(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 955 381**

(21) Número de solicitud: 202390004

(51) Int. CI.:

F03D 80/30 (2006.01)

(12) PATENTE DE INVENCIÓN CON EXAMEN B2

(22) Fecha de presentación:

27.07.2020

(43) Fecha de publicación de la solicitud:

30.11.2023

Fecha de concesión:

03.07.2024

(45) Fecha de publicación de la concesión:

10.07.2024

(73) Titular/es:

NABRAWIND TECHNOLOGIES, S.L. (100.0%)
AV. CARLOS III, 11 - 2 IZQ
31002 PAMPLONA (Navarra) ES

(72) Inventor/es:

SANZ PASCUAL, Eneko;
CALLEN ESCARTÍN, Javier;
MONREAL LESMES, Javier;
ESPARZA ZABALZA, Arantxa y
AROCENA DE LA RÚA, Ion

(74) Agente/Representante:

EZCURRA ZUFIA, Maria Antonia

(54) Título: **SISTEMA DE PROTECCIÓN DE RAYO PARA PALA MODULAR Y MÉTODO DE FORMACIÓN DE UN EMPILADO**

(57) Resumen:

Sistema de protección de rayo para la unión de una pala modular. La unión comprende unos elementos metálicos recubiertos por Xpacer {reg} (15) que se equipotencian con unos empilados (9) dispuestos en los laterales del cap superior (4) y del cap inferior (5) y con el cable bajante del rayo (17). Las preformas de la unión comprenden dos empilados (9) en el borde de ataque (7) y otros dos empilados (9) en el borde de salida (8). Los empilados (9) están formado por láminas de fibra de carbono (21) y láminas de fibra de vidrio (22) sustituidas por malla de cobre (24) a partir de línea de equipotenciación (23). Dicho empilado (9) incorpora en su lateral una banda metálica (12) que se une con la banda metálica (13) que une el cap de punta (2) y el cap de raíz (3) y que se recubre con una lámina fibra de vidrio. Unas bandas metálicas (14) se atornillan sobre todos los Xpacer (15), se unen a las citadas bandas metálicas (13) y a la correspondiente chapa que une la web (18).

El método de formación del empilado comprende los pasos de plegar las mallas de cobre (24), incluir una banda metálica (12), cubrir con fibra de vidrio (27, 28) e infusionar todo el conjunto.

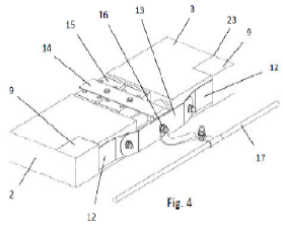

Fig. 4

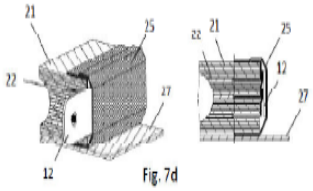

Fig. 7d

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el art. 41 LP 24/2015.
Dentro de los seis meses siguientes a la publicación de la concesión en el Boletín Oficial de la Propiedad Industrial cualquier persona podrá oponerse a la concesión. La oposición deberá dirigirse a la OEPM en escrito motivado y previo pago de la tasa correspondiente (art. 43 LP 24/2015).

ES 2 955 381 B2

DESCRIPCIÓN

SISTEMA DE PROTECCIÓN DE RAYO PARA PALA MODULAR Y MÉTODO DE FORMACIÓN DE UN EMPILADO

Campo de la invención

Sistema de protección de rayo para la unión de una pala compuesta por dos partes modulares unidas entre sí, la zona de raíz o inboard y la zona de punta u outboard y el método de formación del empilado que alberga los elementos metálicos de la unión de la pala.

Antecedentes

Para que el sistema de protección contra la caída de los rayos en una pala de aerogenerador sea efectivo, todos los elementos conductores que no transportan corriente deben estar en conexión equipotencial unidos eléctricamente al cable de transmisión del rayo. La fibra de carbono, como material conductor, deberá ser equipotencializada con el sistema pararrayos. El problema de dejar elementos conductores aislados es la diferencia de potencial tan elevada que se crea entre los mismos debido a los fenómenos de inducción originados por el rayo a su paso por el sistema pararrayos.

El empilado que alberga los elementos metálicos de la unión es de gran espesor. Como constructivamente es muy difícil infusionar espesores tan grandes se recurre a la incorporación de láminas o telas de fibra de vidrio intercaladas entre las láminas o telas de fibra de carbono. El laminado así formado distribuye la resina durante la infusión y permite el uso de grandes espesores. Lo que sucede es que, al añadir fibra de vidrio se produce un efecto aislante. Esta diferencia de potencial puede dar lugar a un salto del arco eléctrico que debe evitarse.

Para ello existen en el estado de la técnica diferentes soluciones que aplican tanto a palas enterizas como a palas modulares. En el primer grupo se incluyen las siguientes: La solicitud de patente EP1826402A1 utiliza una pletina integrada en la fibra de carbono como una derivación del cable de rayo principal. Dicha pletina se coloca durante el proceso de laminado y curado. También se describe un nanocomposite basado en una resina conductora, laminado en el proceso constructivo de la viga de la

pala.

La solicitud de patente EP1692752A1 conecta la fibra de carbono con el cable de rayo a través de un miembro de igualación de potencial que es un conductor eléctrico. Dicho conductor eléctrico es una cinta metálica flexible o una malla flexible que se añade sobre la fibra de carbono para mejorar su conductividad, (ya que en la dirección longitudinal de las fibras la conductividad no es muy buena).

La solicitud de patente EP1664528A1 presenta un método de protección con un laminado principal reforzado con fibras, conectado a un receptor y a un cable de rayo. Las fibras pueden ser fibra de carbono, fibras de acero, etc. En una realización se describe un empilado de fibra de vidrio y fibra de carbono (en una relación 7 a 1) que para compensar la falta conductora de la fibra de vidrio se añade un receptor pegado (con pegamento de plata que es conductor) a un laminado de fibras de acero que se añade para obtener la diferencia equipotencial del conjunto.

Respecto a las palas modulares, el rayo impacta en el receptor dispuesto en la punta de la pala y se traslada por el cable interno hasta la raíz de la pala, para finalmente, trasladarse hasta tierra. Cuando la pala tiene una discontinuidad en su estructura, todos los elementos que componen la discontinuidad deben equipotenciarse y unirse al cable que transfiere el impacto de rayo.

La solicitud de patente EP1561947A1 coloca una placa de metal entre las dos partes de la pala modular y un hilo de conducción eléctrica interno a la pala. Cuando cae el rayo, es posible guiar la corriente al exterior de la pala a través de la placa de metal y del hilo de conducción eléctrica. La unión se completa con una tuerca, un perno y su correspondiente placa.

La solicitud de patente EP1950414A1 presenta una pala modular formada por materiales plásticos reforzados con fibra (FRP). De esta forma, las partes no conductoras se unen mediante unos elementos de fijación compuestos por sujetadores dispuestos en la parte interior del álabe y a todo ello se le añade un cable conductor de descarga de rayos. Los elementos de fijación están dispuestos dentro de sus correspondientes agujeros y se tapan con una cubierta no conductora pero que está atravesada por algunos sujetadores que sobresalen. Una extensión del cable conductor de rayo se conecta a cada uno de los sujetadores.

La solicitud de patente EP2282057A1 presenta una malla para equipotenciar y reforzar palas de fibra, cuyos cables se agrupan en extremos cónicos para lograr un punto de conexión. Las diferentes reorganizaciones de los cables presentan diferentes realizaciones prácticas: En el caso de una pala modular, los cables transversales se

entrelazan formando el extremo cónico (que conecta sus extremos libres). Los cables longitudinales crean la unión, pero con múltiples extremos cónicos. En otra realización para pala modular se utiliza una tira de contacto en forma de L, que crea la conexión física.

La solicitud de patente WO2020094633A1 describe una viga interna de fibra de carbono al que se le añade un elemento conductor para equipotenciar el conjunto. Dicho elemento conductor se extiende a lo largo del exterior de la estructura del larguero o bien a lo largo de una esquina del exterior de la estructura del larguero. La viga puede estar formada por una doble viga o por una viga simple. También contempla la modularidad de la pala ensamblando las vigas mencionadas.

Estas soluciones analizadas constituyen el estado de la técnica, pero adoptan formas diferentes de integración entre los empilados de fibra y los elementos metálicos de la propuesta presentada. Las diferencias más importantes presentadas en esta invención son la equipotenciación sectorial de los laminados colindantes a los elementos de unión metálicos, junto con la unión de los propios elementos metálicos y del cable de rayo. Esta solución técnica, tal y como se presenta en la reivindicación principal, no se encuentra presente en ninguna patente anterior.

Descripción

La invención se centra en:

- equipotenciar los laminados de material compuesto, combinación de carbono con vidrio, que albergan los elementos metálicos de la unión, y
- equipotenciar los propios elementos metálicos de la unión de una pala modular.

Es un objeto de la invención que los laminados de fibra de carbono y de fibra de vidrio que forman parte de la zona de unión de la pala modular, así como los elementos metálicos que conforman la unión, queden equipotenciados al conectarse con el cable bajante y de esta forma el impacto de rayo no los dañe.

Es otro objeto de la invención que los laminados correspondientes a la fibra de vidrio y que no son conductores, se sustituyan con una malla de cobre o una malla de aluminio, siendo ambos materiales conductores. Los laminados de fibra de carbono que sí son conductores y están entremezclados con los de fibra de vidrio, a partir de un determinado punto se entremezclan únicamente con varias mallas de cobre, equipotenciando todo el conjunto.

El empilado de laminas de la invención comprende varios pliegues de fibra de carbono

intercalados con varias mallas de cobre y recubierto por una fibra de vidrio que cubre todo el conjunto. También comprende en su interior una banda metálica para:

- la conexión con los elementos de unión metálicos y
- la conexión con el cable bajante del rayo.

El sistema de protección de rayo se dispone en el cap o ala de la pala y abarca el mismo ancho que la preforma que constituye la unión. El empilado equipotenciado se infusiona al mismo tiempo que se constituye el cap. No es un apósito que se añade al lateral del cap posteriormente a su fabricación.

De lo descrito se desprenden las siguientes ventajas. El empilado formado tiene un espesor tal que favorece la manipulación de la malla de cobre durante su fabricación, doblándola e insertando en su interior la banda metálica de forma rápida y cómoda. Cubrir todo el exterior del empilado con fibra de vidrio, favorece el posterior proceso de infusión, proporcionando al conjunto la protección adecuada.

Breve descripción de los dibujos

A continuación, se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La figura 1 representa el contorno de una pala modular con las dos preformas de unión solapadas en su interior.

La figura 2a representa una parte del cap inferior de la preforma de la figura 1, con la disposición del empilado equipotenciado.

La figura 2b muestra una segunda realización donde la disposición del empilado está detrás de unos bloques utilizados por unos pines centradores.

La figura 3 muestra un detalle de la unión de una pala modular.

La figura 4 muestra un detalle de la figura 2b con todas las conexiones eléctricas del sistema de protección de rayo.

La figura 5a es una sección del perfil de la pala mostrando el cap superior y el inferior.

La figura 5b muestra por el borde de salida la conexión de la unión metálica con el web.

La figura 5c muestra por el borde de entrada la conexión de la unión metálica con el web.

La figura 6 muestra un detalle del cap con los taladros donde se insertan los

elementos de unión y los pines centradores.

Las figuras 7 a, b, c, d y e, muestra el método de como se equipotencia el empilado de material compuesto paso a paso.

Descripción detallada

La pala de un aerogenerador dispone de una punta y de una raíz. Si además la pala es modular, como la mostrada en la figura 1, a partir de la zona de unión (1) se configuran dos partes, la zona de punta (2) desde la unión hasta la punta y la zona de raíz (3) desde la unión hasta la raíz. La pala tiene una estructura interna formada por dos cap (alas) y dos web (almas) de material compuesto que configuran una viga interna sobre las que se disponen las conchas superior e inferior. Los elementos metálicos que conforman la unión de esta pala modular se disponen en el cap superior (4) y en el cap inferior (5). Dichos cap (4 y 5) y sus correspondientes web, junto con la zona de unión (1) constituyen dos preformas, una superior y una inferior, que se solapan sobre la estructura de viga original de la pala. De forma que, a medida que se alejan del punto de unión (1), el cap va estrechándose y afinando su espesor para que el solape con el resto del interior de la pala sea más efectivo. El material utilizado en el cap es fibra de vidrio y fibra de carbono en una relación de 20% a 80%.

En la figura 2a se muestra la zona de unión (1) del cap inferior (5) con su lado de punta (2) y su lado de raíz (3). Dicha unión metálica reposa sobre la concha inferior de la pala y debido a su configuración aerodinámica, la preforma de la unión está más cerca del borde de ataque (7) o leading edge y más lejos del borde de salida (8) o trailing edge. En ambos laterales del cap inferior (5) es donde se dispone el empilado (9) que equipotencia el material compuesto que alberga los elementos metálicos de la unión. El sistema de protección de rayo del cap inferior (5) que muestran las figuras 2a y 2b, dispone de dos empilados (9) en la parte del borde de ataque (7) y otros dos empilados (9) en la parte del borde de salida (8).

En una segunda realización práctica mostrada en la figura 2b, los laterales del cap inferior (5) albergan unos pines centradores (10) que ayudan a completar el montaje in situ de la pala modular y que posteriormente se retiran. En caso de que la unión (1) disponga de estos pines (10) el empilado (9) se desplaza hacia el interior de la zona de punta (2) y de la zona de raíz (3) respectivamente, pero mantiene sus dimensiones en ambos casos.

El empilado (9) tiene aproximadamente 150 mm o 250 mm de largo y un ancho de 50

mm u 80 mm. Medido desde la zona de unión (1) y más concretamente desde el último elemento metálico que conforma la unión.

La figura 3 muestra una sección de la pala modular objeto de la invención. Comprende la zona de punta (2), la zona de raíz (3), el borde de ataque (7), el borde de salida (8) y la zona de unión (1) cubierta por los elementos metálicos que constituyen la unión propiamente dicha: El conjunto de los Xpacer ® que cubren y pretensan los pernos de unión, que a su vez están roscados en sus correspondientes insertos, los cuales se encuentran pegados en el laminado combinación de fibra de carbono y fibra de vidrio que debe equipotenciarse. Los Xpacer son los elementos metálicos visibles cuando se completa la unión. Las conchas que cubren la pala muestran huecos (11) en la zona de unión (1) para permitir el acceso durante el montaje. Posteriormente, estos huecos (11) se cubrirán con una carena.

Tal y como se muestra en la realización práctica de la figura 4, los empilado (9) equipotenciados del borde de salida (8) comprenden una banda metálica (12) que sobresale desde su interior. Dicha banda (12) dispone de un orificio para su conexión con otros elementos. El empilado (9) de punta (2) y el empilado (9) de raíz (3) correspondiente al cap inferior (5) se unen entre sí con otra banda metálica (13) atornillada a través de los correspondientes orificios de conexión de la banda metálica (12) anteriormente mencionados. Esta unión se complementa con la banda metálica (14) que cubre la totalidad de los Xpacer (15). Dicha banda metálica (14) está atornillada a todos y cada uno de los Xpacer (15) contenidos en la zona de unión (1). Por último, la unión (16) que une las bandas metálicas (12) de los empilados (9) correspondientes a la zona de punta (2) y a la zona de raíz (3) junto con la banda metálica (14) de los Xpacer (15) también sirve de unión con el cable bajante del rayo (17), lugar donde todo el conjunto queda equipotenciado. Esta unión (16), junto con el resto de uniones, es preferentemente una unión atornillada.

Tal y como se muestra en las figuras 5a, 5b y 5c, el cap es el encargado de albergar los elementos de la unión metálica. Los Xpacer (15) presentan una superficie superior y una inferior. Siendo en estas superficies donde se atornillan las correspondientes bandas metálicas (14), tanto por su parte superior como por su parte inferior.

El cap superior (4) se equipotencia con una chapa metálica que une las web (18) del borde de salida (8) a través de una cinta que se atornilla a la banda metálica (14) de los Xpacer (15). El cap inferior (5) se equipotencia con la chapa metálica que une las web (18) del borde de ataque (7) a través de su conexión con otra cinta que se atornilla a su correspondiente banda metálica (14) de los Xpacer (15). Que las bandas

metálicas (14) se dispongan por la parte superior y/o por la inferior de los Xpacer (15) y que se conecten con la chapa que une las web (18) del borde de ataque (7) o del borde de salida (8) son soluciones de diseño tomadas en función de la longitud de la pala y del número de Xpacer (15) que compongan la unión.

La figura 6 representa la configuración de un cap y muestra como son sus diferentes laminados. La línea (19) marca el lugar donde el laminado cambia de la parte inicial (19') a la parte posterior (19"). La parte inicial (19') son laminados de grosor constante y están formados por fibra de carbono y fibra de vidrio en una proporción de 80-20 aproximadamente. Este es el lugar donde se taladran las cavidades donde posteriormente se introducen y se pegan los insertos. La unión se completa enroscando los pernos en el interior de los insertos y enfrentando el conjunto al cap homólogo. Al desenroscar los pernos del primer cap se introducen en el homólogo. Finalmente se cubren con los Xpacer y se pretensan. La parte posterior (19") son laminados que van estrechándose y perdiendo espesor para facilitar el solape de la preforma con el resto del cap de la pala.

En las figuras 2a y 2b se han descrito dos realizaciones prácticas con pin centrador (10) y sin pin centrador (10). En la presente figura 6 se muestra en ambos laterales del cap un orificio (20) para el pin centrador. Esto obliga a que el empilado (9) equipotenciado esté retrasado y la banda metálica (12) se prolongue desde el empilado (9) hasta el vértice de la zona de unión (1). Pudiendo, dicha banda metálica (12), ser más corta para el caso de que no hubiera pin centrador (10).

Las figuras 7a, 7b, 7c, 7d y 7e describen el método de formación del empilado (9) de láminas equipotenciadas. Para disponer de referencias, se representa el orificio más cercano al empilado (9), para esta realización práctica se trata de la cavidad de un inserto, que tiene mayor longitud que la cavidad del pin centrador. Las láminas existentes a partir del orificio son apilamientos de fibra de carbono (21) y fibra de vidrio (22) y esta combinación se repite hasta una línea de equipotenciación (23). A partir de dicha línea, las fibras de vidrio (22) se sustituyen por una malla de cobre (24) que se prolonga más allá del final del empilado (9) quedando sus extremos sobresalientes. La malla de cobre inferior (25) es de mayor longitud que el resto de las mallas (24).

Tal y como se muestra en la figura 7b las mallas de cobre (24) se pliegan hacia la parte superior del empilado (9) comenzando por la superior y continuando por la inmediatamente inferior. Los extremos sobresalientes de las mallas de cobre (24) se solapan una porción menor que el apilamiento formado por un conjunto de fibras de carbono (21) con su correspondiente fibra de vidrio (22). La segunda malla de cobre

cubre hasta la mitad de la primera.

Al solapar las mallas de cobre (24) se forma una pared en el lateral del empilado (9). Sobre dicha superficie se dispone la banda metálica (12) finalizada en un orificio (26) para poder atornillarse a la banda metálica (13) que une el empilado (9) de punta (2) y el empilado (9) de raíz (3) señalado en la figura 4, donde también se muestra la línea de equipotenciación (23). Una vez dispuesta la banda metálica (12) se pliega la malla de cobre inferior (25) que gracias a su mayor longitud solapa la banda metálica (12) y finaliza en la parte superior del empilado (9), tal y como se aprecia en las figuras 6c y 6d.

El empilado (9) representado en todas las figuras 7a, 7b, 7c, 7d y 7e tiene una lámina de fibra de vidrio inferior (27) más larga, que sobresale de la pared lateral del empilado (9). Una vez plegada la fibra de vidrio inferior (27) se cubre su extremo final con la última lámina de fibra de vidrio superior (28) que cubre la fibra de carbono (21) y los pliegues de malla de cobre (24) del empilado (9). Así se completa el solape final de las dos láminas de fibra de vidrio (27 y 28) lo que favorece la infusión del conjunto. Esta cobertura también puede estar compuesta por una única lámina.

Una vez que se ha infusionado los empilados (9) y se ha completado la unión de la pala modular, se procede con el equipotenciado, atornillando las bandas metálicas (12, 13 y 14) entre si y con la línea del cable bajante del rayo (17).

REIVINDICACIONES

1- Sistema de protección de rayo para pala modular, donde los elementos metálicos de la unión se disponen en el cap superior (4) y en el cap inferior (5) y junto con los web de la viga y la chapa metálica que los une constituyen una preforma que se integra con la viga de la pala, comprendiendo los elementos metálicos de unión unos Xpacer (15) que pretensan unos pernos enroscados en insertos que se taladran y se pegan en el interior del material compuesto combinación de láminas de carbono (21) con láminas de vidrio (22), **caracterizada porque** comprende:

- un empilado (9) de borde de ataque (7) y un empilado (9) de borde de salida (8) dispuestos en los laterales del cap superior (4) y otros dos empilados (9) dispuestos en los laterales del cap inferior (5),

- una banda metálica (12) que sobresale de cada empilado (9) y que se une con: la chapa que une el web (18), con una banda metálica (14) que une los Xpacer (15), con el cable de rayo (17) y con la banda metálica (13) que une el cap de punta (2) y el cap de raíz (3),

- cada empilado (9) está constituido por láminas de fibra de carbono (21) y láminas de fibra de vidrio (22) sustituidas por una malla de cobre (24) a partir de la línea de equipotenciación (23), sobresaliendo las mallas de cobre (24) de la pared lateral del empilado (9), plegándose sobre sí mismas y constituyendo una superficie donde se adosa la banda metálica (12) y

- cada empilado (9) se completa con una lámina fibra de vidrio (27 y 28) que lo recubre en su totalidad.

2- Sistema de protección de rayo para pala modular según la reivindicación 1, en donde el laminado de la unión está formado por una relación de fibra de vidrio y fibra de carbono en un 20-80 y a partir del punto de equipotenciación (23) está formado por una malla de cobre (24) y fibra de carbono (21) en la misma proporción.

3- Sistema de protección de rayo para pala modular según la reivindicación 1, en donde la configuración de la unión incluye un pin centrador (10) y la disposición de los empilados (9) fijados en los laterales de los cap (4, 5) se retrasa y se aleja de la zona de unión (1) una distancia igual al tamaño del pin centrador (10) y la banda metálica (12) se alarga hasta cubrir dicha distancia.

4- Sistema de protección de rayo para pala modular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde al no utilizar pin centrador (10), el empilado (9) tiene una longitud de 200 a 250 mm y una anchura de 50 a 80 mm, medido desde la zona de unión (1).

5- Sistema de protección de rayo para pala modular según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde los Xpacer (15) que forman la unión de los cap de punta (2) y los cap de raíz (3) se unen entre si con una banda metálica (14) que se dispone por la parte superior y/o por la parte inferior de los citados Xpacer (15) y también se unen con la chapa de unión de las web (18).

6- Método de formación de un empilado (9) caracterizado porque:
-las láminas existentes son apilamientos de fibra de carbono (21) y fibra de vidrio (22) y a partir de la línea de equipotenciación (23), las fibras de vidrio (22) se sustituyen por una malla de cobre (24) que se prolonga más allá del final del empilado (9) quedando sus extremos sobresalientes, siendo la malla de cobre inferior (25) de mayor longitud que el resto de las mallas (24),
- los extremos sobresalientes de las mallas de cobre (24) se pliegan hacia la parte superior del empilado (9) formando una pared en el lateral del empilado (9),
-sobre dicha pared lateral se dispone la banda metálica (12),
-una vez dispuesta la banda metálica (12) se pliega la malla de cobre inferior (25) que solapa la banda metálica (12) y finaliza en la parte superior del empilado (9),
-una lámina de fibra de vidrio inferior (27) y una lámina de fibra de vidrio superior (28) cubren la fibra de carbono (21) y los pliegues de malla de cobre (24) del empilado (9), y por ultimo,
-se infusiona el conjunto.

7- Método de formación de un empilado (9) según la reivindicación 6 caracterizado porque durante el plegado de las mallas de cobre (24) se comienza por la superior y se continua por la inmediatamente inferior de forma que la segunda malla de cobre cubre hasta la mitad de la primera.

8- Método de formación de un empilado (9) según la reivindicación 6 donde la lámina de fibra de vidrio inferior (27) es más larga y sobresale de la pared lateral del empilado (9), mientras que la última lámina de fibra de vidrio superior (28) es la que se

solapa sobre la anterior cubriendo la fibra de carbono (21) y los pliegues de malla de cobre (24) del empilado (9), quedando todo el conjunto cubierto por fibra de vidrio, lo que favorece su posterior infusión.

9- Método de formación de un empilado (9) según la reivindicación 6 caracterizado porque una vez que se ha infusionado y se ha completado la unión, sobre la pared lateral formada por el solapamiento de las mallas de cobre (24) se dispone la banda metálica (12) finalizada en un orificio (26) que se atornilla a la banda metálica (13) que une el empilado (9) de punta (2) y el empilado (9) de raíz (3), y se atornilla a la banda metálica (14) de los Xpacer y al cable bajante de rayo (17).

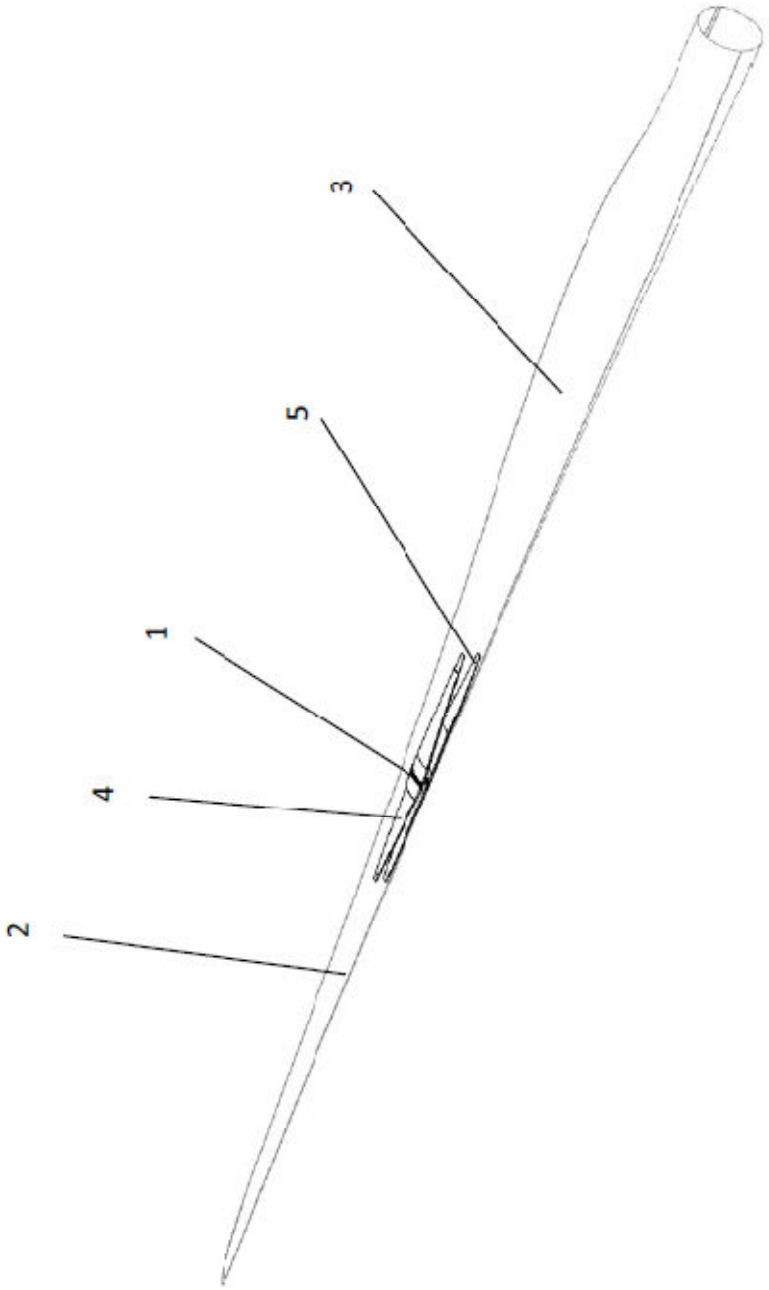

Fig. 1

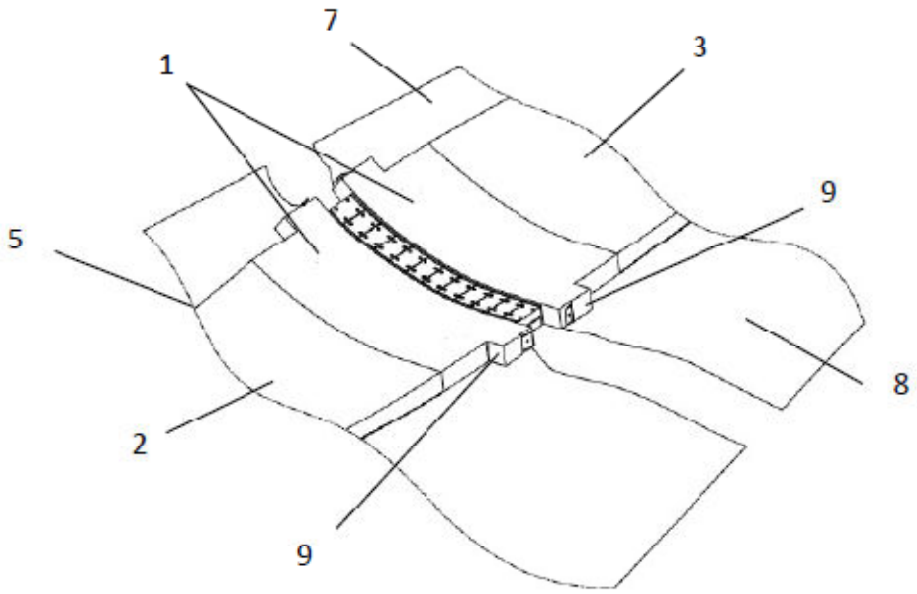

Fig. 2a

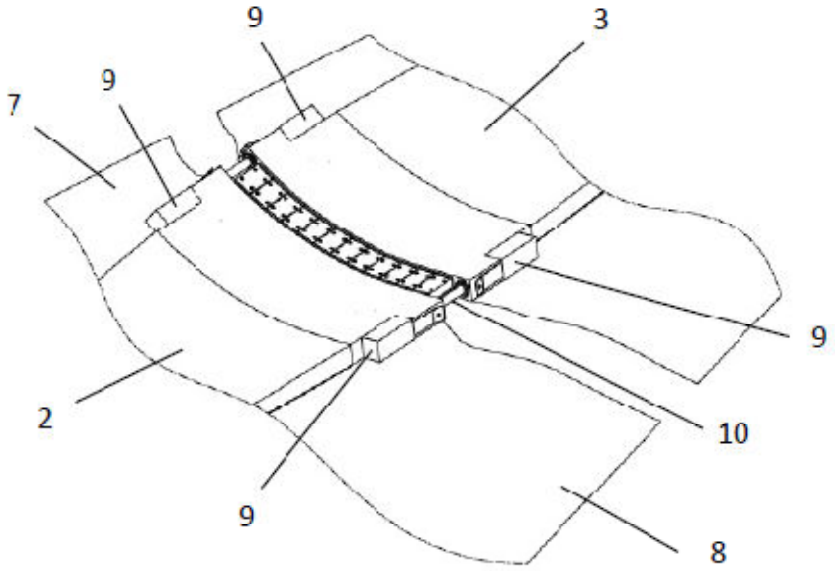

Fig. 2b

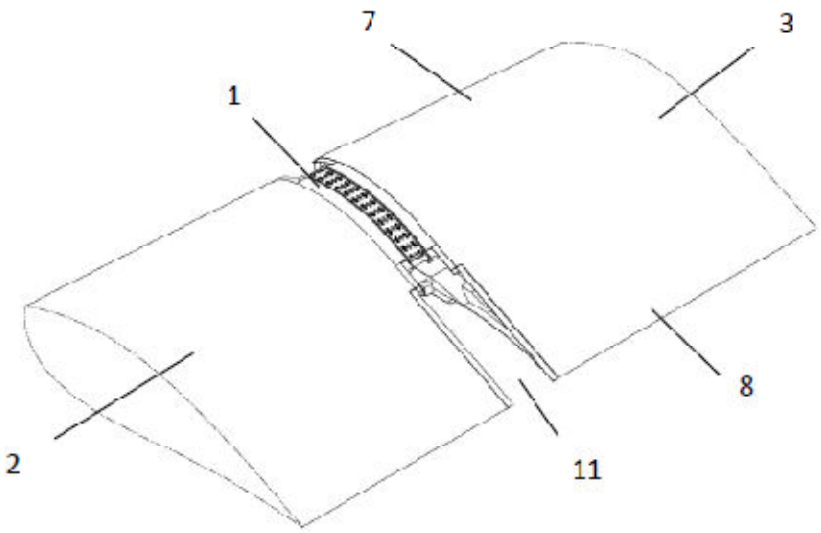

Fig. 3

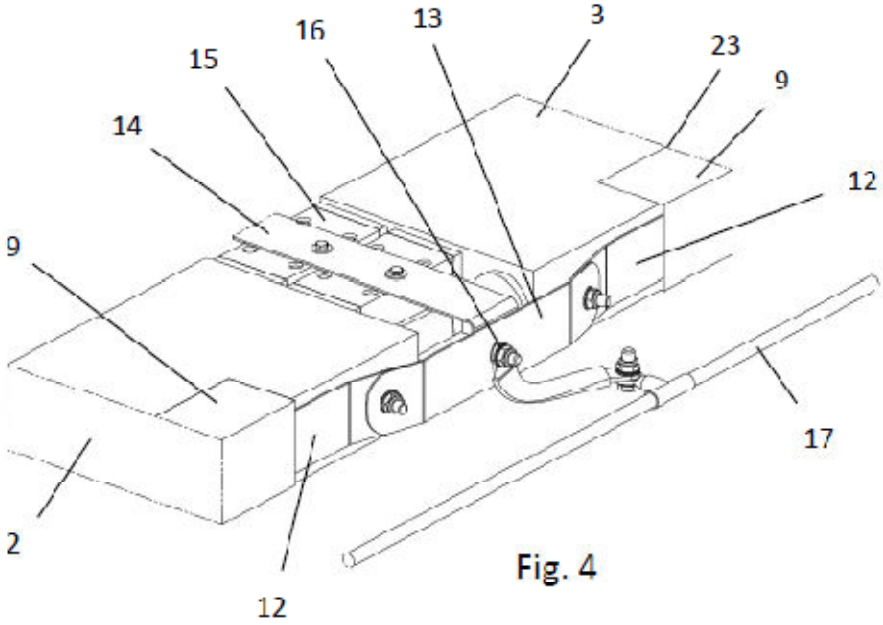

Fig. 4

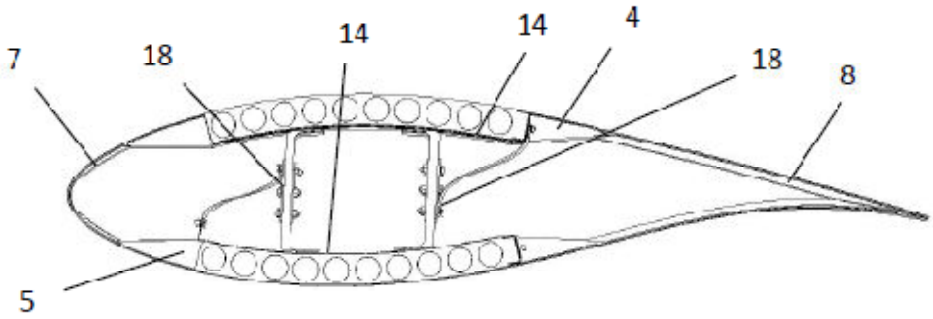

Fig. 5a

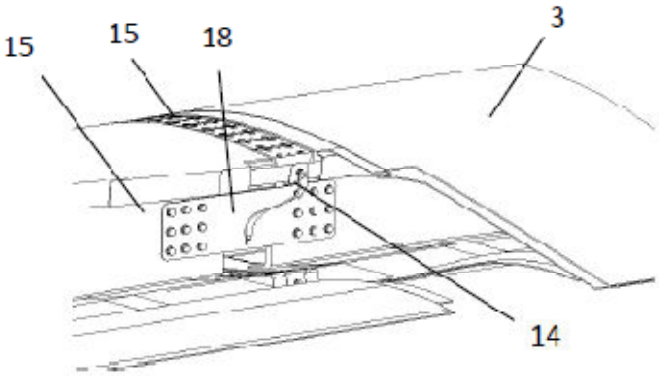

Fig. 5b

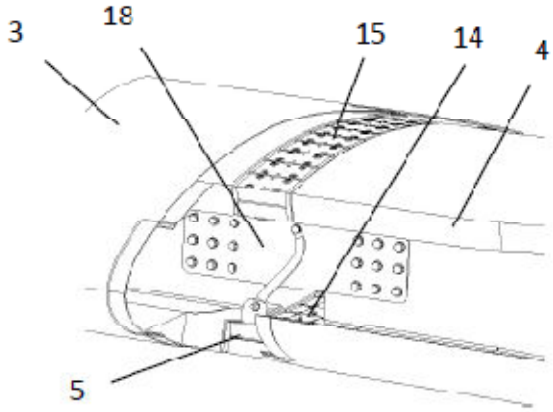

Fig. 5c

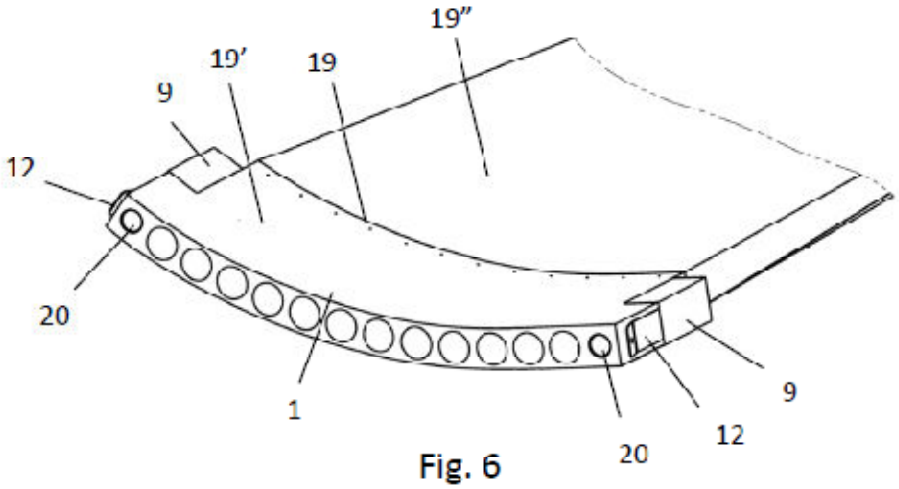

Fig. 6

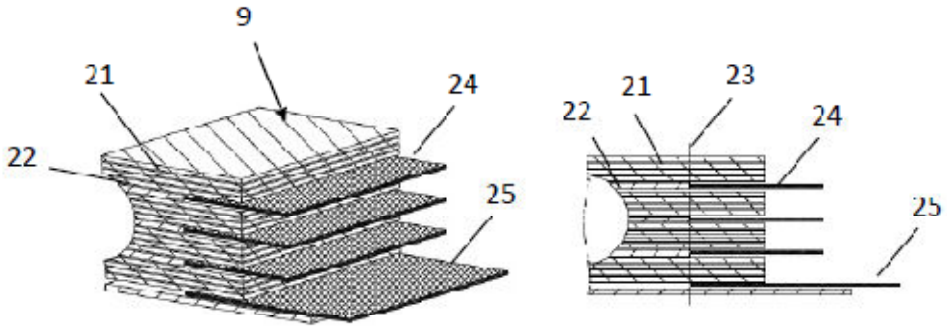

Fig. 7a

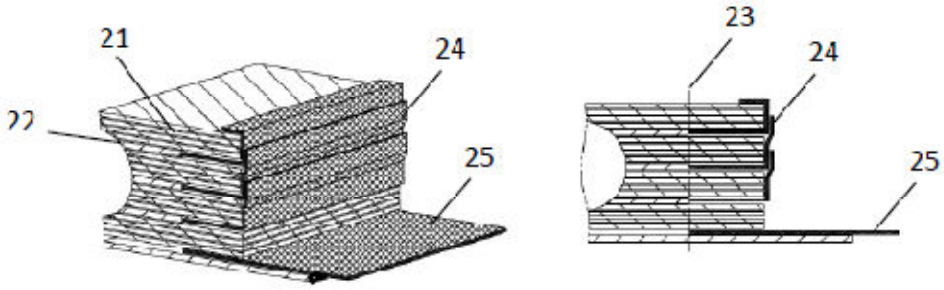

Fig. 7b

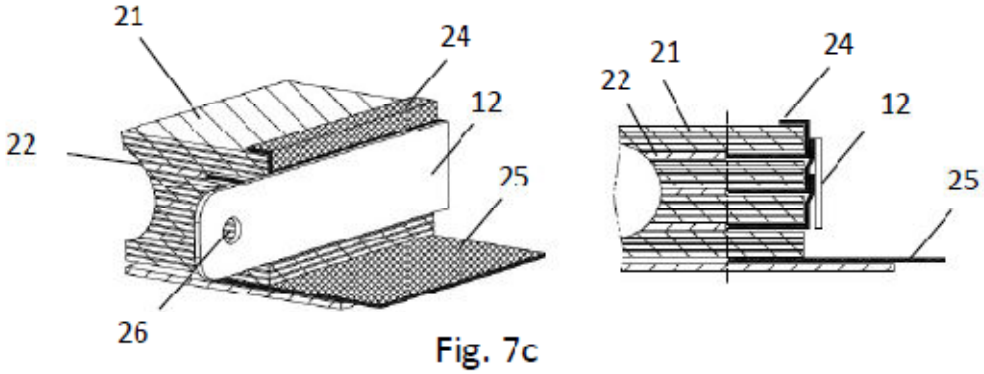

Fig. 7c

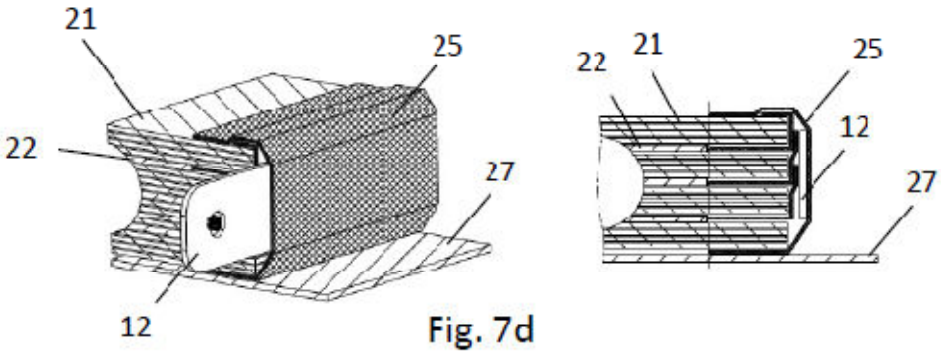

Fig. 7d

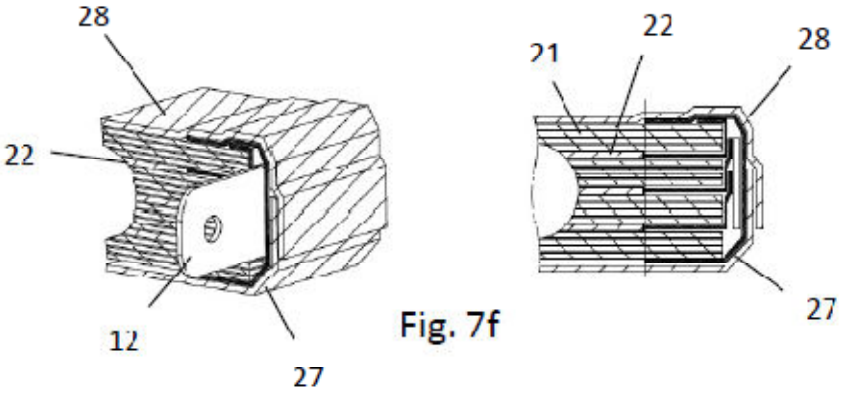

Fig. 7f