

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 009 065**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2020** **PCT/EP2020/075514**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.03.2021** **WO21048383**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2020** **E 20780944 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 4010583**

54 Título: **Pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

13.09.2019 EP 19380022

15.11.2019 EP 19380029

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

25.03.2025

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY
INNOVATION & TECHNOLOGY S.L. (100.00%)
Avenida de la Innovación 9-11
31621 Sarriguren (Navarra), ES**

72 Inventor/es:

**ROJO SAIZ, NICOLAS y
YUSTE SOLER, JAVIER**

74 Agente/Representante:

DEL VALLE VALIENTE, Sonia

ES 3 009 065 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 primeras y segundas bandas alargadas, extendiéndose cada una en la dirección longitudinal de la pala y estando dispuestas entre, y conectadas a la mitad superior y la inferior de carcasa, comprendiendo cada banda un reborde superior y uno inferior que conecta la banda respectiva a la mitad de carcasa respectiva, y con las primeras y segundas bandas soportadas a través de primeras y segundas estructuras de refuerzo
- 10 respectivas con respecto a la mitad de carcasa respectiva, estructuras de refuerzo que están dispuestas entre una capa exterior y una interior de la mitad de carcasa superior e inferior y que se extienden en la dirección longitudinal de la pala, en donde la primera y segunda estructura de refuerzo comprenden en cada caso al menos una pila compuesta de varias tiras compuestas pultruidas que comprenden fibras de carbono con las tiras fijadas en la resina.
- 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 mitades de carcasa y las soportan mientras que también transfieren las cargas que actúan sobre las carcasas 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.
- 25 Una pala de turbina eólica con esta configuración común se describe, por ejemplo, en el documento EP 2 791 500 B1.
- 30 Para soportar las mitades de carcasa y para transferir las cargas respectivas, cada banda alargada se extiende en la dirección longitudinal y se conecta a la mitad de carcasa respectiva a través de un reborde provisto en el lado de la banda respectiva, reborde que está unido a una capa interior de la mitad de carcasa superior e inferior mediante un adhesivo. Para transferir las cargas que soportan, respectivamente, las carcasas respectivas, cada banda se soporta a través de la primera y segunda estructura de refuerzo respectivas con respecto a la mitad de carcasa respectiva. Tal estructura de refuerzo también se denomina comúnmente tapa de larguero. Al igual que las bandas y sus rebordes
- 35 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.
- 40 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.
- 45 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 la mitad de carcasa 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 rebordes 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 carcasas 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. Otros ejemplos de la técnica anterior se describen en los documentos GB2530072A y US2005186081A1.
- 55 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.
- 60 Para abordar este problema, una pala de turbina eólica, como se mencionó anteriormente, se caracteriza porque al menos un elemento de rigidización que se extiende a lo largo de la primera y la segunda estructura de refuerzo en al
- 65

menos una parte de su longitud, que comprende al menos una pila compuesta por varias capas de fibra de vidrio infundidas con 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 de carcasa superior e inferior 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. Al igual que en los diseños de palas conocidos, estas estructuras de refuerzo están hechas de varias tiras compuestas pultruidas que comprenden fibras de carbono, con las tiras incorporadas en la resina.

La pala de turbina de la invención no solo se caracteriza por utilizar una primera y segunda estructura de refuerzo basadas en tira de carbono, sino también por integrar un elemento de rigidización específico entre la primera y la segunda estructura de refuerzo. Además, este elemento de rigidización está integrado en la mitad de carcasa respectiva entre la capa superior e inferior. Se proporciona al menos un elemento de rigidización que se extiende sobre al menos una parte de la longitud de la primera y segunda estructuras de refuerzo. Este elemento de rigidización comprende al menos una pila compuesta por varias capas de fibra de vidrio infundidas con resina, por lo que también este elemento de rigidización está incrustado en la resina, en la que también están incorporadas las estructuras de refuerzo primera y segunda basadas en fibra de tira de carbono.

Por lo tanto, no se utilizan tiras que sobresalgan de fibra de carbono o pilas de tiras de carbono prefabricadas para construir el elemento de rigidización, 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 utiliza al menos una pila compuesta de capas de fibra de vidrio simples, que pueden construirse fácilmente directamente en la carcasa respectiva utilizada para producir la mitad de carcasa simplemente disponiendo las capas de fibra de vidrio respectivas para construir la al menos una pila junto con los otros componentes necesarios para producir la mitad de carcasa. Como la mitad de carcasa, que comprende varias capas de fibra que van a infundirse con la resina para construir las capas de cubierta superior e inferior respectivas, se infunde finalmente con la resina, también la pila de capas de fibra de vidrio se infunde con la resina en esta única etapa de infusión. Por lo tanto, el elemento de rigidización se infunde simultáneamente y, por lo tanto, se construye cuando también se infunde y construye el resto de la mitad de carcasa.

Como este elemento de rigidización, adyacentes al cual, visto en la dirección periférica de la pala, se unen la primera y la segunda banda a la capa interior de la carcasa respectiva, está hecho 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 junta donde la banda o el reborde se unen a la capa interior, 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 estructuras de refuerzo con fibra de carbono que sobresalen como para las fibras de refuerzo, ya que no pueden perforarse.

Por lo tanto, el uso del elemento de rigidización basado en fibra de vidrio de la invención presenta varias ventajas. En primer lugar, tiene un diseño simple y su producción es simple y puede realizarse junto con la producción de la carcasa respectiva. En segundo lugar, la masa de costosas medidas de refuerzo basadas en fibra de carbono se reduce considerablemente, ya que solo la primera y la segunda estructura de refuerzo comprenden fibras de carbono y pueden colocarse exactamente y solo en áreas de la carcasa donde aparecen cargas elevadas y deben manipularse. Además, es posible situar las estructuras de refuerzo de carbono pequeñas en una posición óptima dentro del perfil de la carcasa respectiva en vista de las cargas y la distribución de la carga, ya que muestran propiedades mecánicas mejoradas, de las que también participa el elemento de rigidización, que está conectado directamente a través de la matriz de resina. Especialmente son capaces de hacerse rígidas contra una flexión de la pala en el sentido de los bordes. Se pueden moldear exactamente como se necesite y, por lo tanto, pueden ser bastante delgadas en su sección transversal, ya que el elemento de rigidización interpuesto entre ellas también contribuye a al refuerzo general de la pala. Este elemento de rigidización no comprende ninguna tira de fibra de carbono, lo que permite reducir la cantidad de material a base de carbono necesaria, cantidad que sería significativamente mayor cuando solo se usaran las dos estructuras de refuerzo para reforzar la pala. El elemento de rigidización refuerza la pala principalmente contra una flexión en la solapa. Y en tercer lugar, existe la posibilidad de reparar estas áreas, especialmente en la región de unión, ya que el elemento de rigidización basado en fibra de vidrio pueden perforarse.

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.

La primera y segunda estructura de refuerzo comprenden preferiblemente capas de fibra de vidrio y/o de carbono dispuestas entre cada par de tiras, capas que 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. Dicha estructura 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 estas estructuras de refuerzo, al igual que el elemento de rigidización, 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 las estructuras 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 rigidización 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 tiene sus ventajas, ya que permite soportar cargas de diferentes direcciones y de diferentes tipos, por ejemplo, cargas debidas a una flexión de la pala en la solapa o en el borde.

En otra realización preferida de la invención, la primera y segunda estructura de refuerzo y el elemento de rigidización 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 rigidización a la segunda estructura de refuerzo. Las estructuras de refuerzo y el elemento de rigidización 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 las cargas aún mejor.

Preferiblemente, al menos una de las capas de fibra de vidrio del elemento de rigidización 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 que, por lo tanto, forma una parte integrante de la pila de elementos de refuerzo. Esta capa de fibra de vidrio se extiende a ambos lados al interior de la pila de tiras de carbono de las estructuras de refuerzo, pila respectiva que comprende entonces esta capa de elemento de rigidización extendida como una capa integrante de la pila. Por lo tanto, en esta realización, al menos una capa de fibra de vidrio se extiende desde una estructura de refuerzo a través del elemento de rigidización y hacia la otra estructura de refuerzo.

En una alternativa, también al menos una capa de fibra de carbono intercalada en una pila basada en tiras de carbono de una estructura de refuerzo puede extenderse a través del elemento de rigidización y hacia la otra estructura de refuerzo. Esta realización es relevante cuando las pilas de tiras de carbono comprenden capas de fibra de carbono intercaladas e infundidas con resina. En este caso, el elemento de rigidización 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 solo una capa (ya sea capa de vidrio o de carbono) se extiende a través de tanto las estructuras de refuerzo como del elemento de rigidización, es preferible que todas las capas de fibra de vidrio o de carbono de una estructura de refuerzo se extiendan a través del elemento de rigidización y en el interior de la otra estructura de refuerzo. Por lo tanto, hay varios planos de conexión mecánica que conectan las estructuras de refuerzo con el elemento de rigidización, 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 rigidización, que se extiende sobre al menos 70 %, preferiblemente al menos 80 % y especialmente sobre toda la longitud de la primera y la segunda estructura de refuerzo. Por lo tanto, ambas estructuras de refuerzo se acoplan mecánicamente mediante un solo elemento de rigidización, 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 del elemento de rigidización 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 la solapa y en el borde, mientras que las fibras o capas uniaxiales mejoran especialmente la rigidez frente a una flexión en la solapa. 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.

En una realización adicional, se proporcionan uno o más elementos centrales entre la capa exterior y/o interior de la mitad de la carcasa superior e inferior respectiva y el elemento de rigidización. Dicho elemento central permite llenar el espacio en la región del elemento de rigidización, que a su vez puede tener un diseño más pequeño y compacto con suficientes propiedades mecánicas, y cuyo elemento o elementos centrales permiten una reducción adicional del peso, ya que son más ligeros que la matriz de resina con capas de fibra de vidrio incorporadas. Un elemento central de este tipo puede tener una sección transversal principalmente rectangular, similar a una cuña o trapezoidal. Especialmente, la forma trapezoidal o similar a una cuña permite que la sección transversal del elemento de rigidización no sea lineal, sino que de alguna manera esté doblada o angulada.

Además, pueden proporcionarse 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.

Cualquiera de los elementos centrales antes mencionados puede estar hecho de espuma, madera polímero, o material compuesto por ejemplo, aunque esta enumeración tampoco es definitiva.

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.

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 un esquema principal de una turbina eólica,

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

la figura 3 una vista ampliada de la sección III de la figura 2, y

la figura 4 una sección transversal a través de una pala de una segunda realización.

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.

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.

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, por ejemplo, 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.

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 razones aerodinámicas debidas a la rotación del rotor 4 y de las razones mecánicas debidas al peso de la propia pala 5.

La primera banda 16 comprende un cuerpo 18 de banda y dos rebordes 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 rebordes terminales 21 unidos integralmente al cuerpo 20 de banda.

Mediante estos rebordes 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 carcassas 12, 13 respectivas. El diseño se explicará más detalladamente con respecto a la figura 3.

Como ambas bandas 16, 17 están unidas a la capa interior 23 de las carcassas 12, 13 mediante los adhesivos 24, 25, es necesario que estén firmemente soportadas por las carcassas 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 tiras compuestas pultruidas que comprenden fibras de carbono con las tiras fijadas en la resina, cuya configuración se describe con más detalle con respecto a la figura 3.

Entre ambas estructuras 29, 30 de refuerzo, que están dispuestas en ambas carcassas 12, 13, se dispone un elemento 31 de rigidización, que comprende una pila 32 de varias capas de fibra de vidrio o telas, que también están incorporadas en una resina, y preferiblemente en la resina, en la que también están incorporadas las pilas 29, 30 basadas en tiras de carbono. En total, la combinación de ambas estructuras 27, 28 de refuerzo y el elemento 31 de rigidización 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 en la resina, 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, las estructuras 27, 28 de refuerzo están dispuestas en las áreas de pala, donde surgen cargas más altas. Las carcassas de pala se rigidizan adicionalmente insertando el elemento 31 de rigidización basado en fibra de vidrio interpuesto entre las estructuras 27, 28 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 de refuerzo a base de tiras de carbono 27, 28 sirven principalmente para soportar las bandas 16, 17 y para endurecer la pala especialmente contra una flexión en el borde. Los medios de rigidización interpuestos entre las estructuras 27, 28 de refuerzo proporcionan la rigidización respectiva de la pala especialmente contra una flexión en la solapa y también proporcionan una mayor rigidización de las estructuras 27, 28 de refuerzo, ya que están firmemente unidas al elemento 31 de rigidización mediante la matriz de resina común. Por lo tanto, la pala 5 de la invención comprende estructuras 27, 28 de refuerzo a base de fibra de carbono adaptadas a la necesidad en vista de las cargas que aparecen y dispuestas en la ubicación óptima del perfil con respecto a la apariencia de las cargas, mientras que el elemento 31 de rigidización sirve para hacer rígida el área intermedia y para mejorar las propiedades mecánicas de los medios de refuerzo híbridos generales, respectivamente, la tapa de mástil construida a partir de las dos estructuras de refuerzo y los medios de rigidización interpuestos, mientras que también omite tiras pultruidas de fibra de carbono ya que está hecha de capas de fibra de vidrio. 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.

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 43, 44, 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 45, 46 de fibra de vidrio infundidas con resina 47, 48. Los rebordes 19, 21 respectivos son parte integrante de los cuerpos 18, 20 de banda respectivos. Además, los rebordes comprenden varias capas 49, 50 de fibra de vidrio, que también están infundidas o incorporadas a la resina 47, 48. Aunque solo se muestra una capa 45, 46 y 49, 50 de fibra de vidrio respectiva, varias de estas capas se proporcionan para construir una cubierta maciza y mecánicamente rígida respectiva. Especialmente, las diversas capas 49 y 50, que forman la parte central de los rebordes 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 47, 48 respectiva. Además, las diversas capas 45, 46 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 rebordes 19, 21, en un orden arbitrario.

Como también muestra la figura 3, los respectivos rebordes 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 muestra la figura 3, ambas estructuras 27, 28 de refuerzo están dispuestas en extensión directa de las bandas respectivas 16, 17. Cada estructura 27, 28 comprende una pila 29, 30, comprendiendo cada pila 29, 30 varias tiras compuestas pultruidas 33, 34 que comprenden fibras de carbono fijadas en una tira de resina. Entre dos tiras adyacentes 33, 34 están dispuestas una o más capas de fibra de vidrio o carbono 35, 36. Estas capas de fibra de vidrio o carbono 35, 36 son capas biaxiales y se usan para infundir la pila respectiva 29, 30, de modo que al infundir la resina en esta área, las tiras adyacentes 33, 34 se unen firmemente entre sí.

Aunque solo se muestra una capa respectiva de fibra de vidrio o carbono 35, 36 entre dos tiras adyacentes 33, 34, se pueden proporcionar varias de estas capas.

Como ya se ha mencionado, un elemento 31 de rigidización que comprende una pila 32, que está compuesta por varias capas 37 de fibra de vidrio, está interpuesto entre ambas estructuras de refuerzo 27, 28. Este elemento 31 de rigidización o sus capas de fibra 37, están distanciadas de las estructuras adyacentes 27, 28, o de las pilas a base de carbono 29, 30 solo por un pequeño hueco, de modo que se proporciona un diseño global compacto. Además, estas capas 37 están incorporadas en una resina 38, que incrusta completamente todos los componentes de la carcasa respectiva 12, 13, en este caso especialmente las respectivas estructuras 27, 28 de refuerzo y el elemento 31 de rigidización.

Como muestra claramente la figura 3, las estructuras 27, 28 de refuerzo y el elemento 31 de rigidización están interconectados mecánicamente mediante varias capas de fibras, que se extienden desde la estructura 27 de refuerzo a través del elemento 31 de rigidización hasta la estructura 28 de refuerzo. Preferiblemente, ambas estructuras de refuerzo 27, 28 comprenden capas 35, 36 de fibra de vidrio de modo que las capas respectivas son capas comunes de los tres elementos, es decir, las estructuras 27, 28 de refuerzo y el elemento 31 de rigidización. Esto significa que las capas de fibra de vidrio extendidas que se extienden a través de todos los componentes comprenden las capas de fibra 35, 36 y 37, pero son una sola capa que se extiende a través de los tres componentes. Esto significa que la capa de fibra de vidrio extendida respectiva forma parte de las pilas 29, 30 y 31.

Es obvio que todos los componentes se infunden en la misma resina matriz 38. En la producción de la media carcasa respectiva, es posible insertar todos los componentes respectivos en el molde de carcasa respectivo insertando las respectivas capas de fibra de vidrio 41 para construir la capa interior 23 respectiva, disponiéndose los elementos centrales 39 respectivos junto a las estructuras 27, 28 de refuerzo, las tiras separadas 33, 34 con las capas 35, 36 de fibra de vidrio interpuestas y la respectiva capa de fibra de vidrio 37 más corta en el área donde se realizará el elemento 31 de rigidización, seguido de las capas 42 de fibra de vidrio para construir la capa exterior respectiva 26. Después de insertar todos los componentes en el molde respectivo, el molde se infunde completamente con resina para incrustar todo el componente insertado.

Como muestra la figura 3, en esta realización el elemento 31 de rigidización está construido únicamente a partir de capas 37 de fibra de vidrio, especialmente cuando las capas de fibra comunes que se extienden a través del elemento 31 de rigidización y ambas estructuras de refuerzo 27, 28 son capas de fibra de vidrio. Si las pilas 29, 30 comprenden capas de fibra de carbono, el elemento 31 de rigidización puede comprender algunas capas delgadas de fibra de carbono. Independientemente de cómo se construya el elemento 31 de rigidización, es posible perforar a través de este elemento 31 de rigidización, ya que está compuesto única o principalmente por capas de fibra de vidrio. Esto permite perforar orificios a través de esta área y llegar a los respectivos adhesivos 24, 25, mediante los cuales las respectivas bandas 16, 17 se unen a la capa interna 23 para reparar esta unión si es necesario.

Como se ha mencionado, la rigidización 31 está compuesta por capas 37 de fibra de vidrio. Esta pila de capas de fibra de vidrio 32 comprende capas de fibra de vidrio uniaxiales y biaxiales, que proporcionan propiedades mecánicas mejoradas con el fin de soportar las cargas de flexión respectivas que resultan de una flexión en el borde y en la solapa.

La figura 4 muestra otra realización de una pala de turbina 5, que tiene una configuración comparable a la realización descrita anteriormente. También comprende dos mitades de carcasa 12, 13, que se fijan entre sí mediante un adhesivo 14. En el espacio hueco, dos bandas 16, 17 están unidas a la superficie interior de las respectivas mitades de carcasa por medio de un adhesivo 24, 25, tal como se describió anteriormente.

Además, en cada mitad de carcasa 12, 13, dos estructuras de refuerzo 27, 28 que comprenden pilas pultruidas de carbono 29, 30 están incorporadas en la matriz de resina, estructuras de refuerzo 27, 28 entre las que se dispone un elemento 31 de rigidización. También en este caso, el elemento 31 de rigidización comprende fibras de vidrio 37, que solo se extienden entre las pilas de tiras 29, 30, pero algunas de las cuales también se extienden en las respectivas pilas de tiras 29, 30, tal como se describe en la figura 3.

A diferencia de la realización de la figura 3, varios elementos centrales 51 están dispuestos en el área del elemento 31 de rigidización respectivo. Estos elementos centrales 51, que pueden estar hechos de madera de balsa o material espumado o similar, tienen una forma similar a una cuña o una forma trapezoidal, como se muestra en la figura 4. El

número de elementos centrales 51 puede diferir en número y/o forma en la carcasa superior 12 y la carcasa inferior 13, como se describe en el ejemplo, pero también puede ser el mismo.

Estos elementos centrales llenan el espacio entre la capa interior y la capa exterior 23, 26, de modo que se puede reducir la cantidad de capas 37 de fibra de vidrio necesarias para construir el elemento 31 de rigidización respectivo, y también la cantidad de resina necesaria para incrustar el mismo. La geometría de los respectivos elementos centrales 31 proporciona además una cierta geometría del elemento 31 de rigidización, o de las capas 37 de fibra de vidrio, ya que no se extienden en línea recta entre las respectivas estructuras 27, 28 de refuerzo, sino que están dobladas o anguladas de alguna manera.

Los medios de refuerzo híbridos o tapa de larguero híbrida que comprenden el elemento 31 de rigidización y las estructuras 27, 28 de refuerzo pueden comprender solo un elemento 31 de rigidización 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 rigidización, es posible disponer dos o más elementos 31 de rigidización 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 rigidización todavía están firmemente incorporados en la matriz común general de la resina 38 y, preferiblemente, también están conectados mecánicamente a las estructuras 27, 28 de refuerzo mediante las capas 35, 36 o 37 de fibra de vidrio que se extienden. 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 en la materia puede derivar otras variaciones sin abandonar el ámbito de la invención como se define mediante las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

1. Pala de turbina eólica, con un cuerpo (11) de pala generalmente hueco que comprende una mitad de carcasa (12, 13) superior y una 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 estando dispuestas entre, y conectadas a la mitad de carcasa (12, 13) superior y a la inferior, comprendiendo cada banda (16, 17) un reborde superior y uno inferior (19, 21) que conectan la banda (16, 17) respectiva a la mitad de carcasa (12,13) respectiva, y estando soportadas la primera y la segunda banda (16, 17) a través de primeras y segundas estructuras (27, 28) de refuerzo respectivas con respecto a la mitad de carcasa respectiva (12, 13), estructuras (27, 28) de refuerzo que están dispuestas entre una capa (23, 26) exterior y una interior de la mitad (12, 13) de carcasa superior e inferior y que se extienden en la dirección longitudinal de la pala (5), en donde la primera y la segunda estructura (27, 28) de refuerzo comprenden cada una al menos una pila (29, 30) compuesta por varias tiras compuestas (33, 34) pultruidas que comprenden fibras de carbono, estando fijadas las tiras (33, 34) en la resina (38), comprendiendo la pala de turbina eólica además al menos un elemento (31) de rigidización que se extiende a lo largo de la primera y segunda estructura (27, 28) de refuerzo sobre al menos una parte de su longitud que comprende al menos una pila (32) compuesta por varias capas (47) de fibra de vidrio infundidas con resina (38), **caracterizada por que** el elemento (31) de rigidización está dispuesto entre la primera y la segunda estructura (27, 28) de refuerzo e intercalado entre la capa (23, 26) exterior e interior de cada una de la mitad de carcasa (12, 13) superior e inferior.
2. Pala de turbina eólica según la reivindicación 1, **caracterizada por que** la primera y segunda estructura de refuerzo comprenden capas (35, 36) de fibra de vidrio y/o de carbono dispuestas entre cada par de tiras (33, 34), capas (35, 36) que están infundidas con la resina (38).
3. Pala de turbina eólica según la reivindicación 2, **caracterizada por que las** capas (35, 36) de fibra de vidrio y/o carbono son capas biaxiales.
4. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la primera y la segunda estructura (27, 28) de refuerzo y el elemento (31) de rigidización están conectados mecánicamente mediante al menos una capa (35, 36, 37) de fibra de vidrio o carbono que se extiende desde la primera estructura (27) de refuerzo a través del elemento (31) de rigidización a la segunda estructura (28) de refuerzo.
5. Pala de turbina eólica según la reivindicación 2 o 3 y la reivindicación 4, **caracterizada por que** al menos una de las capas (37) de fibra de vidrio del elemento (31) de rigidización se extiende en ambas pilas (29, 30) de la primera y segunda estructura (27, 28) de refuerzo, o por que al menos una de las capas (35, 36) de fibra de carbono de una de las estructuras (27) de refuerzo se extiende a través del elemento (31) de rigidización y en la otra estructura (28) de refuerzo.
6. Pala de turbina eólica según la reivindicación 5, **caracterizada por que** todas las capas (35) de fibra de vidrio o carbono de una estructura (27) de refuerzo se extienden a través del elemento (31) de rigidización y en el interior de la otra estructura (28) de refuerzo.
7. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** solo se proporciona un elemento (31) de rigidización que se extiende sobre al menos 70 %, preferiblemente al menos 80 % y especialmente sobre toda la longitud de la primera y la segunda estructura (27, 28) de refuerzo.
8. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizada por que** se proporcionan dos o más elementos (31) de rigidización, cada uno de los cuales se extiende solo sobre una parte de la longitud de la primera y la segunda estructura (27, 28) de refuerzo.
9. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** la pila (33) del elemento (31) de rigidización comprende capas (37) de fibra de vidrio biaxiales y uniaxiales.
10. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** uno o más elementos centrales (51) se proporcionan entre la capa (23, 26) exterior y/o interior de la mitad (12, 13) de carcasa superior e inferior respectivas y el elemento (31) de rigidización.
11. Pala de turbina eólica según la reivindicación 10, **caracterizada por que** el uno o cada elemento central (51) tiene una sección transversal principalmente rectangular, a modo de cuña o trapezoidal.
12. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizada por que** los elementos centrales (39, 40) se proporcionan entre la capa (23, 26) exterior e interior de la mitad (12, 13) de carcasa superior e inferior respectiva adyacente a la primera y segunda estructura (27, 28) de refuerzo.
13. Pala de turbina eólica según una de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizada por que** los elementos centrales (39, 40, 51) están hechos de espuma, madera o polímero.

14. Turbina eólica que comprende varias palas (5) de turbina eólica según una de las reivindicaciones anteriores.

FIGURA 1

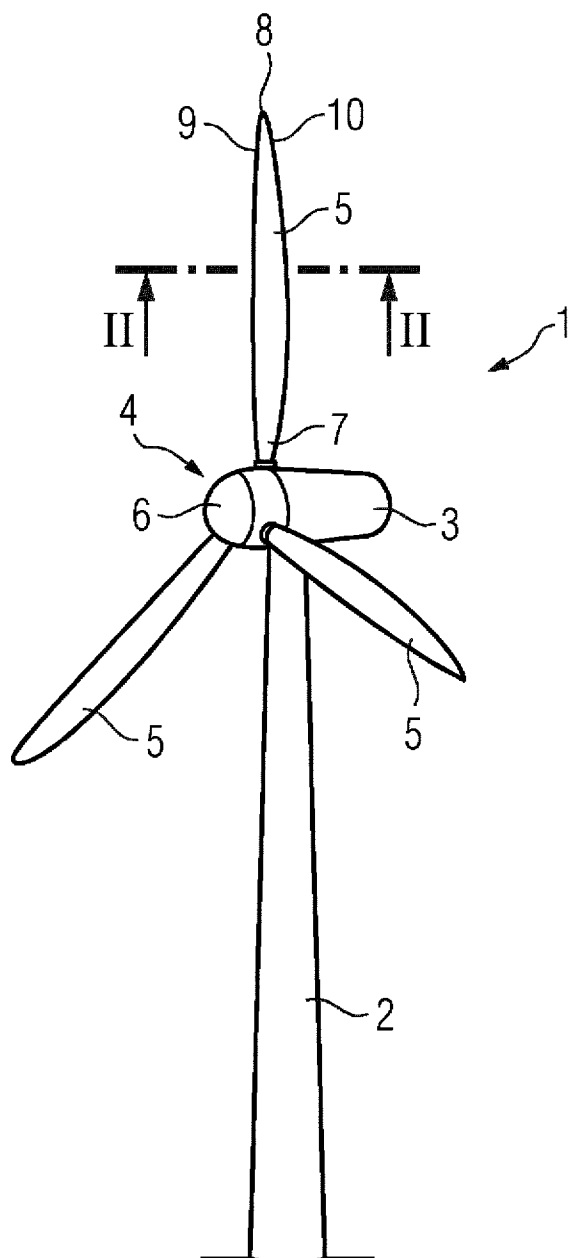


FIGURA 2

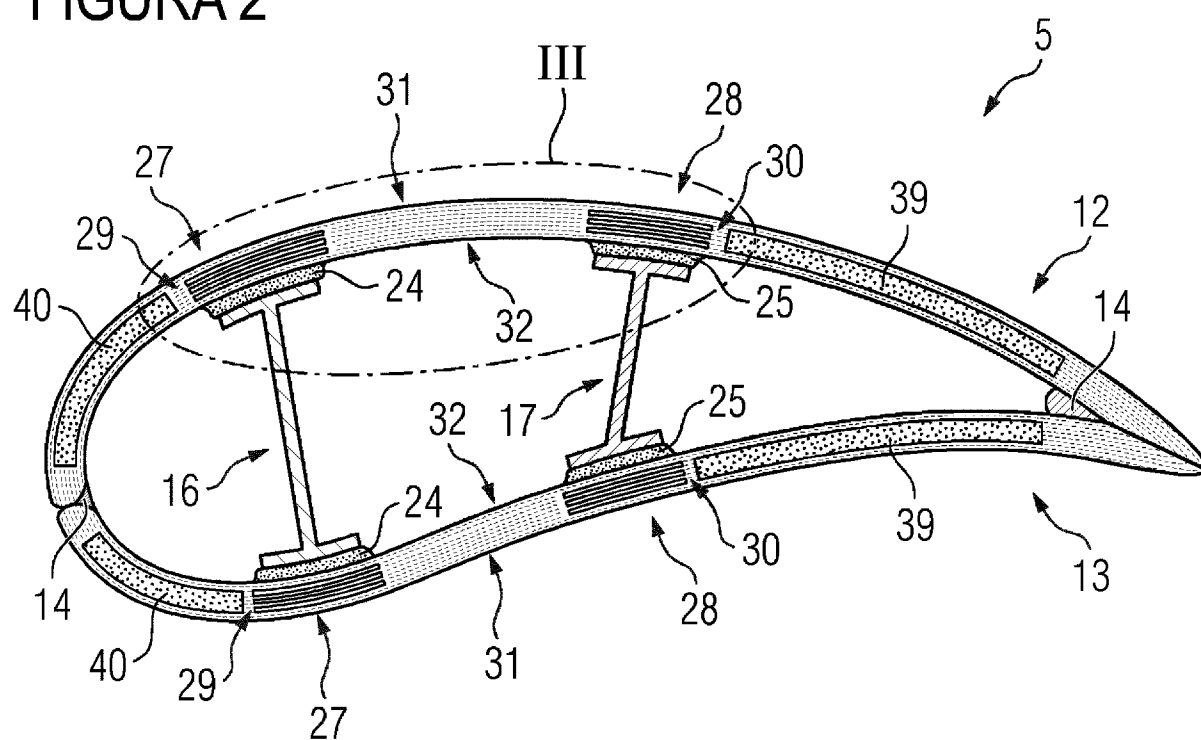


FIGURA 3

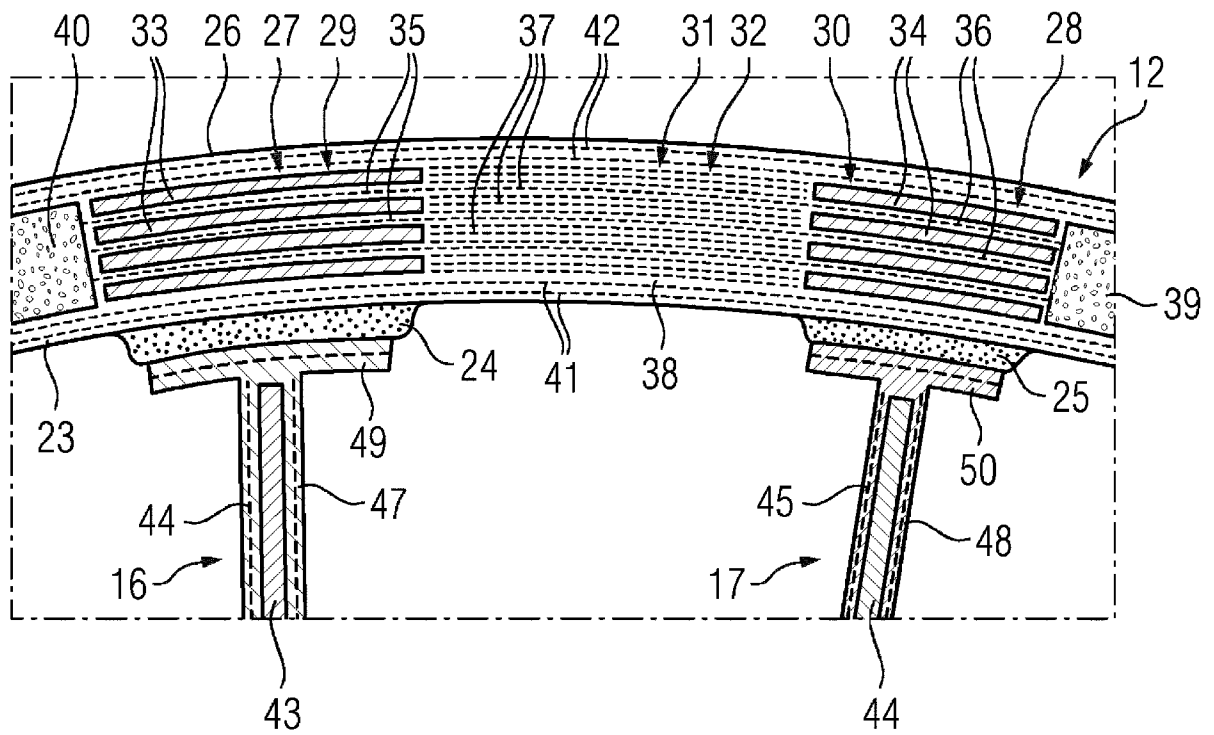


FIGURA 4

