 y una punta 8 en el otro extremo. Comprende además un borde delantero 9 y un borde trasero 10.

La invención se refiere a la configuración de las palas 5 de turbina eólica.

30 La figura 2 muestra una vista principal en sección transversal de la pala 5 de turbina tomada a lo largo de la línea II-II de la figura 1. La pala 5 comprende un cuerpo 11 hueco, que está hecho de una mitad de carcasa superior 12 y una mitad de carcasa inferior 13, que se fijan entre sí con un adhesivo 14 y que encierran un espacio hueco 15. En este espacio 15 se disponen una primera banda 16 y una segunda banda 17. Ambas bandas 16, 17 están dispuestas en la zona donde la mitad superior 12 y la mitad inferior 13 tienen una gran distancia, respectivamente, donde la pala tiene un gran espesor. Ambas bandas 16, 17 se extienden casi en paralelo y casi a lo largo de toda la longitud de la pala 5, comenzando adyacentes a la raíz 7 y terminando adyacentes a la punta 8.

40 Tanto la primera como la segunda banda 16, 17 se utilizan para soportar las carcasas 12, 13 de la pala y para tomar y distribuir las cargas respectivas que descansan sobre la pala 5, cargas que son el resultado de circunstancias aerodinámicas debidas a la rotación del rotor 4 y de las circunstancias mecánicas debidas al peso de la propia pala 5.

La primera banda 16 comprende un cuerpo 18 de banda y dos bordes 19 unidos integralmente al cuerpo 18 de banda en sus extremos. El mismo diseño en forma de H también se realiza en la segunda banda 17, que comprende un cuerpo 20 de banda y dos bordes terminales 21 unidos integralmente al cuerpo 20 de banda.

45 Mediante estos bordes 19, 21, ambas bandas 16, 17 se unen al lado interior 22 de una capa interior 23 mediante un adhesivo 24, 25, véase también la figura 3. La capa interior 23 forma parte de la media carcasa 12, 13 respectiva como se muestra en la figura 3. La figura 3 muestra solo una parte, es decir, la sección III de la figura 2 de la mitad superior de la carcasa 12. Cabe señalar que la misma configuración también se proporciona en la mitad inferior de la carcasa 13. Mientras que la capa interior 23 forma la parte interior de la carcasa 12, 13 respectiva, una capa exterior 26 forma la parte exterior de las medias carcasas 12, 13 respectivas. El diseño se explicará más detalladamente con respecto a la figura 3.

50 Como ambas bandas 16, 17 están unidas a la capa interior 23 de las carcasas 12, 13 mediante los adhesivos 24, 25, es necesario que estén firmemente soportadas por las carcasas 12, 13 respectivas. Para realizar este soporte en cada carcasa 12, 13, las primeras estructuras 27 de refuerzo para soportar la primera banda 16 y las segundas estructuras 28 de refuerzo para soportar la segunda banda 17 están dispuestas, integradas e intercaladas entre las capas interior y exterior 23, 26. Estas estructuras 27, 28 de refuerzo están hechas de pilas 29, 30 respectivas hechas de varias capas de tela de fibra de vidrio infundidas con resina, cuya configuración se describe con más detalle con respecto a la figura 3.

60 Entre ambas estructuras 29, 30 de refuerzo, que están dispuestas en ambas carcasas 12, 13, se dispone un elemento 31 de refuerzo, que comprende una pila de varias tiras pultruidas de fibra de carbono, que también están incorporadas a una resina, y preferiblemente en la resina, en la que también están incorporadas las pilas 29, 30 de capas de fibra de vidrio. En total, la combinación de ambas estructuras 27, 28 de refuerzo y el elemento 31 de refuerzo forma un único medio de refuerzo híbrido o tapa de larguero híbrida, que, debido a la incorporación de las pilas 29, 30

respectivas y la pila 32 que comprende las tiras pultruidas de fibra de carbono, es un elemento muy rígido, que se extiende en la dirección longitudinal de la pala y soporta ambas bandas 16, 17.

Como puede verse en la figura 2, el elemento 31 de refuerzo está dispuesto en el área de la pala, donde surgen cargas más altas. Las carcasas de las palas se endurecen firmemente insertando este elemento de refuerzo basado en fibra de carbono en combinación con las estructuras de refuerzo, que soportan las demás bandas de refuerzo, de modo que se logra un área y un diseño de pala muy rígidos, que pueden soportar y distribuir también elevadas cargas que surjan durante el funcionamiento de la turbina eólica.

Las estructuras 27, 28 de refuerzo basadas en fibra de vidrio sirven principalmente para soportar las bandas 16, 17 y no es necesario que estén hechas de pilas de tiras pultruidas de fibra de carbono. Los medios de refuerzo interpuestos entre las estructuras 27, 28 de refuerzo proporcionan la rigidez respectiva de la zona de pala correspondiente y también proporcionan una mayor rigidez de las estructuras 27, 28 de refuerzo, ya que están firmemente unidas al elemento 31 de refuerzo mediante la matriz de resina común. Por lo tanto, la pala 5 de la invención comprende un elemento de refuerzo basado en fibra de carbono dispuesto en la localización óptima del perfil con respecto al aspecto de las cargas, mientras que las estructuras 27, 28 de refuerzo, que sirven principalmente para soportar las bandas 16, 17, están hechas de capas de fibra de vidrio omitiendo las tiras pultruidas de fibra de carbono. Por lo tanto, en el diseño general de la pala, la cantidad de material pultruido de carbono se reduce a lo necesario para proporcionar las propiedades mecánicas solicitadas, mientras que las estructuras 27, 28 de refuerzo se construyen con materiales comunes y según un procedimiento conocido, tal como se explica a continuación.

La figura 3 muestra una vista principal ampliada de la sección III de la figura 2 en sección transversal. Muestra en parte ambas bandas 16, 17. Ambas bandas, que tienen preferiblemente la misma configuración o una similar, comprenden un núcleo 33, 34, por ejemplo hecho de madera de balsa o espuma o similar, que se extiende sobre casi toda la longitud del cuerpo 18, 20 de banda respectivo. Está encerrado en capas 35, 36 de fibra de vidrio infundidas con resina 37, 38. Los bordes 19, 21 respectivos forman parte integrante de los cuerpos 18, 20 de banda respectivos. Además, los bordes comprenden varias capas 39, 40 de fibra de vidrio, que también están infundidas o incorporadas a la resina 37, 38. Aunque solo se muestra una capa 35, 36 y 39, 40 de fibra de vidrio respectiva, varias de estas capas se proporcionan para construir una cubierta maciza y mecánicamente rígida respectiva. Especialmente, las diversas capas 39 y 40, que forman la parte central de los bordes 19, 21 respectivos, comprenden tanto capas de fibra de vidrio biaxiales como capas de fibra de vidrio uniaxiales, que están infundidas o incorporadas a la resina 39, 40 respectiva. Además, las diversas capas 35, 36 en los cuerpos 18, 20 de banda respectivos pueden comprender capas de fibra de vidrio uniaxiales y biaxiales, que pueden apilarse, al igual que en los bordes 19, 21, en un orden arbitrario.

Como también muestra la figura 3, los respectivos bordes 19, 21 están firmemente fijados a la superficie interior 22 de la capa interior 23 por medio de las capas 24, 25 de adhesivo. Esto proporciona una unión muy sólida, lo que es necesario, ya que sobre esta unión se transfieren las cargas respectivas.

La vista ampliada de la figura 3 también muestra las dos estructuras 27, 28 de refuerzo y el elemento 31 de refuerzo. Es obvio que tanto las estructuras 27, 28 de refuerzo como el elemento 31 de refuerzo están intercalados entre las capas interior y exterior 23, 26, cuyas capas 23, 26 comprenden varias capas 41, 42 de fibra de vidrio, que están infundidas o incorporadas a una resina 43, que se infunde en toda la carcasa 12, 13 respectiva, y que también incorpora elementos centrales 44, por ejemplo, de espuma o de madera de balsa, dispuestos en las áreas de carcasa respectivas adyacentes a las estructuras 27, 28 de refuerzo. No es necesario decir que cada capa 23, 26 puede comprender ciertamente mucho más que solo dos capas 41, 42 de fibra de vidrio, como se muestra en el boceto principal de la figura 3.

Como se ha mencionado, las estructuras 27, 28 de refuerzo están intercaladas entre las capas 23, 26 interior y exterior. Cada estructura 27, 28 de refuerzo se construye a partir de una pila 29, 30 que comprende un cierto número de capas 45, 46 de fibra de vidrio, algunas de las cuales se muestran en la figura 3. Estas capas 45, 46 de fibra de vidrio comprenden capas uniaxiales y capas biaxiales, que también pueden disponerse en un orden arbitrario. Además, estas capas 45, 46 de fibra de vidrio se infunden o se incrustan en la resina 43.

Como muestra además la figura 3, el elemento 31 de refuerzo está dispuesto directamente junto a las estructuras 27, 28 de refuerzo. Comprende una pila 32 que comprende varias tiras 47 pultruidas de fibra de carbono. La anchura de estas tiras 47 corresponde al espacio entre las respectivas pilas 29, 30 de fibra de vidrio de las estructuras 27, 28 de refuerzo, de modo que las estructuras 27, 28 de refuerzo se conectan directamente al elemento 31 de refuerzo.

Entre dos tiras 47 se proporcionan una o más capas 48 de fibra de vidrio, preferiblemente capas o tejidos de fibra de vidrio biaxiales, que se utilizan para infundir resina entre dos tiras 47 vecinas para fijarlas firmemente. Como resulta evidente a partir de la figura 3, las capas 48 de fibra de vidrio del elemento 31 de refuerzo se extienden a ambos lados del elemento 31 de refuerzo y se extienden hacia las respectivas pilas 29, 30 de capas de fibra de vidrio de las estructuras 27, 28 de refuerzo. Esto significa que las capas 48 de fibra de vidrio extendidas también forman parte de las pilas 29, 30 de capas de fibra de vidrio respectivas. Como el elemento 31 de refuerzo está también infundido o incorporado en toda la resina 43, no solo la resina 43 proporciona la conexión mecánica de las estructuras 27, 28 de refuerzo y el elemento 31 de refuerzo, sino también las capas 48 de fibra de vidrio incorporadas que se llevan o

5 extienden a través del elemento 31 de refuerzo y ambas 27, 28 estructuras de refuerzo. Aun cuando la figura 3 solo muestra una capa 48 de fibra de vidrio intercalada entre dos tiras 47, está claro que puede haber más de tales capas, aunque ciertamente también pueden proporcionarse más de tres tiras 47. Preferiblemente, todas estas capas 48 de fibra de vidrio intercaladas del elemento 31 de refuerzo se extienden a las pilas 29, 30 de fibra de vidrio respectivas de las estructuras 27, 28 de refuerzo de modo que estas capas de fibra de vidrio comunes pueden realizar muchos planos de conexión.

10 Como muestra la figura 3, las estructuras 27, 28 de refuerzo basadas en fibra de vidrio son una extensión directa de las bandas 16, 17. Esto permite, si es necesario, realizar trabajos de reparación en las estructuras 27, 28 de refuerzo, en las bandas 16, 17 y especialmente en las uniones 24, 25 de adhesivo respectivas, ya que estas estructuras 27, 28 de refuerzo basadas en fibra de vidrio pueden perforarse. Es posible perforar orificios o similares en estas estructuras de refuerzo, a través de los cuales, por motivos de reparación, se puede introducir a presión o infundir resina para reparar la matriz de resina del elemento de refuerzo o la unión adhesiva, etc. Esto es posible, ya que las estructuras 27, 28 de refuerzo se construyen en esta realización únicamente a partir de capas de fibra de vidrio.

15 Incluso si se utilizan capas 48 de fibra de carbono en la pila 32 de pultrusión de fibra de carbono y si se extienden en las pilas 29, 30 de fibra de vidrio respectivas, no impiden la posibilidad de reparación mencionada anteriormente, ya que estas capas 48 delgadas de fibra de carbono también pueden perforarse y solo unas pocas de estas capas se extienden a las pilas 29, 30 de fibra de vidrio respectivas.

20 Los medios de refuerzo híbridos o tapa de larguero híbrida que comprenden el elemento 31 de refuerzo y las estructuras 27, 28 de refuerzo pueden comprender solo un elemento 31 de refuerzo que se extiende paralelo a las estructuras 27, 28 de refuerzo a lo largo de casi toda la longitud de la pala 5. Además de proporcionar solo un elemento 31 de refuerzo, es posible disponer dos o más elementos 31 de refuerzo separados pero más cortos, que están dispuestos uno tras otro en la dirección longitudinal de la pala 5 con un determinado hueco entre ellos. Este hueco puede llenarse con un elemento central, por ejemplo, un elemento de espuma o similar, permitiendo una reducción adicional de la masa de fibra de carbono utilizada y proporcionando al mismo tiempo una rigidez suficiente, ya que los diversos elementos 31 de refuerzo todavía están firmemente incorporados a la matriz común general de la resina 43 y, preferiblemente, también están conectados mecánicamente a las estructuras 27, 28 de refuerzo mediante las capas 48 de fibra de vidrio que se extienden.

30 Aunque la presente invención se ha descrito en detalle con referencia a la realización preferida, la presente invención no está limitada por los ejemplos descritos a partir de los cuales el experto puede deducir otras variaciones sin abandonar el ámbito de la invención.

REIVINDICACIONES

1. Pala de turbina eólica, con un cuerpo (11) de pala generalmente hueco que comprende una media carcasa (12, 13) superior e inferior y una primera y una segunda banda alargada (16, 17), extendiéndose cada una de ellas en la dirección longitudinal de la pala (5) y dispuestas entre, y conectadas a, la mitad de la carcasa (12, 13) superior e inferior, y comprendiendo cada banda (16, 17) un borde superior e inferior (19, 21) que conecta la banda (16, 17) respectiva a la media carcasa (12, 13) respectiva, y con la primera y la segunda banda (16, 17) soportadas por medio de una primera y segunda estructura (27, 28) de refuerzo respectivas con respecto a la media carcasa respectiva (12, 13), cuyas estructuras (27, 28) de refuerzo están dispuestas entre una capa (23, 26) exterior e interior de cada una de las mitades (12, 13) de carcasa superior e inferior y que se extienden en la dirección longitudinal de la pala (5), **caracterizada porque** la primera y la segunda estructura (27, 28) de refuerzo comprenden cada una al menos una pila (29, 30) compuesta por varias capas (45, 46) de fibra de vidrio infundidas con resina (43), y porque al menos un elemento (31) de refuerzo se extiende paralelo a la primera y segunda estructura (27, 28) de refuerzo a lo largo de al menos una parte de su longitud comprendiendo al menos una pila (32) compuesta por varias tiras (47) compuestas pultruidas que comprenden fibras de carbono, con las tiras (47) fijadas en la resina (43) dispuestas entre la primera y la segunda estructura (27, 28) de refuerzo.
2. Pala de turbina eólica según la reivindicación 1, **caracterizada porque** el elemento (31) de refuerzo comprende capas (48) de fibra de vidrio y/o de carbono dispuestas entre cada par de tiras (47), cuyas capas (48) están infundidas con la resina (43).
3. Pala de turbina eólica según la reivindicación 2, **caracterizada porque las** capas (48) de vidrio y/o fibra son capas biaxiales.
4. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** la primera y la segunda estructura (27, 28) de refuerzo y el elemento (31) de refuerzo están conectados mecánicamente mediante al menos una capa (48) de fibra de vidrio o carbono que se extiende desde la primera estructura (27) de refuerzo a través del elemento (31) de refuerzo a la segunda estructura (28) de refuerzo.
5. Pala de turbina eólica según la reivindicación 2 o 3, y la reivindicación 4, **caracterizada porque** al menos una de las capas (48) de fibra de vidrio o carbono del elemento (31) de refuerzo se extiende hacia ambas pilas (29, 30) de la primera y la segunda estructuras (27, 28) de refuerzo.
6. Pala de turbina eólica según la reivindicación 5, **caracterizada porque** todas las capas (48) de fibra de vidrio o carbono del elemento (31) de refuerzo se extienden hacia ambas pilas (29, 30) de la primera y la segunda estructuras (27, 28) de refuerzo.
7. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** solo se proporciona un elemento (31) de refuerzo, que se extiende sobre al menos 70 %, preferiblemente al menos 80 % y especialmente sobre toda la longitud de la primera y la segunda estructuras (27, 28) de refuerzo.
8. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada porque se** proporcionan dos o más elementos (31) de refuerzo, cada uno de los cuales se extiende solo sobre una parte de la longitud de la primera y la segunda estructuras (27, 28) de refuerzo.
9. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** las pilas (29, 30) de la primera y la segunda estructuras (27, 28) de refuerzo comprenden capas (45, 46) de fibra de vidrio biaxiales y uniaxiales.
10. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada porque** los elementos centrales (44) se proporcionan entre la capa exterior e interior (23, 26) de las mitades (12, 13) de carcasa superior e inferior adyacentes a la primera y segunda estructuras (27, 28) de refuerzo.
11. Pala de turbina eólica según la reivindicación 10, **caracterizada porque** los elementos centrales (44) adicionales están hechos de espuma, madera o polímero.
12. Turbina eólica que comprende varias palas (5) de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores.

Fig. 1

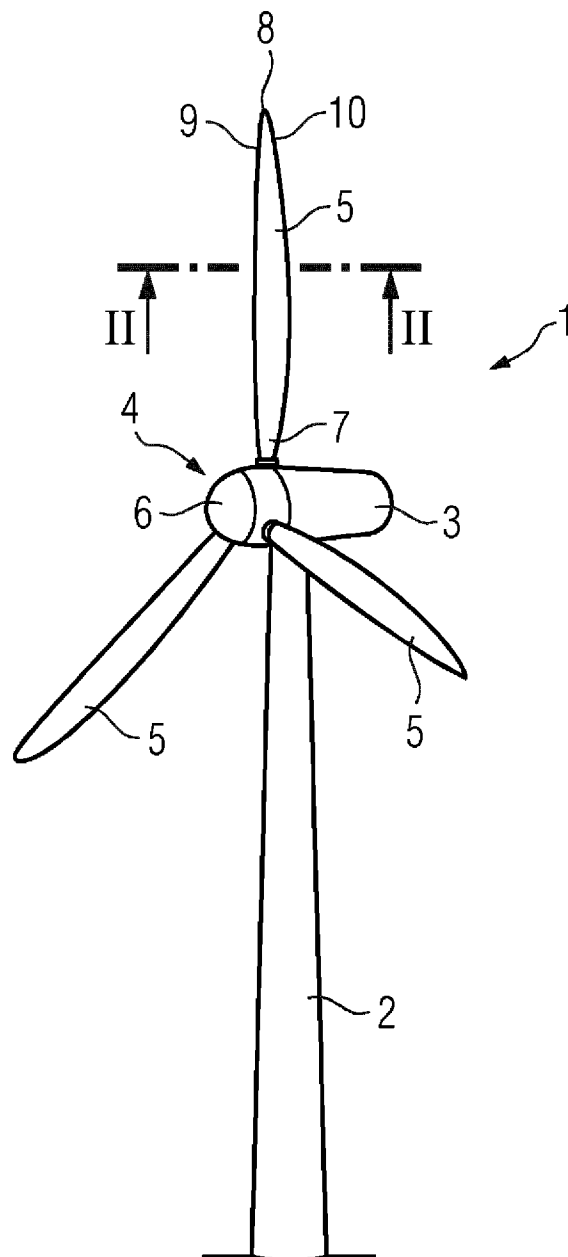


Fig. 2

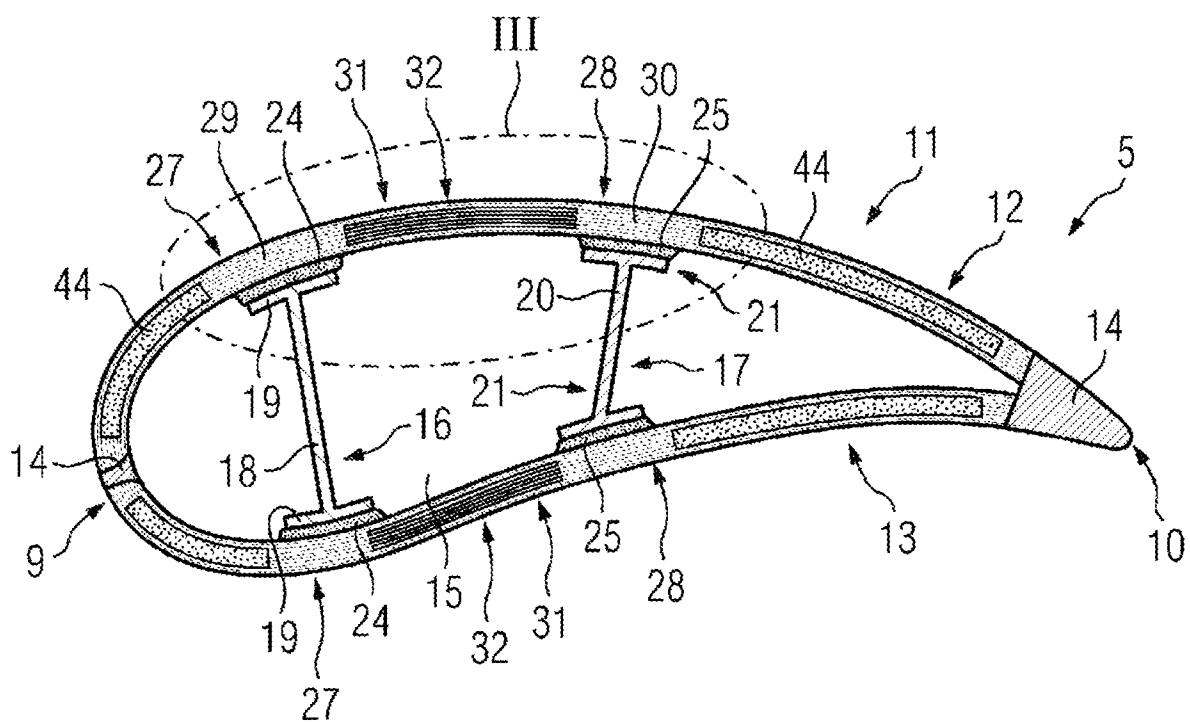


Fig. 3

