

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 014 012**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.03.2022 PCT/DK2022/050038**

87 Fecha y número de publicación internacional: **15.09.2022 WO22188934**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.03.2022 E 22710484 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.02.2025 EP 4305300**

54 Título: **Tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador con unión equipotencial**

30 Prioridad:

09.03.2021 DK PA202170104

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

16.04.2025

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.00%)
Hedeager 42
8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**MARTINEZ, CAETANO BELDA y
SILVA, DIEGO ARTHUR**

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 3 014 012 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 de pala de rotor de aerogenerador con unión equipotencial

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador, a un material de tejido de fibra para una tapa de larguero de pala de aerogenerador y a un método de fabricación de una tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador.

Antecedentes de la invención

10 Un aerogenerador convierte la energía cinética del viento en energía eléctrica. Un generador convierte la energía eólica capturada por un rotor que tiene una o más palas de rotor en energía eléctrica que normalmente se suministra a una red eléctrica de servicios públicos. El generador está alojado en una góndola junto con los diversos componentes requeridos para operar y optimizar el rendimiento del aerogenerador. Una torre soporta la carga presentada por la góndola y el rotor. En un aerogenerador de eje horizontal (HAWT) las palas del rotor se extienden radialmente hacia fuera desde un buje central que gira alrededor de un eje longitudinal alineado generalmente de manera horizontal. En operación, las palas están configuradas para interactuar con el flujo de aire que pasa para producir una sustentación que hace que el rotor gire dentro de un plano sustancialmente perpendicular a la dirección del viento. Una pala de rotor convencional está hecha de una carcasa exterior y uno o más largueros interiores en un espacio hueco delimitado por la carcasa exterior. El larguero sirve para transferir cargas desde la pala giratoria al buje del aerogenerador. Tales cargas incluyen cargas de tracción y compresión dirigidas a lo largo de la longitud de la pala que surgen del movimiento circular de la pala y cargas que surgen del viento que se dirigen a lo largo del espesor de la pala, es decir, desde el lado de barlovento de la pala hasta el lado de sotavento. El larguero puede tener típicamente una sección tubular hueca, por ejemplo, una sección tubular hueca generalmente rectangular, o una sección de viga, por ejemplo, de viga en I, viga en C, viga en H, viga en Y, viga en X, etc., con una o más almas de corte que se extienden entre las tapas de larguero. Las tapas de larguero se pueden incorporar en la carcasa exterior o se pueden unir a la carcasa exterior.

25 La tapa de larguero puede incluir tiras de material fibroso pultruido. La pultrusión es un proceso continuo similar a la extrusión, en donde se tira de las fibras a través de un suministro de resina líquida y luego se calientan en una cámara abierta donde se cura la resina. El material fibroso curado resultante es de sección transversal constante pero, dado que el proceso es continuo, el material una vez formado se puede cortar a cualquier longitud arbitraria. El documento WO 2013/087078 describe una pala de aerogenerador con una estructura de refuerzo alargada que comprende una pila de tiras de material compuesto fibroso pultruido. Las fibras pultruidas son fibras de carbono y se extienden casi por toda la longitud de la pala desde la raíz hasta la punta.

30 El documento WO 2020/103991 A1 describe una pala de rotor de aerogenerador con una unión equipotencial, en donde la pala comprende tapas de larguero que incluyen una pluralidad de capas de apilamiento de un primer material conductor y al menos una capa intermedia, en donde las capas del primer material conductor incluyen una primera parte de un segundo material conductor y una segunda parte de fibra de vidrio.

35 La tendencia general en la industria de los aerogeneradores durante los últimos años ha sido que las palas de los aerogeneradores se hagan más largas. Cuanto más largas sean las palas, más grande será el rotor y más energía eólica se puede capturar, mejorando la eficiencia de un aerogenerador individual.

40 Los aerogeneradores son susceptibles a los impactos de rayos. Es común que un aerogenerador incluya un sistema de protección contra rayos, que acopla eléctricamente los componentes del aerogenerador a tierra. Las palas, y en particular las puntas de las palas, son particularmente susceptibles a los impactos de rayos. Por lo tanto, las palas incluyen típicamente una lámina metálica, o capa de protección de superficie (SPL), incorporada en la carcasa exterior cerca de la superficie exterior de la pala. La lámina metálica puede cubrir solamente una parte o sustancialmente toda la superficie exterior de la pala. Además, o alternativamente, el sistema de protección contra rayos puede incluir uno o más receptores de rayos discretos. La lámina metálica y/o los receptores de rayos en la pala están todos conectados eléctricamente a través de la torre a tierra.

45 Aunque los impactos de rayos tienen una tendencia natural, debido a su alta frecuencia, a seguir a lo largo de la superficie exterior de una estructura, tal como la pala de rotor, la presencia de fibras conductoras en la carcasa de pala puede causar descargas no deseadas cuando ocurre un impacto de rayo que podría causar daños a la carcasa de pala. Este problema se puede ver exacerbado cuando las fibras conductoras se extienden a lo largo de una longitud sustancial de la pala del rotor, especialmente para una pala larga.

50 Con el fin de reducir la posibilidad de que se desarrollen altos potenciales eléctricos entre tiras adyacentes de material pultruido, se puede disponer un entrelazado conductor entre las tiras de material pultruido con el fin de unir equipotencialmente las tiras. No obstante, cuando el entrelazado conductor es un material de tejido, las fibras conductoras pueden separarse del volumen del material de tejido durante la fabricación y, por ello, pueden crear un acoplamiento eléctrico no deseado con las piezas cercanas.

55

Compendio de la invención

- 5 Un primer aspecto de la invención proporciona una tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador, la tapa de larguero que tiene una longitud y que comprende: una pila que comprende una pluralidad de capas de material conductor y al menos una capa intermedia, en donde las capas de material conductor tienen, cada una, una longitud a lo largo de la longitud de la tapa de larguero en una primera dirección, en donde la capa intermedia está dispuesta entre capas adyacentes del material conductor, en donde la capa intermedia incluye un material de tejido de fibra que tiene: un primer borde que se extiende en la primera dirección, una parte conductora que tiene fibras conductoras orientadas en la primera dirección, una primera parte de borde entre el primer borde y la parte conductora, la primera parte de borde que tiene una pluralidad de fibras no conductoras orientadas en la primera dirección y ninguna fibra conductora orientada en la primera dirección, y fibras cruzadas orientadas para cruzarse con las fibras conductoras y las fibras no conductoras, y en donde la capa intermedia está unida con las capas adyacentes del material conductor y está acoplada eléctricamente a las capas adyacentes de material conductor para unir equipotencialmente las capas adyacentes del material conductor a través de la parte conductora de la capa intermedia.
- 10
- 15 En general, el material de tejido de fibra puede actuar para promover la infusión de material de matriz de resina entre las tiras de material conductor con el fin de unir las tiras de material conductor entre sí. Proporcionando una parte conductora del material de tejido de fibra, las capas adyacentes de material conductor se pueden unir equipotencialmente de manera que se puedan evitar descargas o arcos eléctricos indeseables dentro de la tapa de larguero. La parte de borde puede proporcionar un amortiguador de modo que, en el caso de que las fibras se separen del material en volumen durante la infusión de resina del material de pala, o durante el depósito del material de pala, como fibras sueltas, es probable que las fibras sueltas no sean conductoras y, así, es poco probable que creen conexiones eléctricas indeseables.
- 20
- La primera parte de borde puede tener un ancho perpendicular a la primera dirección, el ancho de la primera parte de borde que es de al menos 5 milímetros.
- 25 Las fibras conductoras pueden ser fibras de carbono.
- Todas las fibras conductoras del material de tejido de fibra pueden estar orientadas en la primera dirección.
- Las fibras no conductoras pueden ser fibras de vidrio. En otros ejemplos, pueden ser fibras naturales.
- Las fibras cruzadas pueden ser fibras cruzadas no conductoras, opcionalmente las fibras cruzadas no conductoras pueden ser fibras de vidrio o fibras naturales no conductoras.
- 30 Las fibras cruzadas pueden estar orientadas perpendiculares a la primera dirección. En otro ejemplo, las fibras cruzadas pueden estar orientadas en un ángulo con respecto a la primera dirección, tal como más o menos 45 grados.
- El material conductor puede comprender material compuesto fibroso pultruido, preferiblemente plástico reforzado con fibra de carbono.
- 35 La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador puede comprender además capas alternas del material conductor y la capa intermedia.
- El material de tejido de fibra puede comprender además un segundo borde orientado en la primera dirección, el segundo borde que es opuesto al primer borde, y una segunda parte de borde entre el segundo borde y la parte conductora, la segunda parte de borde que tiene una pluralidad de fibras no conductoras orientadas en la primera dirección y ninguna fibra conductora orientada en la primera dirección.
- 40
- La segunda parte de borde puede tener un ancho perpendicular a la primera dirección, el ancho de la segunda parte de borde puede ser de al menos 5 milímetros.
- El material de tejido de fibra puede estar tejido o cosido.
- 45 Según un segundo aspecto de la invención, se proporciona una pala de rotor de aerogenerador que incluye al menos una tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador según el primer aspecto.
- Un tercer aspecto de la invención proporciona un método de fabricación de una tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador, que comprende: proporcionar una pluralidad de capas de material conductor, cada capa que tiene una longitud a lo largo de una longitud de la tapa de larguero en una primera dirección; colocar una capa intermedia entre capas adyacentes del material conductor para formar una pila, la capa intermedia que incluye un material de tejido de fibra que tiene: un primer borde que se extiende en la primera dirección; una parte conductora que tiene fibras conductoras orientadas en la primera dirección, una primera parte de borde entre el primer borde y la parte conductora, la primera parte de borde que tiene una pluralidad de fibras no conductoras orientadas en la primera dirección y ninguna fibra conductora orientada en la primera dirección; y fibras cruzadas orientadas para cruzarse con las fibras conductoras y las fibras no conductoras; acoplar eléctricamente la capa intermedia a las capas
- 50

adyacentes de material conductor para unir equipotencialmente las capas adyacentes del material conductor a través de la parte conductora de la capa intermedia; y curar la pila para unir mecánicamente la capa intermedia a las capas adyacentes del material conductor.

El método puede comprender además infundir la pila con resina antes del curado.

- 5 La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador fabricada mediante el método según el tercer aspecto de la invención puede ser la tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador del primer aspecto de la invención.

Un cuarto aspecto de la invención proporciona un material de tejido de fibra para una tapa de larguero de pala de aerogenerador, el material de tejido de fibra que tiene: una longitud en una primera dirección, un ancho perpendicular a la longitud, el ancho que es más corto que la longitud, un primer borde que se extiende en la primera dirección, una parte conductora que tiene fibras conductoras orientadas en la primera dirección, una primera parte de borde entre el primer borde y la parte conductora, la primera parte de borde que tiene una pluralidad de fibras no conductoras orientadas en la primera dirección y ninguna fibra conductora orientada en la primera dirección, y fibras cruzadas orientadas para cruzarse con las fibras conductoras y las fibras no conductoras.

10 El material de tejido de fibra del cuarto aspecto puede ser particularmente adecuado para unir mecánicamente y equipotencialmente tiras adyacentes de material conductor y puede tener las ventajas descritas anteriormente con referencia al primer aspecto.

15 El material de tejido de fibra del cuarto aspecto puede tener opcionalmente propiedades sustancialmente similares a las propiedades opcionales descritas anteriormente con referencia al material de tejido de fibra de la tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador del primer aspecto.

20 **Breve descripción de los dibujos**

Ahora se describirán realizaciones de la invención con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

la Figura 1 muestra un aerogenerador;

la Figura 2 muestra una pala de aerogenerador;

25 la Figura 3 muestra una sección transversal a lo largo de A-A de la Figura 2 que muestra la carcasa exterior y la estructura de larguero;

la Figura 4 muestra el detalle B de la carcasa exterior, la tapa del larguero y el alma de corte de la Figura 3;

la Figura 5 muestra esquemáticamente una sección transversal de una pila de capas que forman la tapa de larguero;

la Figura 6a muestra esquemáticamente un material de tejido de fibra conocido antes de la infusión de resina;

la Figura 6b muestra esquemáticamente un material de tejido de fibra conocido después de la infusión de resina;

30 la Figura 7a muestra esquemáticamente un material de tejido de fibra antes de la infusión de resina; y

la Figura 7b muestra esquemáticamente un material de tejido de fibra después de la infusión de resina.

Descripción detallada de la realización o realizaciones

35 En esta especificación, se usan términos tales como borde de ataque, borde de salida, superficie de presión, superficie de succión, espesor y cuerda. Si bien estos términos son bien conocidos y comprendidos por una persona experta en la técnica, se dan a continuación definiciones para evitar dudas.

El término borde de ataque se usa para referirse a un borde de la pala que estará en la parte delantera de la pala a medida que la pala gira en la dirección de rotación normal del rotor de aerogenerador.

El término borde de salida se usa para referirse a un borde de una pala de aerogenerador que estará en la parte posterior de la pala a medida que la pala gira en la dirección de rotación normal del rotor de aerogenerador.

40 La cuerda de una pala es la distancia en línea recta desde el borde de ataque hasta el borde de salida en una sección transversal dada perpendicular a la dirección en el sentido de la envergadura de la pala.

Una superficie de presión (o superficie de barlovento) de una pala de aerogenerador es una superficie entre el borde de ataque y el borde de salida, que, cuando está en uso, tiene una presión más alta que una superficie de succión de la pala.

45 Una superficie de succión (o superficie de sotavento) de una pala de aerogenerador es una superficie entre el borde de ataque y el borde de salida, que tendrá una presión menor que actúa sobre ella que la de una superficie de presión, cuando está en uso.

El espesor de una pala de aerogenerador se mide perpendicularmente a la cuerda de la pala y es la mayor distancia entre la superficie de presión y la superficie de succión en una sección transversal dada perpendicular a la dirección en el sentido de la envergadura de la pala.

- 5 El término en el sentido de la envergadura se usa para referirse a una dirección desde un extremo de raíz de una pala de aerogenerador hasta un extremo de punta de la pala, o viceversa. Cuando una pala de aerogenerador está montada en un buje de aerogenerador, las direcciones en el sentido de la envergadura y radial serán sustancialmente las mismas.

El término fibra usado en esta especificación se pretende que se refiera a un haz de filamentos y puede referirse a una parte también conocida como hilo, mecha, estopa o hebra.

- 10 El término borde se usa en esta especificación para referirse a una parte de un material. Se observa que el borde del material es el límite físico de las fibras orientadas en la dirección del borde. Las franjas del material, que pueden comprender fibras que se extienden a través y más allá del borde, pueden extenderse más allá del borde del material. Dicho de otra forma, un borde de un material orientado en una primera dirección se puede definir por una fibra más externa del material orientada en la primera dirección.

- 15 La Figura 1 muestra un aerogenerador 10 que incluye una torre 12 montada sobre una cimentación y una góndola 14 dispuesta en el vértice de la torre 12. El aerogenerador 10 representado aquí es un aerogenerador terrestre de manera que la cimentación está empotrada en el suelo, pero el aerogenerador 10 podría ser una instalación en el mar en cuyo caso la cimentación se proporcionaría por una plataforma marina adecuada.

- 20 Un rotor 16 está acoplado operativamente a través de una caja de engranajes a un generador (no mostrado) alojado en el interior de la góndola 14. El rotor 16 incluye un buje central 18 y una pluralidad de palas de rotor 20, que se proyectan hacia fuera desde el buje central 18. Se observará que el aerogenerador 10 es el tipo común de aerogenerador de eje horizontal (HAWT), de manera que el rotor 16 está montado en la góndola 12 para girar alrededor de un eje sustancialmente horizontal definido en el centro en el buje 18. Si bien el ejemplo mostrado en la Figura 1 tiene tres palas, el experto en la materia se dará cuenta de que es posible otro número de palas.

- 25 Cuando el viento sopla contra el aerogenerador 10, las palas 20 generan una fuerza de sustentación que hace que el rotor 16 gire, lo que a su vez hace que el generador dentro de la góndola 14 genere energía eléctrica.

- 30 La Figura 2 ilustra una de las palas de aerogenerador 20 para uso en tal aerogenerador. Cada una de las palas 20 tiene un extremo de raíz 32 proximal al buje 18 y un extremo de punta 30 distal del buje 18. La pala 20 está dispuesta para extenderse lejos del buje 18 en una dirección en el sentido de la envergadura S. Un borde de ataque 26 y un borde de salida 28 se extienden entre el extremo de raíz 32 y el extremo de punta 30, y cada una de las palas 20 tiene una superficie de alta presión aerodinámica 22 respectiva (es decir, la superficie de presión) y una superficie de baja presión aerodinámica (es decir, la superficie de succión) 24 que se extienden entre los bordes de ataque y de salida de la pala 20.

- 35 Cada pala tiene una sección transversal que es sustancialmente circular cerca del extremo de raíz 32, porque la pala cerca de la raíz debe tener suficiente resistencia estructural para soportar la pala por fuera de esa sección y para transferir cargas al buje 18. La pala 20 hace una transición de un perfil circular a un perfil aerodinámico moviéndose desde el extremo de raíz 32 de la pala hacia el extremo de punta 30. La pala puede tener un "hombro", que es la parte más ancha de la pala donde la pala tiene su cuerda máxima. La pala 20 tiene un perfil aerodinámico de espesor progresivamente decreciente hacia el extremo de punta 30.

- 40 Como se muestra en la Figura 3, que es una vista en sección transversal de la pala 20 tomada a lo largo de la línea A-A, la pala de aerogenerador 20 incluye una carcasa de pala exterior formada por una parte superior 42 y una parte inferior 44, que juntas definen un espacio interior hueco 34 con un alma de corte 40 que se extiende internamente entre las partes superior e inferior de la carcasa de pala 42, 44. Las partes de carcasa de pala pueden ser dos medias carcasas 42, 44 que se moldean por separado antes de ser unidas entre sí (en el borde de ataque 26 y el borde de salida 28) para formar la pala 20. Se apreciará que la carcasa de pala 42, 44 no necesita ser formada como dos medias carcasas que posteriormente se unen entre sí, sino que se puede formar como una estructura de carcasa unitaria, junto con el alma de corte 40, en un proceso de carcasa única de "una sola pasada". La carcasa de pala puede incluir un material compuesto laminado tal como fibra de vidrio y/o fibra de carbono, por ejemplo.

- 50 La Figura 4 muestra una vista en detalle de la región B, donde el alma de corte 40 se encuentra con la carcasa de pala 44. La tapa de larguero 100 se puede incorporar en la carcasa exterior 44, como se muestra en la figura 4, o se puede unir a la carcasa exterior 44. La tapa de larguero 100 es una estructura de refuerzo alargada y puede extenderse sustancialmente a lo largo de toda la longitud en el sentido de la envergadura de la pala 20 desde el extremo de raíz 32 hasta el extremo de punta 30. La tapa de larguero 100 incluye material conductor, tal como fibras de carbono. Por ejemplo, la tapa de larguero puede incluir tiras fibrosas pultruidas de material tal como material compuesto de fibra de carbono pultruida u otro material plástico reforzado con fibra de carbono.

- 55 La tapa de larguero 100 puede incluir una pila de capas del material conductor. El alma de corte 40 puede estar unida adhesivamente a una superficie interior de la tapa de larguero 100. Una superficie exterior de la tapa de

larguero 100 puede asentarse adyacente a un pararrayos 46 en la superficie exterior de la carcasa de pala 44. Como se muestra en la figura 4, el pararrayos puede tener la forma de una lámina metálica 46 que puede estar separada de la superficie exterior de la tapa de larguero 100 por una o más capas de material aislante 48, tal como plástico reforzado con fibra de vidrio. Se pueden proporcionar una o más capas adicionales de plástico reforzado con fibra de vidrio sobre el exterior de la lámina metálica 46. Las capas forman colectivamente un forro exterior 48 de la carcasa de pala 44. Una o más capas adicionales de plástico reforzado con fibra de vidrio proporcionan un forro interior 45 de la carcasa de pala 44 con un material de núcleo entre el forro exterior 48 y el forro interior 45. El material de núcleo puede ser una espuma estructural ligera, aunque se pueden usar alternativamente otros materiales de núcleo tales como madera, en particular madera de balsa, y panal para proporcionar un material de núcleo ligero. Se apreciará que se puede hacer una conexión casi idéntica entre el alma de corte 40 y el otro lado de la carcasa de pala 42.

Los materiales de pala se colocan en un molde de carcasa de pala de aerogenerador, donde luego se infunden con resina para unir los materiales de pala entre sí. Como es bien sabido en la técnica, los materiales de pala se cubren con una bolsa de vacío sellada que se evacúa, y luego se infunde resina en los materiales de pala. Luego, la resina se cura, lo que puede ser a una temperatura elevada. Esto se conoce como un proceso de moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM).

La Figura 5 muestra una vista en sección transversal de la tapa de larguero 100 antes de la infusión de resina, la vista en sección transversal que se toma de manera que se observe a lo largo de una dirección en el sentido de la envergadura. La tapa de larguero 100 tiene capas alternas de material conductor 102, que pueden ser tiras de fibra de carbono pultruidas, intercaladas con capas intermedias 104 de un material de tejido de fibra. Las tiras de fibra de carbono pultruidas 102 pueden proporcionar resistencia estructural a la tapa de larguero 100. No obstante, puede resultar difícil infundir resina entre las tiras durante el proceso de infusión. Las capas de tejido de fibra intermedias 104 establecen un hueco definido entre las tiras 102 de modo que la resina pueda infundirse entre las tiras. Por lo tanto, las capas intermedias 104 actúan como una capa de promoción de infusión entre las tiras. Las tiras pultruidas 102 se unen entonces entre sí de modo que la tapa de larguero 100 pueda formar una pieza estructural unitaria. Las capas intermedias 104 ayudan a asegurar una adhesión correcta entre las tiras pultruidas durante la infusión.

Las tiras pultruidas 102 se pueden disponer en pilas y, como se muestra en la Figura 5, la tapa de larguero se puede formar por dos o más pilas de tiras vecinas. Esto puede ser ventajoso cuando se desea una tapa de larguero curvada.

Las capas intermedias 104 pueden ser más anchas que las tiras de fibra de carbono pultruidas 102 en una dirección en el sentido de la cuerda. Por lo tanto, los bordes de las capas intermedias 104 pueden estar separados de las tiras pultruidas 102 cuando se colocan las capas intermedias 104. Esto acomoda desalineaciones cuando las capas intermedias 104 se colocan sobre las tiras de fibra de carbono 102.

Después del curado de la tapa de larguero 100, se puede formar una tapa de larguero curada.

Debido a la naturaleza conductora de la fibra de carbono, se deben evitar las diferencias de potencial eléctrico entre las tiras de fibra de carbono pultruidas 102. Las diferencias de potencial pueden ser desventajosas en la medida que pueden conducir a la formación de arcos eléctricos dentro de la tapa de larguero 100, lo que puede dañar la tapa de larguero. Por lo tanto, es deseable que las capas intermedias 104 sean conductoras de electricidad en una dirección a través del espesor de manera que las tiras pultruidas de fibra de carbono 102 se puedan unir equipotencialmente y así se puedan evitar las diferencias de potencial.

La Figura 6a muestra una vista esquemática en planta de un material de tejido de fibra 200 conocido antes de la infusión de resina. El material de tejido de fibra comprende hebras de fibra de carbono 202 orientadas tanto en una primera dirección S, que puede ser una dirección en el sentido de la envergadura cuando el material de tejido de fibra está dentro de una tapa de larguero de pala de aerogenerador, como en una dirección en el sentido transversal perpendicular a la primera dirección. Como se ilustra en la Figura 6a, el material de tejido de fibra 200 puede extenderse más en una dirección en el sentido de la envergadura S que en una dirección en el sentido de la cuerda perpendicular. Por lo tanto, el material de tejido de fibra 200 puede tener una longitud en la primera dirección en el sentido de la envergadura S que sea mayor que un ancho en una dirección en el sentido de la cuerda perpendicular.

Los bordes E del material de tejido 200 se pueden ver en la Figura 6a. Los bordes E están definidos por las fibras más externas 202 orientadas en la primera dirección S y las franjas formadas por los extremos de las fibras en el sentido transversal 202 sobresalen más que los bordes.

La Figura 6b muestra el material de tejido de fibra 200 después de la infusión de resina, en el que se forma un material de tejido de fibra infundido 300. Se entenderá que el material de tejido de fibra infundido 300 puede estar dentro de una tapa de larguero de pala de aerogenerador y que, por lo tanto, la Figura 6b se puede considerar como una vista en corte de una tapa de larguero de pala de aerogenerador.

El material de tejido de fibra infundido 300 tiene fibras de carbono 202 como se describe con referencia a la Figura 6a y un material de matriz 304, tal como una resina epoxi, que se puede aplicar al material de tejido de fibra a través de infusión de resina. No obstante, debido a la naturaleza del material de tejido, durante el proceso de infusión una

- fibra puede deslizarse de las fibras adyacentes y puede llegar a ser una fibra suelta 202a, como se muestra en la Figura 6b. Cuando la fibra suelta 202a es una fibra conductora, esto puede ser desventajoso en la medida que la fibra suelta 202a puede acoplar eléctricamente el material de tejido de fibra a una estructura adyacente, tal como un elemento de calentamiento para descongelar la pala, o cualquier otro componente sensible a la electricidad.
- 5 Además, incluso cuando no hay ningún un acoplamiento eléctrico con un componente adyacente formado, la naturaleza impredecible de las fibras sueltas puede permitir que ocurran arcos eléctricos a través de un material de matriz de manera que la fibra suelta 202a puede producir un arco eléctrico a sí misma o al volumen del material de tejido de fibra 300 durante un impacto de rayo.
- 10 Comúnmente, cuando se identifican fibras sueltas tales como la fibra suelta 202a, la fibra se debe retirar cortando la parte del material de matriz que tiene la fibra suelta y puede requerir una reparación con parche en la pala.
- Con el fin de aliviar los problemas resultantes de las fibras sueltas, los presentes inventores han proporcionado una capa intermedia 104 en forma de un nuevo material de tejido de fibra 400, mostrado en la Figura 7a. El material de tejido de fibra 400 tiene fibras conductoras 402, que pueden ser fibras de carbono, orientadas en una primera dirección S, que puede ser una dirección en el sentido de la envergadura cuando el material de tejido de fibra 400 se coloca dentro de una tapa de larguero de pala de aerogenerador, las fibras conductoras 402 que están dispuestas adyacentes entre sí a través de una parte conductora C del material 400. El material 400 también tiene partes de borde B adyacentes a los bordes del material de tejido de fibra 400, dispuestas entre las fibras conductoras 402 orientadas en la primera dirección S y los bordes E del material 400. Las partes de borde B contienen fibras no conductoras 404 (mostradas como líneas discontinuas) orientadas en la primera dirección S y las partes de borde no contienen fibras conductoras.
- 15 20 Los bordes E están libres de fibras conductoras. Como se describió anteriormente, los bordes E, orientados en la primera dirección S, están definidos por las fibras más externas orientadas en la primera dirección S, que son fibras no conductoras 404. Las franjas formadas por las fibras cruzadas 406 pueden sobresalir más allá de los bordes E.
- El material de tejido de fibra 400 también tiene fibras cruzadas 406 orientadas perpendiculares a la primera dirección S. Las fibras cruzadas 406 pueden ser fibras no conductoras, tales como fibras de vidrio, y la naturaleza no conductora de las fibras cruzadas 406 también puede significar que, en el caso de que se tire hacia fuera de una fibra cruzada 406 para llegar a ser una fibra suelta, la fibra suelta no es una fibra conductora y, así, no se debería formar una conexión eléctrica indeseable.
- 25 El material de tejido de fibra 400 puede estar tejido o cosido. Un material cosido puede ser ventajoso en la medida que puede quedar más plano que un material tejido, mejorando la estructura de las pilas de capas dentro de la tapa de larguero 100. No obstante, un material tejido puede ser ventajoso en la medida que la naturaleza tejida de las fibras conductoras 402 puede mejorar la conductividad a través del espesor del material de tejido de fibra 400.
- La Figura 7b muestra un material de tejido de fibra infundido 500, en el que un material de matriz 504 se ha infundido a través del material de tejido de fibra. El proceso de infusión de resina puede ser sustancialmente similar a los procesos descritos anteriormente con referencia a la Figura 6b. En este caso, se ha formado un hilo suelto 404a durante la infusión de resina. No obstante, dado que el hilo suelto 404a no es conductor, se reduce la posibilidad de que se forme una conexión eléctrica indeseable.
- 30 35 Los anchos de las primeras partes de borde B (que son las partes de borde en los dos bordes del material orientados en la dirección en el sentido de la envergadura, las partes de borde que tienen anchos en la dirección en el sentido de la cuerda, perpendiculares a la dirección en el sentido de la envergadura), pueden ser de al menos 5 milímetros. Esto puede ser ventajoso cuando se pueden formar múltiples hilos sueltos desde un lado del material. Por esta razón, las partes de borde pueden comprender, cada una, una pluralidad de fibras no conductoras orientadas en la primera dirección, opcionalmente al menos 5 fibras no conductoras orientadas en la primera dirección. Proporcionando partes de borde más anchas que tengan un mayor número de hilos no conductores, se reduce aún más la posibilidad de que se formen mediante hilos sueltos conexiones eléctricas indeseables.
- 40 45 Teniendo partes de borde no conductoras adyacentes a ambos bordes E, el material de tejido 500 puede ser independiente de la dirección en la que se orienta a medida que se coloca y se pueden evitar conexiones eléctricas indeseables desde cualquiera de los bordes.
- El material de tejido de fibra 500 puede tener al menos 10, opcionalmente al menos 30, fibras conductoras orientadas en la primera dirección dentro de la parte conductora C. Esto puede proporcionar un alto nivel de conductividad a través del espesor del material, para asegurar una unión equipotencial entre tiras pultruidas de fibra de carbono adyacentes. Por lo tanto, las fibras conductoras pueden extenderse a través de un ancho de al menos 10 milímetros, preferiblemente al menos 130 milímetros.
- 50 Aunque la invención se ha descrito anteriormente con referencia a una o más realizaciones preferidas, se apreciará que se pueden hacer diversos cambios o modificaciones sin apartarse del alcance de la invención como se define en las reivindicaciones adjuntas.
- 55

REIVINDICACIONES

1. Una tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador (100), la tapa de larguero que tiene una longitud y que comprende:
- 5 una pila que comprende una pluralidad de capas de material conductor (102) y al menos una capa intermedia (104),
- en donde las capas de material conductor (102) tienen, cada una, una longitud a lo largo de la longitud de la tapa de larguero (100) en una primera dirección,
- en donde la capa intermedia (104) está dispuesta entre capas adyacentes del material conductor (102),
- en donde la capa intermedia (104) incluye un material de tejido de fibra (400) que tiene:
- 10 un primer borde (E) que se extiende en la primera dirección,
- una parte conductora (C) que tiene fibras conductoras (402) orientadas en la primera dirección,
- una primera parte de borde (B) entre el primer borde (E) y la parte conductora (C), la primera parte de borde que tiene una pluralidad de fibras no conductoras (404) orientadas en la primera dirección y ninguna fibra conductora orientada en la primera dirección, y
- 15 fibras cruzadas (406) orientadas para cruzarse con las fibras conductoras (402) y las fibras no conductoras (404), y
- en donde la capa intermedia (104) está unida con las capas adyacentes del material conductor (102) y está acoplada eléctricamente a las capas adyacentes de material conductor para unir equipotencialmente las capas adyacentes del material conductor a través de la parte conductora (C) de la capa intermedia.
- 20 2. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde la primera parte de borde tiene un ancho perpendicular a la primera dirección, el ancho de la primera parte de borde que es de al menos 5 milímetros.
3. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de la reivindicación 1 o 2, en donde las fibras conductoras son fibras de carbono.
- 25 4. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde todas las fibras conductoras del material de tejido de fibras están orientadas en la primera dirección.
5. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde las fibras no conductoras son fibras de vidrio.
- 30 6. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde las fibras cruzadas son fibras cruzadas no conductoras, opcionalmente en donde las fibras cruzadas no conductoras son fibras de vidrio.
7. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde las fibras cruzadas están orientadas perpendiculares a la primera dirección.
- 35 8. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde el material conductor comprende material compuesto fibroso pultruido, preferiblemente plástico reforzado con fibra de carbono.
9. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, que comprende además capas alternas del material conductor y la capa intermedia.
- 40 10. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde el material de tejido de fibra comprende además un segundo borde orientado en la primera dirección, el segundo borde que es opuesto al primer borde, y una segunda parte de borde entre el segundo borde y la parte conductora, la segunda parte de borde que tiene una pluralidad de fibras no conductoras orientadas en la primera dirección y ninguna fibra conductora orientada en la primera dirección.
- 45 11. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de la reivindicación 10, en donde la segunda parte de borde tiene un ancho perpendicular a la primera dirección, el ancho de la segunda parte de borde que es de al menos 5 milímetros.
12. La tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador de cualquier reivindicación anterior, en donde el material de tejido de fibra está tejido o cosido.

13. Una pala de rotor de aerogenerador que incluye al menos una tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador según cualquier reivindicación anterior.

14. Un método de fabricación de una tapa de larguero de pala de rotor de aerogenerador, que comprende:

5 proporcionar una pluralidad de capas de material conductor, cada capa que tiene una longitud a lo largo de una longitud de la tapa de larguero en una primera dirección;

colocar una capa intermedia entre capas adyacentes del material conductor para formar una pila, la capa intermedia que incluye un material de tejido de fibra que tiene:

un primer borde que se extiende en la primera dirección;

una parte conductora que tiene fibras conductoras orientadas en la primera dirección,

10 una primera parte de borde entre el primer borde y la parte conductora, la primera parte de borde que tiene una pluralidad de fibras no conductoras orientadas en la primera dirección y ninguna fibra conductora orientada en la primera dirección; y

fibras cruzadas orientadas para cruzarse con las fibras conductoras y las fibras no conductoras;

15 acoplar eléctricamente la capa intermedia a las capas adyacentes de material conductor para unir equipotencialmente las capas adyacentes del material conductor a través de la parte conductora de la capa intermedia; y

curar la pila para unir mecánicamente la capa intermedia a las capas adyacentes del material conductor.

15. Un material de tejido de fibra para una tapa de larguero de pala de aerogenerador, el material de tejido de fibra que tiene:

20 una longitud en una primera dirección,

un ancho perpendicular a la longitud, el ancho que es más corto que la longitud,

un primer borde que se extiende en la primera dirección,

una parte conductora que tiene fibras conductoras orientadas en la primera dirección,

25 una primera parte de borde entre el primer borde y la parte conductora, la primera parte de borde que tiene una pluralidad de fibras no conductoras orientadas en la primera dirección y ninguna fibra conductora orientada en la primera dirección, y

fibras cruzadas orientadas para cruzarse con las fibras conductoras y las fibras no conductoras.

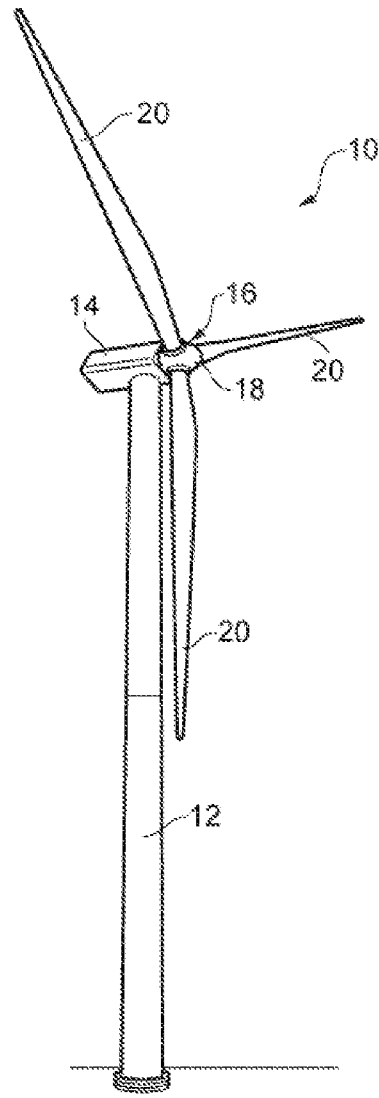


FIG. 1

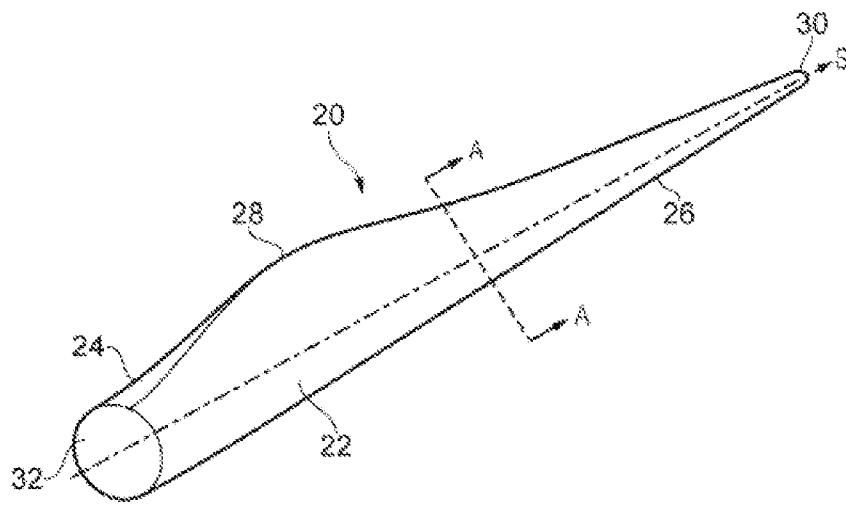


FIG. 2

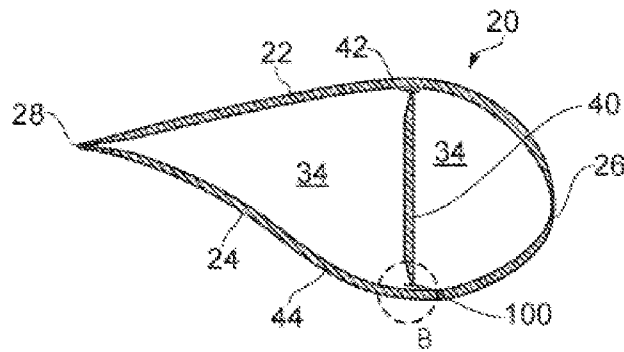


FIG. 3

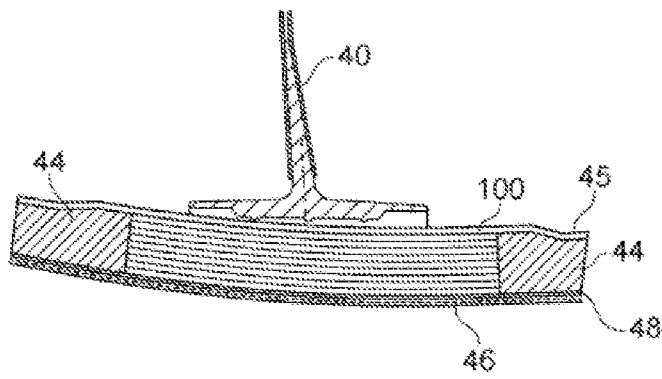


FIG. 4

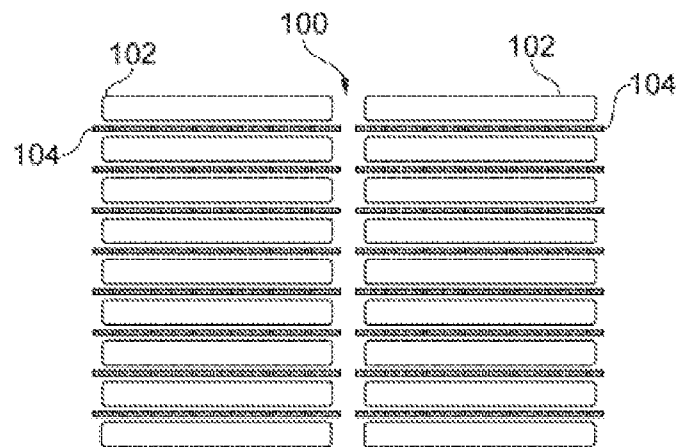


FIG. 5

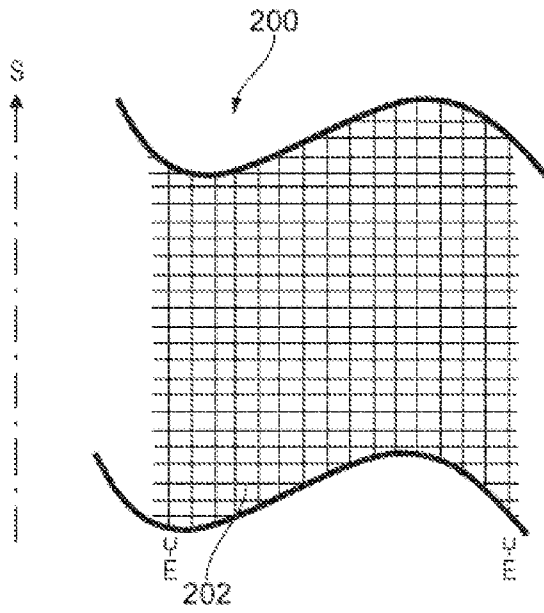


FIG. 6a

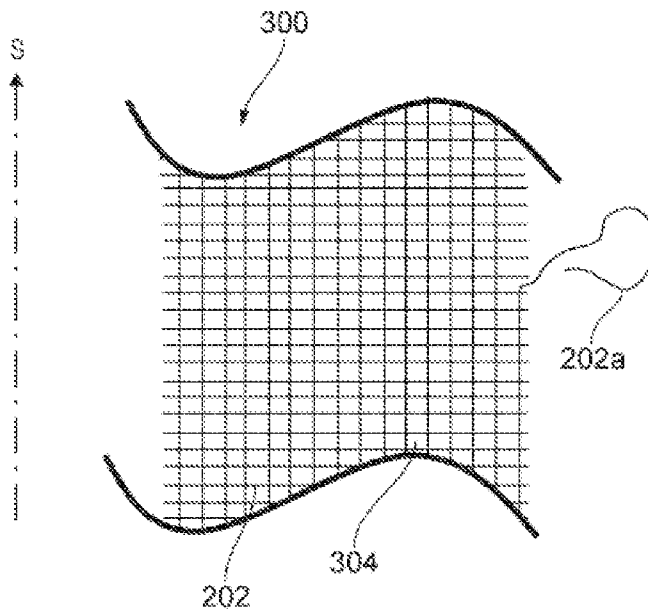


FIG. 6b

