

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 799 176**

51 Int. Cl.:

**F03D 1/06** (2006.01)

**F03D 80/30** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.01.2018** **E 18151221 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2020** **EP 3511560**

54 Título: **Tapa de larguero, pala de turbina eólica, procedimiento de fabricación de una tapa de larguero, y procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**15.12.2020**

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S**  
**(100.0%)**  
**Borupvej 16**  
**7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**GIROLAMO, DONATO**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 799 176 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**

Tapa de larguero, pala de turbina eólica, procedimiento de fabricación de una tapa de larguero, y procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica

5

La invención se refiere a una tapa de larguero para una pala de turbina eólica, que comprende un cuerpo principal, que comprende una porción eléctricamente conductora, y al menos un conductor metálico, en la que el conductor metálico comprende una porción terminal y al menos una porción de conexión. Además, la invención se refiere a una turbina eólica, a un procedimiento de fabricación de una tapa de larguero y a un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica.

10

Las dimensiones de las turbinas eólicas y sus palas de rotor están aumentando exponencialmente. Los tamaños cada vez mayores de las palas de rotor o de las palas de turbina eólica requieren diseños especiales para que las palas de turbina eólica mantengan y garanticen su estabilidad mecánica y su integridad durante el funcionamiento de la turbina eólica. Los materiales adecuados para el diseño de grandes palas de turbina son, por ejemplo, materiales compuestos a base de fibra como el plástico reforzado con fibra debido a su gran relación rigidez-peso. Un componente importante para la estabilidad mecánica y la integridad de una pala de turbina eólica es la denominada tapa de larguero, que puede adaptarse para transferir las principales cargas de flexión aerodinámicas en el sentido de las aletas desde las palas de turbina eólica. Solo una porción de la carga se transfiere a los cimientos. La mayor porción de la carga horizontal se transfiere, como par, a través del buje al generador para producir electricidad. Las tapas de larguero normalmente están diseñadas con plásticos reforzados con fibra unidireccional.

15

20

25

El uso de plásticos reforzados con fibra de carbono conlleva el desafío, en comparación con el plástico reforzado con fibra de vidrio, de que las fibras de carbono son eléctricamente conductoras y pueden interactuar con el sistema de protección contra rayos de la turbina eólica cuando la pala eólica intercepta un rayo. Para evitar daños a la estructura, se requiere una integración adecuada de las piezas basadas en plástico reforzado con fibra de carbono en el sistema de protección contra rayos de la turbina eólica, ya que de lo contrario los rayos directos y/o las descargas eléctricas desde el conductor principal descendente pueden causar daños y/o fallos en la pala de turbina eólica.

30

El documento EP 2 930 355 A1 describe una pala de rotor de una turbina eólica, en la cual una porción eléctricamente conductora, que contiene fibras de carbono, está conectada a un conductor de un sistema de protección contra rayos usando mallas de cobre para conectar la porción eléctricamente conductora con el conductor para establecer una ecualización potencial.

35

El documento US 2015/0292479 A1 divulga un montaje de tapa de larguero para una pala de rotor de turbina eólica, que está reforzada con fibras de carbono y comprende un pararrayos, que está conectado a la tapa de larguero usando al menos un elemento de ecualización potencial. Para establecer una conexión eléctrica, una porción del elemento de ecualización potencial se encuentra contra una primera capa de las fibras de carbono de la tapa de larguero y está cubierta por una segunda capa de fibras de carbono de la tapa de larguero, en la que la segunda capa llega hasta el pararrayos. La capa superior eléctricamente conductora de fibras de carbono mejora el contacto eléctrico entre una tapa de larguero y el pararrayos.

40

En el documento US 2007/074892 A1, se divulga un miembro para la ecualización potencial entre un primer miembro conductor y un segundo miembro conductor de una pala de turbina eólica. El miembro comprende un conductor eléctrico, una primera parte de contacto para proporcionar la conexión de ecualización potencial entre el primer miembro conductor y el segundo miembro conductor, en el que la primera parte de contacto está conformada sustancialmente como una cinta y en el que el primer miembro conductor comprende fibras de carbono.

45

50

Estas técnicas son vulnerables a un mal funcionamiento de las conexiones entre el conductor metálico, la tapa de larguero y un conductor del sistema de protección contra rayos, ya que el número de conexiones se mantiene habitualmente al mínimo para facilitar la capacidad de fabricación de la pala de turbina eólica. Un único mal funcionamiento de la conexión puede dar como resultado una ecualización potencial y descargas eléctricas inadecuadas, así como un posible fallo catastrófico de la pala de turbina eólica. Adicionalmente, la implementación de las conexiones eléctricas permite solo pequeñas tolerancias durante la fabricación de la pala. Las tolerancias pequeñas son difíciles de lograr en particular para estructuras más grandes y, en caso de fallos, son difíciles de detectar y costosas de reparar.

55

60

Por lo tanto, es un objetivo de la invención proporcionar una tapa de larguero para una pala de turbina eólica, que proporcione una ecualización potencial fiable entre las porciones conductoras de la tapa de larguero y un sistema de protección contra rayos, así como que facilite la fabricación de la tapa de larguero y toda la pala de turbina eólica.

65

De acuerdo con la invención, este objetivo se logra mediante una tapa de larguero como se describió inicialmente,

en la que la porción de conexión del conductor metálico está envuelta por un primer extremo de una esterilla de fibra de carbono eléctricamente conductora y en forma de banda, que limita con un segundo extremo al menos parcialmente en la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal.

5 La invención tiene la ventaja de que un contacto eléctrico muy bueno y fiable entre el conductor metálico y la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal de la tapa de larguero se logra envolviendo la esterilla de fibra de carbono eléctricamente conductora y en forma de banda alrededor del conductor metálico. Además, la esterilla de fibra de carbono puede limitar con la porción eléctricamente conductora en un área grande, de modo que disminuyen la resistencia de contacto y, por lo tanto, la resistencia completa entre el conductor metálico y la porción eléctricamente conductora. Además, debido a la integración del conductor metálico, se facilita tanto la fabricación de la tapa de larguero como la fabricación de una pala de turbina eólica que comprende al menos una tapa de larguero de acuerdo con la invención, ya que la integración del conductor metálico de la tapa de larguero en el sistema de protección contra rayos de la pala de turbina eólica permite tolerancias comparativamente grandes. Esto facilita especialmente la fabricación de palas de turbina eólica más grandes, ya que tolera errores de fabricación y de posicionamiento más grandes al usar una tapa de larguero profundida para la fabricación de una pala de turbina eólica.

La tapa de larguero puede comprender uno o más conductores metálicos, en la que cada conductor metálico está conectado a la porción eléctricamente conductora por medio de una esterilla de fibra de carbono en forma de banda envuelta. Una esterilla de fibra de carbono en forma de banda puede conectar más de un conductor metálico a la porción eléctricamente conductora al estar envuelta con su primer extremo alrededor de más de una porción de conexión de los conductores metálicos. También es posible que un conductor metálico comprenda más de una porción de conexión, en el que cada porción de conexión está conectada a la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal mediante una esterilla de fibra de carbono en forma de banda para crear redundancia en las conexiones eléctricas. En particular, es posible que la porción eléctricamente conductora de la pala del ala comprenda materiales basados en fibra de carbono para permitir una alta estabilidad mecánica de la tapa de larguero y, por lo tanto, también para una pala de turbina eólica que comprenda al menos una de las tapas de larguero.

Debido a la integración facilitada de la tapa de larguero de acuerdo con la invención en una pala de turbina eólica completa, es posible usar una tapa de larguero profundida o prefabricada para la fabricación de la pala de turbina eólica. Esto permite de forma ventajosa una precalificación de la tapa de larguero profundida antes de su introducción en la pala de turbina eólica, tanto mediante pruebas estructurales como eléctricas. Las pruebas estructurales pueden realizarse, por ejemplo, como un examen no destructivo, como las pruebas ultrasónicas para identificar defectos estructurales en el componente antes del montaje y permitir reparaciones fáciles y rentables. Las pruebas eléctricas, tales como el escaneo ultrasónico por termografía y las mediciones de resistencia eléctrica permiten, por ejemplo, la prueba de la conexión entre el conductor metálico y la porción eléctricamente conductora. Las conexiones eléctricas defectuosas se pueden identificar y reparar antes de la integración de la tapa de larguero en la pala de turbina eólica.

Es posible que la tapa de larguero comprenda una pluralidad de conductores metálicos para lograr una redundancia en las conexiones eléctricas entre la tapa de larguero y el sistema de protección contra rayos para permitir una funcionalidad adecuada también en caso de que algunas de las conexiones estén dañadas. Esto mejora la fiabilidad de la integración de la porción eléctricamente conductora de la tapa de larguero al sistema de protección contra rayos de la pala de turbina eólica y, por lo tanto, también causa una mejora de la fiabilidad de una turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica con tapas de larguero de acuerdo con la invención.

En un modo de realización preferente de la invención, puede estar previsto que el conductor metálico, que es en particular un cable trenzado o una banda metálica, comprenda una sección transversal rectangular o sustancialmente rectangular u ovalada o sustancialmente ovalada, en la que la sección transversal completa de la porción de conexión está envuelta al menos con una capa de la esterilla de fibra de carbono. El conductor metálico puede ser, por ejemplo, un cable trenzado o una banda sólida hecha de un metal eléctricamente conductor como aluminio, cobre, acero o titanio. La esterilla de fibra de carbono en forma de banda se envuelve alrededor de la sección transversal completa del conductor metálico al menos una vez, lo que significa que el conductor metálico está envuelto al menos por una capa de la esterilla de fibra de carbono. Esto da lugar a una reducción significativa de la resistencia de contacto entre el conductor metálico y la esterilla de fibra de carbono y, por lo tanto, también a una resistencia de contacto reducida entre el conductor metálico y la porción eléctricamente conductora de la tapa de larguero. La esterilla de fibra de carbono eléctricamente conductora y en forma de banda puede ser, por ejemplo, una esterilla (seca) que comprende fibras de carbono unidireccionales. De forma alternativa, también se puede usar una esterilla de fibra de carbono que comprende hilos o mechales de fibras dispuestas en más de una dirección, como fibras de carbono biaxiales o fibras de carbono triaxiales.

Los modos de realización de la invención pueden proporcionar que el cuerpo principal comprenda un lado superior y un lado inferior, en el que al menos el lado superior está cubierto parcial o totalmente por al menos una esterilla de cubierta, en particular una esterilla de cubierta que consiste en un material a base de fibra de vidrio o un material a base de fibra de carbono o un material a base de aramida, en el que el segundo extremo de la esterilla de fibra

de carbono está intercalado entre la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal y la esterilla de cubierta. Es posible que el lado superior o el lado superior y el lado inferior estén cubiertos por más de una capa de esterillas de cubierta y/o por una pluralidad de esterillas de cubierta, que están dispuestas una al lado de la otra en el lado superior o inferior, respectivamente. El uso de la esterilla de cubierta o de las esterillas de cubierta mejora la resistencia transversal y la rigidez de la tapa de larguero y aumenta su resistencia contra el daño debido al impacto y/o durante el manejo. Como material a base de fibra de carbono para la esterilla de cubierta, se puede usar, por ejemplo, una esterilla de fibra de carbono unidireccional o una esterilla de fibra de carbono biaxial o una esterilla de fibra de carbono triaxial. Adicionalmente o de forma alternativa, también se pueden usar esterillas de cubierta que comprenden fibras de vidrio y/o fibras de aramida o aramida.

Preferentemente, la porción conductora del cuerpo principal consiste en un material compuesto a base de fibra de carbono que comprende al menos una capa de fibra de carbono unidireccional, en el que las fibras de carbono de la capa de fibra de carbono unidireccional están orientadas a lo largo de un eje longitudinal de la tapa de larguero. El cuerpo principal de la tapa de larguero puede tener, por ejemplo, una forma en forma de banda, en la que el eje longitudinal de la tapa de larguero corresponde al eje longitudinal de la pala de turbina eólica en un estado montado de la tapa de larguero. La dirección longitudinal de la pala de turbina eólica también puede entenderse como la dirección radial de un rotor de turbina eólica que comprende una pluralidad de palas de turbina eólica. Al orientar las fibras de carbono unidireccionales de la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal a lo largo del eje longitudinal de la tapa de larguero y, por lo tanto, también a lo largo del eje longitudinal de la pala de turbina eólica en un estado montado de la tapa de larguero, la rigidez y la resistencia de la pala de turbina eólica se mejora durante el funcionamiento de la turbina eólica.

Dado que el segundo extremo de la esterilla de fibra de carbono limita con la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal o con el material compuesto a base de fibra de carbono, respectivamente, una transferencia de cargas entre la parte eléctricamente conductora del cuerpo principal o el material compuesto a base de fibra de carbono, respectivamente, y la esterilla de fibra de carbono y el conductor metálico está habilitada. Al conectar el conductor metálico a un sistema de protección contra rayos de una turbina eólica y/o una pala de turbina eólica, se habilita una equalización potencial de la porción eléctricamente conductora.

Además, puede estar previsto que el material compuesto a base de fibra de carbono comprenda varias capas de fibra de carbono unidireccionales y una o más capas de un material de fibra de carbono biaxial, en el que las capas de fibra de carbono unidireccional y la capa de fibra de carbono biaxial o las capas de fibra de carbono biaxial se apilan de forma alternativa. El apilamiento alternativo de las capas de fibra unidireccionales y las capas de fibra de carbono biaxiales aumenta la integridad mecánica y la resistencia a lo largo de múltiples ejes de la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal y, por lo tanto, de la tapa de larguero completa o de la pala de turbina eólica, respectivamente. Mediante el uso de fibras de carbono para las capas de fibra unidireccionales, así como para las capas de fibra biaxiales, también se mantiene la conductividad eléctrica de la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal.

En un modo de realización preferente de la invención, puede estar previsto que el cuerpo principal comprenda al menos una cuña de núcleo, en particular una cuña de núcleo que consiste en madera de balsa y/o madera contrachapada y/o un material polimérico espumado, con una sección transversal rectangular o una sección transversal trapezoidal o una sección transversal poligonal que limita con la porción conductora de la tapa de larguero. La forma de la sección transversal de la cuña de núcleo puede adaptarse a la forma y/o al grosor de un panel, que limita con la tapa de larguero durante y después de la fabricación de la pala de turbina eólica. Preferentemente, el cuerpo principal de la tapa de larguero comprende dos cuñas de núcleo unidas o dispuestas a los lados de la porción eléctricamente conductora en forma de banda del cuerpo principal. Las cuñas de núcleo pueden unirse a la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal, por ejemplo, mediante encolado.

En particular, es posible que una unión de las cuñas de núcleo a la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal se produzca de forma alternativa o adicionalmente por el uso de la esterilla de cubierta o de las esterillas de cubierta, que cubren todo el lado superior y/o todo el lado superior y el lado inferior del cuerpo principal, de modo que las cuñas de núcleo están unidas a la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal de la tapa de larguero por la esterilla de cubierta. El uso de material como madera de balsa, madera contrachapada y/o polímero espumado para las cuñas de núcleo permite absorber tolerancias de posicionamiento más grandes durante el montaje de la pala de turbina eólica. Esto facilita la integración de una tapa de larguero profundida en el proceso de fabricación de toda la pala de turbina eólica.

Una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención comprende al menos una tapa de larguero de acuerdo con la invención. En particular, es posible que la pala de turbina eólica comprenda dos tapas de larguero o dos disposiciones de tapas de larguero alineadas de extremo a extremo entre sí.

Adicionalmente, puede estar previsto que la pala de turbina eólica comprenda al menos un conductor descendente, que está conectado a la porción terminal de cada uno de los uno o más conductores metálicos de la al menos una tapa de larguero por al menos un elemento de conexión, que está en particular orientado acordemente y/u orientado perpendicular a la porción terminal y/o en forma de U. El elemento de conexión puede consistir en un

metal como aluminio, cobre, acero y/o titanio. Al usar un elemento de conexión en forma de U, es posible que un lado del elemento de conexión en forma de U esté unido a la porción terminal de un primer conductor metálico, donde los otros dos lados de los elementos de conexión en forma de U están unidos a la porción terminal de un segundo conductor metálico y al conductor de bajada, respectivamente. El elemento de conexión puede orientarse en el sentido de la cuerda en la pala de turbina eólica y/o perpendicular a la porción terminal del conductor metálico, lo que facilita la integración de la tapa de larguero o de las tapas de larguero al permitir tolerancias relativamente grandes en la orientación y/o en el posicionamiento de las tapas de larguero y del conductor descendente. El elemento de conexión puede fijarse, por ejemplo, a la porción terminal o a las porciones terminales y/o al conductor descendente mediante soldadura o mediante el uso de pernos y/o abrazaderas.

Los modos de realización de la invención pueden proporcionar que el conductor descendente esté dispuesto sobre una estructura de red de la pala de turbina eólica, en la que la estructura de red está dispuesta en una cavidad interna de la pala de turbina eólica, en la que las porciones terminales de uno o más conductores metálicos de la al menos una tapa de larguero se extiende hacia la cavidad interna. Es posible que la pala de turbina eólica no sea sólida y, por lo tanto, tenga una cavidad interna, en la cual se dispone una estructura de red para mantener la estabilidad mecánica y la integridad de la pala de turbina eólica. El conductor descendente puede estar dispuesto en esta estructura de red, preferentemente en el medio de la estructura de red, de modo que se facilita una conexión del conductor descendente a las porciones terminales de los conductores metálicos de una o más tapas de larguero, que están dispuestas perpendiculares a la estructura de red. La estructura de red puede ser, por ejemplo, una estria o un puntal, que se extiende sustancialmente a través de toda la cavidad interna de la pala de turbina eólica.

Además, puede estar previsto que una carcasa interna de la pala de turbina eólica esté dispuesta entre al menos una tapa de larguero y la estructura de red, en la que la carcasa interna comprende una o más aberturas, a través de las cuales cada porción terminal del uno o más conductores metálicos se extiende hacia la cavidad interna. Se puede usar una carcasa interna, por ejemplo, cuando la pala de turbina eólica se produce en una pieza como una pala integral. Como la carcasa interna está dispuesta entre al menos una tapa de larguero y la estructura de red, las aberturas en la carcasa interna permiten que las porciones terminales de los conductores metálicos puedan extenderse dentro de la cavidad interna y, por lo tanto, puede establecerse una conexión entre las porciones terminales y el conductor descendente, que está dispuesto en la estructura de red y, por lo tanto, también en la cavidad interna. La forma de las aberturas puede adaptarse a la forma y/o a la sección transversal de los conductores metálicos. Por ejemplo, es posible que se usen aberturas circulares o aberturas en forma de ranura.

Un procedimiento de fabricación de una tapa de larguero para una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención comprende los siguientes pasos:

- proporcionar una porción eléctricamente conductora de un cuerpo principal de la tapa de larguero hecha de una o más capas a base de fibra de carbono, al menos una cuña de núcleo del cuerpo principal de la tapa de larguero que comprende una sección transversal rectangular o una sección transversal trapezoidal o una sección transversal poligonal, y al menos un conductor metálico,
- disponer la al menos una cuña de núcleo, de modo que limite con la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal que forma el cuerpo principal de la tapa de larguero,
- envolver un primer extremo de una esterilla de fibra de carbono eléctricamente conductora y en forma de banda alrededor de una porción de conexión del conductor metálico,
- disponer el conductor metálico y la esterilla de fibra de carbono, de modo que un segundo extremo de la esterilla de fibra de carbono limite al menos parcialmente con la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal.

Los materiales basados en fibra pueden colarse en una tapa de larguero sólido, por ejemplo mediante el uso de moldeo por inyección de resina de las capas de fibra. Es posible que toda la disposición esté fundida en un único paso de encolado por inyección de resina o que la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal se funda en uno o más pasos de moldeo por inyección de resina por separado antes de la fusión de toda la tapa de larguero.

En un modo de realización preferente de la invención, puede estar previsto que se use un conductor metálico, que es en particular un cable trenzado o una banda metálica, y que comprende una sección transversal rectangular o sustancialmente rectangular, en la que la sección transversal completa de la porción de conexión está envuelta al menos por una capa de la esterilla de fibra de carbono. El conductor metálico puede consistir, por ejemplo, en aluminio, cobre, acero y/o titanio. En particular, es posible que la esterilla de fibra de carbono se enrolle más de una vez alrededor de la sección transversal del conductor metálico para mejorar el contacto eléctrico entre el conductor metálico y la esterilla de fibra de carbono. También es posible que más de un conductor metálico esté conectado a la porción eléctricamente conductora usando una o más esterillas de fibra de carbono en forma de banda. Una fijación de la esterilla de carbono a la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal, así como una fijación del conductor metálico a la tapa de larguero pueden establecerse, por ejemplo, mediante el moldeo

por inyección de resina asistida por vacío, que solidifica la estructura de fibra de la esterilla de fibra carbono y la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal. Para solidificar las estructuras basadas en fibra, también el conductor metálico está unido a la tapa de larguero. El moldeo por inyección de resina se puede realizar de tal manera que la porción terminal del conductor metálico no esté cubierta por la resina para facilitar la conexión eléctrica cuando se integre la tapa de larguero en la pala de turbina eólica.

Los modos de realización del procedimiento de fabricación de una tapa de larguero de acuerdo con la invención pueden prever que una o más esterillas de cubierta que consisten en un material a base de fibra de vidrio o en un material a base de fibra de carbono o en un material a base de aramida se usen para cubrir un lado superior del cuerpo principal de la tapa de larguero o el lado superior y el lado inferior del cuerpo principal de la tapa de larguero, en el que el segundo extremo de la esterilla a base de fibra de carbono se intercala entre la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal y la al menos una esterilla de cubierta. Es posible que las esterillas de cubierta también se usen para unir al menos una cuña de núcleo a la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal. También se puede lograr la fijación del segundo extremo de la esterilla de fibra de carbono a la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal usando las esterillas de cubierta, ya que el segundo extremo de la esterilla de fibra de carbono se intercala entre la esterilla de cubierta y la porción eléctricamente conductora del cuerpo principal. Puede producirse una solidificación de las esterillas de cubierta, por ejemplo, mediante moldeo por inyección de resina.

Preferentemente, se usa una porción eléctricamente conductora del cuerpo principal, que consiste en un material compuesto a base de fibra de carbono que comprende al menos una capa de fibra de carbono unidireccional, en la que las fibras de carbono de la capa de fibra de carbono unidireccional están orientadas a lo largo de un eje longitudinal de la tapa de larguero. El uso de fibras unidireccionales orientadas a lo largo del eje longitudinal de la tapa de larguero da lugar a una mayor estabilidad mecánica, rigidez y/o resistencia especialmente por las grandes tapas de larguero proporcionadas para un uso en la fabricación de grandes palas de turbinas eólicas.

Un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención comprende los siguientes pasos:

- proporcionar al menos una tapa de larguero de acuerdo con la invención o una tapa de larguero fabricada por un procedimiento de acuerdo con la invención,
- disponer uno o más paneles de la pala de turbina eólica, de modo que el panel o los paneles limiten con cada al menos una tapa de larguero,
- disponer una estructura de red, que soporta un conductor descendente de la pala de turbina eólica, y/o una carcasa interna de la pala de turbina eólica y/o una carcasa externa de la pala de turbina eólica,
- conectar una porción terminal de cada uno de los uno o más conductores metálicos al conductor descendente por al menos un elemento de conexión, que está orientado en particular en el sentido de la cuerda y/u orientado perpendicular a la porción terminal y/o en forma de U.

La fabricación de una pala de turbina eólica usando una tapa de larguero profundida de acuerdo con la invención o usando una tapa de larguero fabricada por un procedimiento de fabricación de una tapa de larguero de acuerdo con la invención facilita significativamente la fabricación de grandes palas de turbina eólica, desde una prueba de las propiedades de la tapa de larguero profundida es posible antes de su integración en una pala de turbina eólica. Además, esto mejora el moldeo por inyección de resina de grandes palas de turbinas eólicas compuestas al limitar la cantidad de errores de fundición como áreas secas o arrugas y facilita también el montaje para la disposición de los componentes profundidos en el molde de la pala de turbina eólica. El uso de los conductores metálicos que presentan las porciones terminales de acuerdo con la invención permite errores de fabricación y de posicionamiento mayores de la tapa de larguero profundida ya que se facilita la integración de la tapa de larguero en toda la pala de turbina eólica, especialmente con respecto a la conexión eléctrica entre las porciones terminales y un conductor descendente de la pala de turbina eólica.

De manera ventajosa, el procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención permite una fabricación rentable de palas grandes de turbina eólica que comprenden materiales compuestos basados en carbono. El uso de tapas de larguero profundidas para la fabricación de palas de turbinas eólicas aumenta también la flexibilidad en la cadena de suministro y reduce el tiempo de fabricación de las palas de turbinas eólicas. La posibilidad de realizar una prueba previa de los componentes profundidos de su integración en la pala de turbina eólica reduce considerablemente los riesgos de errores de fabricación en las conexiones eléctricas. Si se descubre un error en la tapa de larguero durante la prueba, la tapa de larguero se puede reparar antes de su integración en toda la pala de turbina eólica.

El uno o más paneles de la pala de turbina eólica pueden estar dispuestos preferentemente de tal manera que el panel o los paneles limiten cada uno al menos con una cuña de núcleo de la al menos una tapa de larguero. La geometría de la sección transversal de las cuñas de núcleo puede adaptarse a la forma y/o al grosor de los paneles

para facilitar la disposición y la fusión de la pala de turbina eólica.

Una carcasa interna dispuesta entre la estructura de red y la tapa de larguero puede comprender varias aberturas, a cada una de las cuales puede disponerse una porción terminal de un conductor metálico de una tapa de larguero, de modo que son posibles las conexiones eléctricas de la porción terminal a un conductor descendente en la estructura de red por los elementos de conexión. Los elementos de conexión pueden tener, por ejemplo, forma de U. Pueden disponerse en particular para orientarse perpendicularmente a la porción terminal y/o en el sentido de la cuerda con respecto a la pala de turbina eólica. Los elementos de conexión y/o el conductor descendente pueden consistir, por ejemplo, en aluminio, cobre, acero y/o titanio. Los elementos de conexión pueden unirse a las porciones terminales y/o al conductor descendente, por ejemplo, mediante el uso de abrazaderas y/o tornillos o mediante soldadura.

La disposición de los componentes de la pala de turbina eólica puede hacerse, por ejemplo, en un molde para la pala antes de un moldeo por inyección de resina para solidificar la pala entera. Es posible que la pala de turbina eólica comprenda varias tapas de larguero, que están dispuestas de extremo a extremo entre sí y/o que están dispuestas a ambos lados de la estructura de red.

Las ventajas y rasgos característicos adicionales de la invención se hacen evidentes a partir de los modos de realización analizados a continuación, así como a partir de las figuras. Las figuras muestran:

La Fig. 1 una vista esquemática de una turbina eólica,

la Fig. 2 una sección transversal de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,

la Fig. 3 una vista en despiece de una tapa de larguero de acuerdo con la invención,

la Fig. 4 una vista detallada de un conductor metálico de una tapa de larguero de acuerdo con la invención,

la Fig. 5 una vista en sección transversal de un cuerpo principal de una tapa de larguero de acuerdo con la invención,

la Fig. 6 una vista lateral esquemática de una etapa intermedia de un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,

la Fig. 7 una vista esquemática de una etapa intermedia de un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención, y

la Fig. 8 una vista en despiece de un segundo modo de realización de la tapa de larguero de acuerdo con la invención.

En la Fig. 1, se muestra una vista esquemática de una turbina eólica 1. La turbina eólica 1 comprende un buje 2 con un rotor que comprende una pluralidad de palas de turbina eólica 3 unidas al buje 2. Cada pala de turbina eólica 3 comprende al menos una tapa de larguero 4, en la que la posición de la tapa de larguero 4 en o en la pala de rotor de turbina eólica 3 se muestra mediante las líneas discontinuas. Las tapas de larguero 4 se usan para aumentar la estabilidad mecánica de las palas de turbina eólica 3 durante el funcionamiento de la turbina eólica 1, en particular a lo largo del eje longitudinal de la tapa de larguero 4 o del eje longitudinal de las palas 3 de la turbina eólica, respectivamente.

En la Fig. 2, se muestra una sección transversal a través de una pala de turbina eólica 3. La pala de turbina eólica 3 comprende dos tapas de larguero 4, que están dispuestas sustancialmente perpendiculares a una estructura de red 5 dispuesta en una cavidad interna 6 de la pala de turbina eólica 3. La pala de turbina eólica 3 comprende también un panel 7, que forma un borde delantero de la pala de turbina eólica 3, así como dos paneles 8, que están dispuestos entre una de las tapas de larguero 4 y un borde trasero 9 de la pala de turbina eólica 3. Las tapas de larguero 4 se adaptan para transferir las principales cargas de flexión aerodinámicas en el sentido de las aletas principales desde las palas de turbina eólica 3 al buje de turbina 2 y, finalmente, a una base de la turbina eólica 1.

La Fig. 3 muestra una vista en despiece de una tapa de larguero 4 de acuerdo con la invención. La tapa de larguero 4 comprende un cuerpo principal 10 que consiste en una porción eléctricamente conductora 11 y dos cuñas de núcleo 12. Adicionalmente, la tapa de larguero 4 comprende varios conductores metálicos 13, que comprenden cada uno una porción de conexión 14 y una porción terminal 15. Una esterilla de fibra de carbono eléctricamente conductora y en forma de banda 16 está envuelta con un extremo 17 alrededor de la porción de conexión 14 del conductor metálico 13. Un segundo extremo 18 de cada esterilla de fibra de carbono 16 limita con la porción eléctricamente conductora 11 del cuerpo principal de tapa de larguero 10.

La tapa de larguero 4 comprende adicionalmente varias capas de esterillas de cubierta 19 que están dispuestas tanto en un lado superior como en un lado inferior del cuerpo principal de tapa de larguero 10. Para facilitar la vista

de los componentes de la tapa de larguero 4, las esterillas de cubierta 19 se muestran en una vista en despiece. Las esterillas de cubierta 19, que están dispuestas en contacto directo con la porción eléctricamente conductora 11 y las cuñas de núcleo 12 del cuerpo principal 10 de la tapa de larguero 4, pueden usarse para unir estos componentes y garantizar la estabilidad de la tapa de larguero 4. Durante la fabricación de la tapa de larguero 4, así como en la tapa de larguero 4 fundida, los segundos extremos 18 de las esterillas de fibra de carbono 16 se intercalan entre el cuerpo principal 10 de la tapa de larguero 4 y las esterillas de cubierta 19.

La esterilla de fibra de carbono eléctricamente conductora y en forma de banda 16 crea una conexión eléctricamente conductora entre la porción eléctricamente conductora 11 del cuerpo principal 10 y los conductores metálicos 13. Al enrollar las esterillas de fibra de carbono 16 alrededor de las porciones de conexión 14 de los conductores metálicos 13, la resistencia de contacto entre el conductor metálico 13 respectivo y la esterilla de fibra de carbono 16 se reduce, de modo que solo una pequeña resistencia y, por lo tanto, una buena conductividad eléctrica se logra entre la porción eléctricamente conductora 11 y el conductor metálico 13.

En un procedimiento de fabricación de una tapa de larguero para una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención, la porción eléctricamente conductora 11 del cuerpo principal 10 de la tapa de larguero 4 hecha de una o más capas basadas en fibra de carbono puede estar dispuesta con las cuñas de núcleo 12 del cuerpo principal 10 de la tapa de larguero 4, de modo que las cuñas de núcleo 12 limiten con la porción eléctricamente conductora 11. Un primer extremo 17 de la esterilla de fibra de carbono eléctricamente conductora y en forma de banda 16 puede enrollarse alrededor de la porción de conexión 14 del conductor metálico 13, en el que el conductor metálico 13 y la esterilla de fibra de carbono 16 están dispuestos de manera que el segundo extremo 18 de la esterilla de fibra de carbono 16 limita al menos parcialmente con la porción eléctricamente conductora 11. Por supuesto, se pueden proporcionar y disponer más de un conductor metálico 13 y esterillas de fibra de carbono 16 de esta manera. Posteriormente, tanto el cuerpo principal 10 como el segundo extremo 18 de la esterilla de fibra de carbono 16 pueden cubrirse usando una o más capas de esterillas de cubierta 18 que consisten en un material a base de fibra de vidrio o un material a base de fibra de carbono o un material a base de aramida. Las esterillas de cubierta 16 pueden estar dispuestas en particular tanto en un lado superior como en un lado inferior de la tapa de larguero 4. Puede producirse una solidificación de la tapa de larguero 4 en los pasos de moldeo por inyección de resina posteriormente a la disposición de los componentes de la tapa de larguero 4.

La Fig. 4 muestra una vista detallada de un conductor metálico 13 envuelto por el primer extremo 17 de una esterilla de fibra de carbono 16. El conductor metálico 13 puede comprender una sección transversal rectangular u ovalada o una sección transversal sustancialmente rectangular u sustancialmente ovalada, por ejemplo, una sección transversal rectangular con esquinas redondeadas. El conductor metálico puede ser un cable trenzado o un conductor de bandas de aluminio, cobre, acero, titanio u otro metal eléctricamente conductor. Debido a la envoltura por el primer extremo 17 de la esterilla de fibra de carbono 16 alrededor de la sección transversal de la porción de conexión 14 del conductor metálico 13, se puede disminuir la resistencia de contacto entre la esterilla de fibra de carbono 16 y el conductor metálico 13. En particular, es posible que el primer extremo 17 de la esterilla de fibra de carbono 16 envuelva la sección transversal de la porción de conexión 14 del conductor metálico 13 con más de una capa. La porción terminal 15 y la porción de conexión 14 del conductor metálico 13 pueden tener la misma forma de secciones transversales de secciones transversales de forma diferente.

En la Fig. 5, se muestra una sección transversal del cuerpo principal 10 de una tapa de larguero 4 de acuerdo con la invención. El cuerpo principal 10 comprende dos cuñas de núcleo 12, así como una porción eléctricamente conductora 11. Tanto las cuñas de núcleo 12 como la porción eléctricamente conductora 11 están cubiertas tanto en el lado superior como en el lado inferior del cuerpo principal 10 por una esterilla de cubierta 19. Es posible usar más de una capa de esterillas de cubierta 19 para cubrir tanto el lado superior como el lado inferior del cuerpo principal 10.

Las cuñas de núcleo 12 representadas tienen una sección transversal triangular y consisten en material relativamente blando como madera de balsa, madera contrachapada y/o un material polimérico espumado. También es posible que las cuñas de núcleo 12 tengan una sección transversal trapezoidal o poligonal. La forma de la sección transversal de las cuñas de núcleo 12 puede adaptarse al tamaño y/o al diámetro de los paneles, que están dispuestos limitando con las cuñas de núcleo, o a las esterillas de carbono que cubren las cuñas de núcleo, respectivamente. Las esterillas de cubierta 19 pueden consistir en un material a base de fibra de vidrio o en un material a base de fibra de carbono o en un material a base de aramida. Al aplicar las esterillas de cubierta 19 al cuerpo principal 10, las cuñas de núcleo 12 pueden unirse a la porción eléctricamente conductora 11.

La porción eléctricamente conductora 11 consiste en este modo de realización de cuatro pilas de fibras de carbono unidireccionales 20 y/o tabloncillos pultruidos con forma rectangular de fibras de carbono unidireccionales 20 y tres capas de fibras de carbono biaxiales 21, que se apilan en un orden alternativo. El apilamiento alternativo de material a base de fibra de carbono biaxial que comprende hebras o mechas de fibras dispuestas en más de un ángulo, así como material a base de fibra de carbono unidireccional, aumenta la estabilidad mecánica tanto del cuerpo principal 10 como de toda la tapa de larguero 4. El cuerpo principal 10 también puede presentar una curvatura o un lado superior o inferior convexo o cóncavo, respectivamente.

En la Fig. 6, se muestra la disposición del panel 7 y del panel 8 para la tapa de larguero 4. Los paneles 7 y 8 están dispuestos en la tapa de larguero, de modo que el panel 8 limita con la cuña de núcleo 12, que presenta una sección transversal triangular, y el panel 7 limita con la cuña de núcleo 29, que presenta una sección transversal poligonal. La forma de la sección transversal de las cuñas de núcleo 12, 29 está adaptada tanto a la curvatura de la tapa de larguero 4 como al grosor y a la forma de los paneles 7, 8, respectivamente.

La Fig. 7 representa una vista en despiece de una pala de turbina eólica 3 de acuerdo con la invención en una vista detallada. La pala de turbina eólica comprende una tapa de larguero 4, en la que la tapa de larguero 4 comprende una porción eléctricamente conductora 11 así como dos cuñas de núcleo 12. Además, la pala de turbina eólica comprende una carcasa interna 22 y una carcasa externa 23. La carcasa interna 22 está dispuesta entre la estructura de red 5 y la tapa de larguero 4. En el medio de la estructura de red 5, se dispone un conductor descendente 24. El conductor descendente 24 puede ser, por ejemplo, un conductor metálico que consiste en aluminio, cobre, acero, titanio u otro metal eléctricamente conductor.

La carcasa interna 22 comprende una abertura 25 o una pluralidad de aberturas 25, en la que, a través de cada abertura 25, está dispuesta una porción terminal 15 de un conductor metálico 13, de modo que se extiende en la cavidad interna 6 de la pala de turbina eólica 3. La porción de conexión 14 del conductor metálico 13 está conectada a la porción eléctricamente conductora 11 de la tapa de larguero 4 por la esterilla de fibra de carbono 16. Como se mostró anteriormente en la Fig. 2, una segunda tapa de larguero puede alinearse en la parte superior de la estructura de red 5 o en la porción superior de la carcasa interna 22, que puede estar dispuesta también entre la parte superior de la estructura de red 5 y la tapa de larguero adicional. Una porción terminal 26 de la tapa de larguero adicional se muestra esquemáticamente como parte de la tapa de larguero adicional.

Una conexión de una o más porciones terminales 15, 26 de uno o más conductores metálicos 13 al conductor descendente 24 se logra mediante el uso del elemento de conexión 27, que está dispuesto perpendicular a las porciones terminales 15, 26 y presenta una forma de U. El elemento de conexión 27 también está alineado en el sentido de la cuerda dentro de la cavidad interna 6 de la pala de turbina eólica 3. El elemento de conexión 27 puede consistir, por ejemplo, en aluminio, cobre, acero, titanio u otro metal eléctricamente conductor. El elemento de conexión 27 puede unirse al conductor descendente 24, así como a las porciones terminales 15, 26 mediante soldadura o mediante el uso de pernos, tornillos o abrazaderas. Debido a la longitud de las porciones terminales 15, 26, así como a la forma del elemento de conexión 27, son posibles tolerancias relativamente grandes en la disposición de los componentes de la pala de turbina eólica 3. Debe entenderse que cada tapa de larguero 4 puede tener más de un conductor metálico 13 con más de una porción terminal, en el que cada porción terminal está conectada al conductor descendente 24 por al menos un elemento de conexión 27 a lo largo de toda la longitud de la pala 3. Mediante la conexión de las porciones terminales 15 de los elementos metálicos 13 de la tapa de larguero 4, se logra una equalización potencial del potencial eléctrico entre la porción eléctricamente conductora 11 de la tapa de larguero 4, así como el conductor descendente 24. El conductor descendente 24 puede ser, por ejemplo, parte de un sistema de protección contra rayos de la pala de turbina eólica 3 o de la turbina eólica 1, respectivamente.

En un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica 3, se puede proporcionar al menos una tapa de larguero prefundida 4 y disponerse junto con uno o más paneles 7, 8 de la pala de turbina eólica dentro de un molde de pala, de modo que los paneles 7, 8 limitan con cada al menos una cuña de núcleo 12 de la al menos una tapa de larguero 4. También la estructura de red 5, que soporta el conductor descendente 24 de la pala de turbina eólica 3, así como la carcasa interna 22 de la pala de turbina eólica 3 y la carcasa externa 23 de la pala de turbina eólica 3 pueden estar dispuestas en el molde de pala. Antes o después de una solidificación, por ejemplo mediante moldeo por inyección de resina, de los componentes de la pala de turbina eólica 3, las porciones terminales 15, 26 que se extienden a través de las aberturas 25 de la carcasa interna 22 hacia el conductor descendente 24 de todos los conductores metálicos 13 pueden estar conectadas al conductor descendente 24 por al menos un elemento de conexión 27. Los elementos de conexión 27 pueden estar orientados en particular en el sentido de la cuerda y/u orientados perpendicularmente a la porción terminal. Además, los elementos de conexión 27 pueden tener forma de U.

En la Fig. 8, se muestra un segundo modo de realización de una tapa de larguero de acuerdo con la invención. Los componentes correspondientes a los componentes del modo de realización mostrado anteriormente en la Fig. 3 están etiquetados con los mismos números de referencia. La tapa de larguero 4 mostrada en la Fig. 8 comprende dos conductores metálicos 28, que presentan cada una de las dos porciones de conexión 14. Además, ambas porciones de conexión 14 de cada conector de metal 28 están envueltas por el primer extremo 17 de una esterilla de fibra de carbono 16. De esta manera, se crean conexiones eléctricas redundantes entre el conductor metálico 28 y la esterilla de fibra de carbono 16, así como la porción eléctricamente conductora 11 para aumentar la robustez de la conexión. También es posible que cada porción de conexión 14 esté conectada por una esterilla de fibra de carbono separada 16 a la porción eléctricamente conductora 11. En particular, cada porción terminal 15 del conductor metálico 28 puede conectarse a un conductor descendente 24 de la pala de turbina eólica usando uno o más elementos de conexión 27.

Aunque la presente invención se ha descrito en detalle con referencia al modo de realización preferente, la presente

invención no está limitada por los ejemplos divulgados de los cuales el experto en la técnica puede deducir otras variaciones sin apartarse del alcance de la invención.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Tapa de larguero para una pala de turbina eólica (3), que comprende un cuerpo principal (10), que comprende una porción eléctricamente conductora (11), y al menos un conductor metálico (13, 28), en el que el conductor metálico (13) comprende un porción terminal (15, 26) y al menos una porción de conexión (14), **caracterizada por que** la porción de conexión (14) del conductor metálico (13) está envuelta por un primer extremo (17) de un conductor eléctrico y una esterilla de fibra de carbono en forma de banda (16), que limita con un segundo extremo (18) al menos parcialmente en la porción eléctricamente conductora (11) del cuerpo principal (10).
- 10 2. Tapa de larguero de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizada por que** el conductor metálico (13), que es en particular un cable trenzado o una banda metálica, comprende una sección transversal rectangular u ovalada o sustancialmente rectangular u sustancialmente ovalada, en la que toda la sección transversal de la porción de conexión (14) está envuelta al menos por una capa de la esterilla de fibra de carbono (16).
- 15 3. Tapa de larguero de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, **caracterizada por que** el cuerpo principal (10) comprende un lado superior y un lado inferior, en el que al menos el lado superior está cubierto parcial o totalmente por al menos una esterilla de cubierta (16), en particular una esterilla de cubierta (16) que consiste en un material a base de fibra de vidrio o en un material a base de fibra de carbono o en un material a base de aramida, en el que el segundo extremo (18) de la esterilla de fibra de carbono (16) está intercalado entre la porción eléctricamente conductora (11) del cuerpo principal (10) y la esterilla de cubierta (16).
- 20 4. Tapa de larguero de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** la porción eléctricamente conductora (11) del cuerpo principal (10) consiste en un material compuesto a base de fibra de carbono que comprende al menos una capa de fibra de carbono unidireccional, en la que las fibras de carbono de la capa unidireccional de fibra de carbono están orientadas a lo largo de un eje longitudinal de la tapa de larguero (4).
- 25 5. Tapa de larguero de acuerdo con la reivindicación 4, **caracterizada por que** el material compuesto a base de fibra de carbono comprende varias capas de fibra de carbono unidireccionales y una o más capas de un material de fibra de carbono biaxial, en el que las capas o pilas de capas de fibra de carbono unidireccional y la capa de fibra de carbono biaxial o las capas biaxiales de fibra de carbono se apilan de forma alternativa.
- 30 6. Tapa de larguero de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizada por que** el cuerpo principal (10) comprende al menos una cuña de núcleo (12), en particular una cuña de núcleo (12) que consiste en madera de balsa y/o madera contrachapada y/o un material polimérico espumado, con una sección transversal rectangular o una sección transversal trapezoidal o una sección transversal poligonal que limita con la porción conductora (11) de la tapa de larguero (4).
- 35 7. Pala de turbina eólica que comprende al menos una tapa de larguero (4) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes.
- 40 8. Pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 7, **caracterizada por que** la pala de turbina eólica (3) comprende al menos un conductor descendente (24), que está conectado a la porción terminal (15, 26) de al menos un conductor metálico (13) de la al menos una tapa de larguero (4) por al menos un elemento de conexión (27), que está en particular orientado en forma de cuerda y/u orientado perpendicular a la porción terminal y/o en forma de U.
- 45 9. Pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 8, **caracterizada por que** el conductor descendente (24) está dispuesto sobre una estructura de red (5) de la pala de turbina eólica (3), en la que la estructura de red (5) está dispuesta en una cavidad interna (6) de la pala de turbina eólica (3), en la que las porciones terminales (15) del uno o más conductores metálicos (13) de la al menos una tapa de larguero (4) se extienden dentro de la cavidad interna (6).
- 50 10. Pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 9, **caracterizada por que** una carcasa interna (22) de la pala de turbina eólica (3) está dispuesta entre al menos una tapa de larguero (4) y la estructura de red (5), en la que la carcasa interna (22) comprende una o más aberturas (25), a través de las cuales cada una de las porciones terminales (15, 26) del uno o más conductores metálicos (13, 28) se extienden dentro de la cavidad interna (6).
- 55 11. Procedimiento de fabricación de una tapa de larguero (4) para una pala de turbina eólica (3) que comprende los siguientes pasos:
  - 60 - proporcionar una porción eléctricamente conductora (11) de un cuerpo principal (10) de la tapa de larguero (4) hecha de una o más capas a base de fibra de carbono, al menos una cuña de núcleo (12) del cuerpo principal (10) de la tapa de larguero (4) que comprende una sección transversal rectangular o una sección transversal trapezoidal o una sección transversal poligonal, y al menos un conductor
  - 65

metálico (13, 28),

- disponer la al menos una cuña de núcleo (12), de modo que limita con la porción eléctricamente conductora (11) del cuerpo principal (10) que forma el cuerpo principal (10) de la tapa de larguero (4),

- envolver un primer extremo (17) de una esterilla de fibra de carbono eléctricamente conductora y en forma de banda (16) alrededor de una porción de conexión (14) del conductor metálico (13, 28),

- disponer el conductor metálico (13, 28) y la esterilla de fibra de carbono (16), de modo que un segundo extremo (18) de la esterilla de fibra de carbono (16) limita al menos parcialmente con el cuerpo principal (10) de la porción eléctricamente conductora (11).

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, **caracterizado por que** se usa un conductor metálico (13, 28), que es en particular un cable trenzado o una banda metálica, y que comprende una sección transversal rectangular o sustancialmente rectangular, en el que toda la sección transversal de la porción de conexión (14) está envuelta al menos por una capa de esterilla de fibra de carbono (16).

13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11 o 12, **caracterizado por que** una o más esterillas de cubierta (16) que consisten en un material a base de fibra de vidrio o en un material a base de fibra de carbono o en un material a base de aramida se usan para cubrir una porción superior del cuerpo principal (10) de la tapa de larguero (4) o el lado superior y un lado inferior del cuerpo principal (10) de la tapa de larguero (4), en el que el segundo extremo (18) de la esterilla a base de fibra de carbono (16) está intercalado entre la porción eléctricamente conductora (11) del cuerpo principal (10) y la al menos una esterilla de cubierta (16).

14. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, **caracterizado por que** se usa una porción eléctricamente conductora (11) del cuerpo principal (10), que consiste en un material compuesto a base de fibra de carbono que comprende al menos una capa de fibra de carbono unidireccional, en el que las fibras de carbono de la capa de fibra de carbono unidireccional están orientadas a lo largo de un eje longitudinal de la tapa de larguero (4).

15. Procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica (3), que comprende los siguientes pasos:

- proporcionar al menos una tapa de larguero (4) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6 o fabricada por un procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 11 a 14,

- disponer uno o más paneles (7, 8) de la pala de turbina eólica (3), de modo que el panel (7, 8) o los paneles (7, 8) limitan con cada uno de al menos una tapa de larguero (4),

- disponer una estructura de red (5), que soporta un conductor descendente (24) de la pala de turbina eólica (3), y/o una carcasa interna (22) de la pala de turbina eólica (3) y/o una carcasa externa (23) de la pala de turbina eólica (3),

- conectar una porción terminal (15) de cada uno de los uno o más conductores metálicos (13, 28) al conductor descendente (24) por al menos un elemento de conexión (27), que está orientado en particular en el sentido de la cuerda y/u orientado perpendicular a la porción terminal y/o en forma de U.

FIG 1

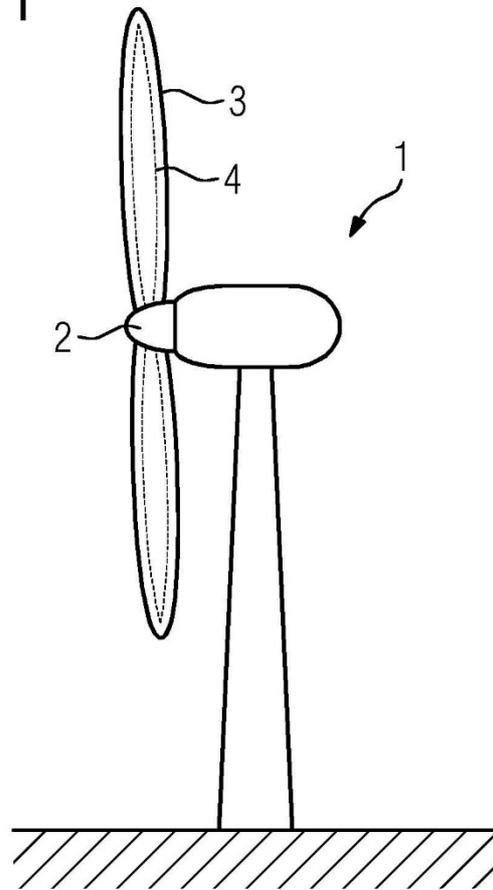


FIG 2

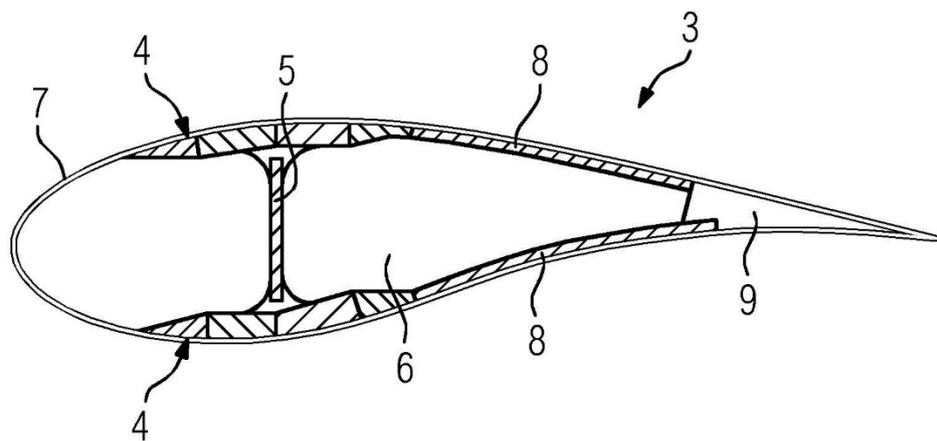


FIG 3

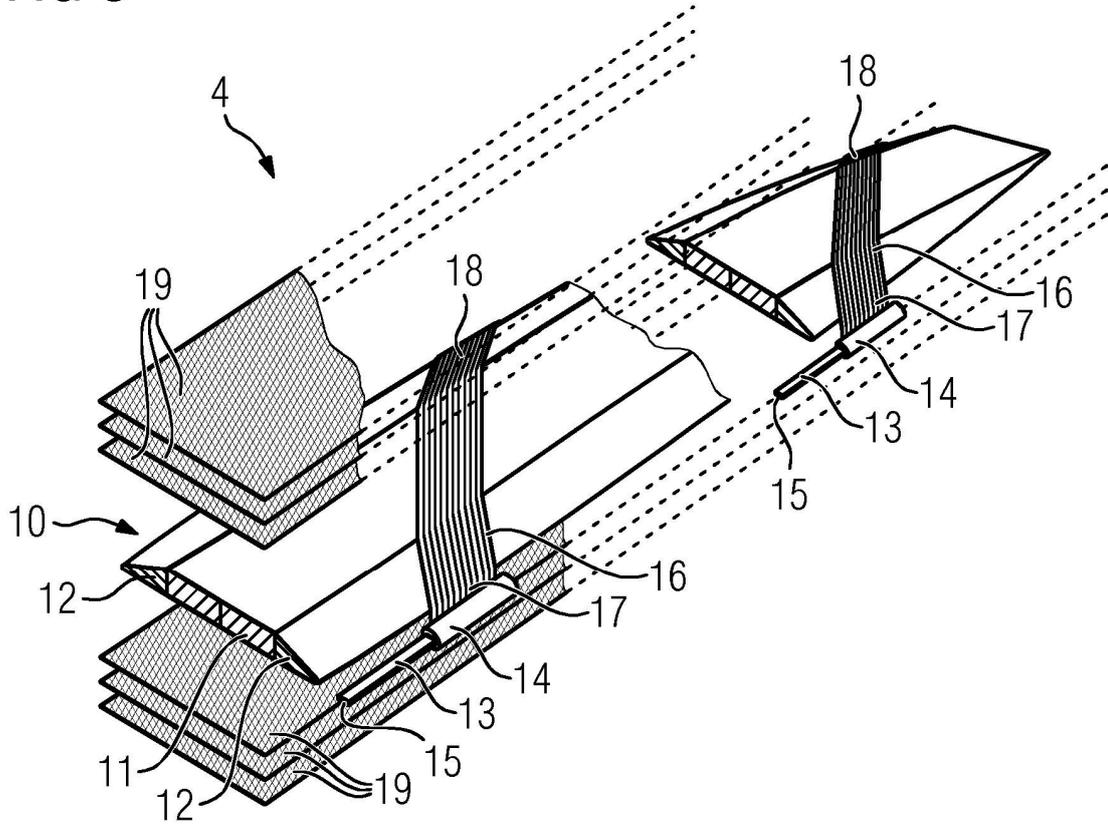


FIG 4

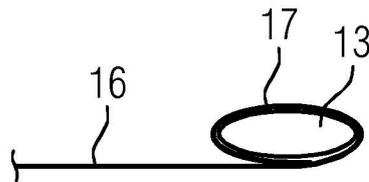


FIG 5

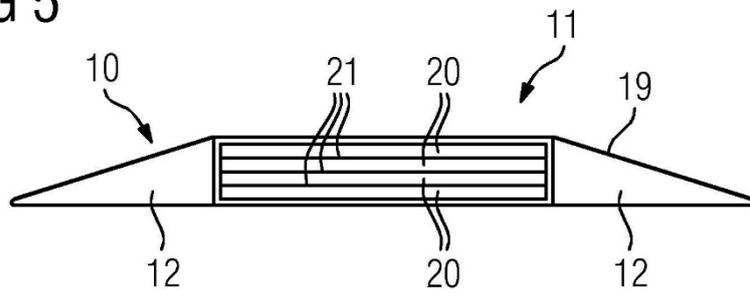


FIG 6

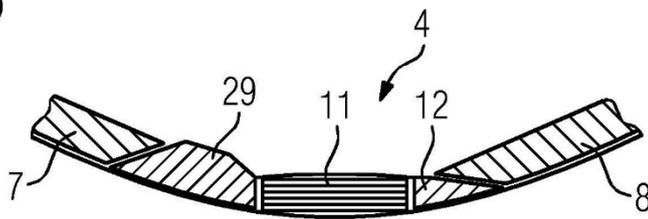


FIG 7

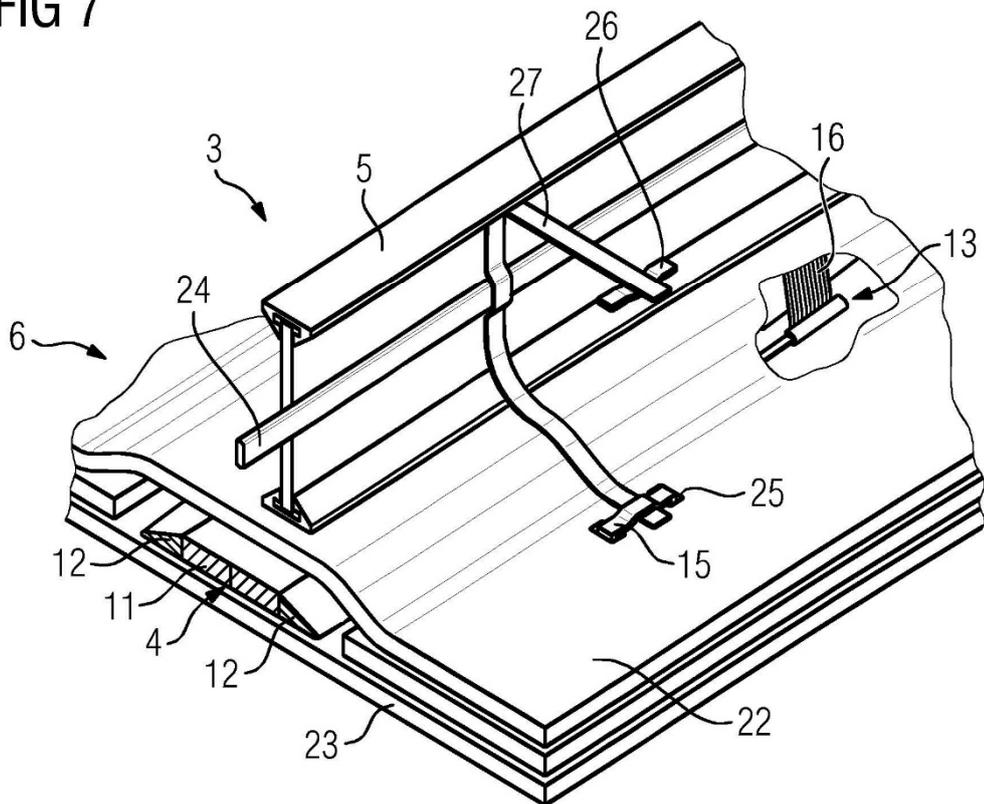


FIG 8

