

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 972 447**

51 Int. Cl.:

B29D 99/00 (2010.01)
F03D 1/06 (2006.01)
F03D 13/00 (2006.01)
D04H 3/004 (2012.01)
B29C 70/20 (2006.01)
B32B 5/26 (2006.01)
B32B 5/06 (2006.01)
B29B 11/16 (2006.01)
B29C 70/88 (2006.01)
F03D 80/30 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.07.2014 PCT/EP2014/065713**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **29.01.2015 WO15011137**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.07.2014 E 14752572 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.11.2023 EP 3024645**

54 Título: **Un procedimiento de fabricación de al menos parte de una pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

26.07.2013 EP 13178126

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.06.2024

73 Titular/es:

**LM WIND POWER A/S (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**KOEFOED, MICHAEL SCHØLEARTH;
SØRENSEN, FLEMMING KIEL;
RASMUSSEN, KIM ANSHOLM;
JESPERSEN, KLAVS y
OLESEN, MORTEN**

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 972 447 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

Un procedimiento de fabricación de al menos parte de una pala de turbina eólica

5 **Campo de la invención**

[0001] La presente invención se refiere a la fabricación de al menos parte de una pala de turbina eólica así como una parte de una pala de turbina eólica fabricada de acuerdo con el procedimiento.

10 **Antecedentes de la invención**

15 [0002] Los artículos compuestos de fibra, tales como palas de turbinas eólicas, en general se forman por la colocación inicial de varias capas de fibras en un molde conformado, infundiéndose posteriormente las fibras con una resina que se cura. En consecuencia, esto forma una estructura de capas de fibras suspendidas en una matriz de resina curada. Dichos procedimientos de fabricación dan como resultado estructuras que son relativamente ligeras y estructuralmente fuertes. La selección de las fibras particulares usadas en la fabricación puede determinar el rendimiento estructural final del artículo.

20 [0003] Tradicionalmente, se han usado fibras de vidrio en la fabricación de compuestos de fibra, pero el uso de fibras de carbono para la fabricación de palas de turbinas eólicas es de creciente interés, debido a la rigidez incrementada de las fibras de carbono en comparación con las fibras de vidrio. Sin embargo, las fibras de carbono son considerablemente más costosas que las fibras de vidrio.

25 [0004] La patente de EE. UU. n.º 7.758.313 divulga un procedimiento de fabricación de una tapa de larguero para una pala de turbina eólica, donde la tapa de larguero se forma a partir de una mezcla de fibras de carbono y vidrio, proporcionando, de este modo, un efecto híbrido de rigidez de componente incrementada, con un coste reducido en comparación con una pala de carbono puro.

30 [0005] El documento US 7.758.313 divulga un primer modo de realización en el que se mezclan uniformemente fibras de vidrio y fibras de carbono dentro de una matriz común. Este enfoque presenta considerables dificultades de fabricación, ya que la distribución uniforme exacta de las fibras de carbono y vidrio requiere el uso de equipos de manipulación precisos para situar las fibras para garantizar un control de proceso adecuado.

35 [0006] El documento US 7.758.313 divulga un segundo modo de realización en el que capas de fibras de vidrio y capas de fibras de carbono se colocan de forma alterna en un molde y, a continuación, se infunden con un material de matriz. Este enfoque da como resultado un suministro de material más fácil que el primer modo de realización. Sin embargo, la aplicación de capas de dos materiales diferentes en el molde requiere el uso de dos máquinas aplicadoras separadas, o al menos dos procedimientos de aplicación separados durante el proceso de fabricación, recibiendo las capas de fuentes de material separadas, incrementando, de este modo, el tiempo y/o el gasto implicados en el proceso de fabricación.

40 [0007] Con referencia a la fig. 5, también es conocido proporcionar un material híbrido "en hilos" 100, en el que la capa de material 100 se proporciona por un conjunto de hebras de fibra de vidrio 102, con haces de filamentos de fibra de carbono 104 situados en localizaciones espaciadas dentro del conjunto entre las hebras de fibra de vidrio 102. Si bien dichas construcciones funcionan de forma relativamente adecuada, se deben tomar medidas adicionales para garantizar la igualdad de potencial de las fibras de carbono conductoras localizadas en el material, así como que introducen complicaciones adicionales en los procesos de manipulación y fabricación.

45 [0008] El documento US 2012/0177872 divulga diversos modos de realización para módulos sublaminaados que comprenden capas individuales. En un modo de realización, un primer hilo comprende fibras de carbono y un segundo hilo comprende fibras de vidrio. El documento WO 2012/075282 divulga diversos modos de realización para un artículo que comprende una pluralidad de fibras de al menos aproximadamente 1 micrómetro y una pluralidad de nanoestructuras alargadas dispuestas para formar una estructura cohesiva. El documento EP 0 436 391 A2 divulga un material preimpregnado híbrido que comprende fibras de carbono de refuerzo y fibras foráneas de un diámetro menor que las fibras de carbono.

50 [0009] Un objetivo de la invención es proporcionar un material para la fabricación de un artículo compuesto de fibra, en particular una pala de turbina eólica, que elimine los problemas anteriores y proporcione facilidad de fabricación del propio material y del artículo.

60 **Breve explicación de la invención**

65 [0010] En un aspecto que no se reivindica, se proporciona una estera de material híbrido para su uso en la fabricación de un artículo compuesto de fibra tal como una pala de turbina eólica, comprendiendo la estera de material híbrido una pluralidad de hebras de fibra de vidrio proporcionadas sobre un sustrato de fibra de carbono. Las hebras de fibra de vidrio se proporcionan en un primer lado de dicha estera de material híbrido, y dicho sustrato

de fibra de carbono se proporciona en un segundo lado de dicha estera de material híbrido, en el que al menos un haz de filamentos de fibra de carbono se sitúa entre dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio en la parte superior de dicho sustrato de fibra de carbono, proporcionando dicho al menos un haz de filamentos de fibra de carbono una potencial igualación entre dicho primer lado y dicho segundo lado de dicha estera de material híbrido.

5

[0011] Al proporcionar una única estera o capa de material que tiene una combinación de fibras de vidrio y de carbono, esto permite facilidad de manipulación y colocación para la fabricación de artículos compuestos de fibra. Una disposición de este tipo de hebras de fibra de vidrio sobre un sustrato de fibra de carbono proporciona un rendimiento mejorado con respecto a la técnica anterior, mostrando las pruebas que la estructura anterior proporciona una resistencia a la compresión de un 140 %, en comparación con el rendimiento de los materiales híbridos en hilos tradicionales. Además, el suministro de las hebras de fibra de vidrio en la parte superior de una delgada capa de fibra de carbono permite facilidad de fabricación de la estera de material.

10

[0012] Se entenderá que la estera de material híbrido se proporciona preferentemente como una estera de fibra seca.

15

[0013] Se entenderá que dicho sustrato de fibra de carbono es una capa plana de fibras de carbono. En un aspecto, dicho sustrato de fibra de carbono está formado por al menos un haz de filamentos de fibra de carbono aplanado o alargado para producir una capa relativamente delgada.

20

[0014] Preferentemente, la estera de material híbrido se proporciona como una capa de material flexible, preferentemente en la que la proporción de espesor del sustrato de fibra de carbono con respecto a la pluralidad de hebras de fibra de vidrio es de aproximadamente 1:10. En un aspecto, el sustrato de fibra de carbono es de aproximadamente 0,1 mm de espesor, teniendo las hebras de fibra de vidrio un espesor o diámetro de aproximadamente 1 mm. La propia estera de material híbrido tiene un espesor de entre aproximadamente 0,9-1,2 mm, preferentemente de aproximadamente 1-1,1 mm.

25

[0015] Preferentemente, dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio se dispone como una serie de hebras paralelas que se extienden longitudinalmente situadas en la parte superior de dicho sustrato de fibra de carbono. Preferentemente, dicho sustrato de fibra de carbono comprende una capa de fibras de carbono que se extienden longitudinalmente.

30

[0016] De acuerdo con la invención reivindicada, dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio se proporciona en un primer lado de dicha estera de material híbrido, y dicho sustrato de fibra de carbono se proporciona en un segundo lado de dicha estera de material híbrido, en el que al menos un haz de filamentos de fibra de carbono se sitúa entre dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio en la parte superior de dicho sustrato de fibra de carbono, proporcionando dicho al menos un haz de filamentos de fibra de carbono una potencial igualación entre dicho primer lado y dicho segundo lado de dicha estera de material híbrido.

35

[0017] Para proporcionar una trayectoria conductora entre los sustratos de fibra de carbono en una pila de dichas esteras híbridas, se sitúa un pequeño número de haces de filamentos de fibra de carbono en la capa de hebras de fibra de vidrio, para proporcionar material conductor en dicho primer lado de dichas esteras.

40

[0018] Preferentemente, al menos un haz de filamentos de fibra de carbono se sitúa entre dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio, de modo que la proporción de hebras de fibra de carbono con respecto a hebras de fibra de vidrio en dicha estera de material híbrido esté entre aproximadamente 1:50 - 1:100, preferentemente aproximadamente de 1:80.

45

[0019] En un modo de realización, se proporciona un haz de filamentos de fibra de carbono que tiene un diámetro o espesor de aproximadamente 1-2 mm por aproximadamente cada 80 mm de hebras de fibra de vidrio.

50

[0020] Preferentemente, dicha estera de material híbrido se proporciona como un rollo de material de tejido flexible.

55

[0021] Proporcionar las esteras de material como material flexible permite que el material híbrido se almacene como rollos de material de tejido, para facilidad de manipulación y almacenamiento.

[0022] Preferentemente, dicha estera de material híbrido comprende además un material de costura, cosida dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio a dicho sustrato de fibra de carbono usando dicho material de costura.

60

[0023] El material de costura puede ser cualquier material de fibra adecuado, usado para retener las hebras de fibra de vidrio y dicho sustrato de fibra de carbono en una única estera.

60

[0024] En otro aspecto que no se reivindica, también se proporciona un procedimiento de fabricación de una estera de material híbrido, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

65

comprimir al menos un haz de filamentos de fibra de carbono para formar un sustrato de fibra de carbono aplanado; y

5 unir una pluralidad de hebras de fibra de vidrio a dicho sustrato de fibra de carbono para formar una estera de material híbrido.

[0025] La estructura de la estera de material híbrido permite facilidad de fabricación de la propia estera, formándose a partir de una etapa de proceso relativamente simple para la unión de las hebras de fibra de vidrio al sustrato de fibra de carbono.

10 [0026] Preferentemente, dicha etapa de unión comprende coser dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio a dicho sustrato de fibra de carbono.

15 [0027] Preferentemente, dicha etapa de compresión comprende dividir dicho al menos un haz de filamentos de fibra de carbono en una pluralidad de porciones de haz de filamentos separadas, y aplanar dicha pluralidad de porciones de haz de filamentos separadas para formar una capa de sustrato aplanada.

[0028] En un aspecto adicional, se proporciona además un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 de fabricación de al menos parte de una pala de turbina eólica.

20 [0029] Preferentemente, dicha etapa de disposición comprende situar una pluralidad de esteras de material híbrido de modo que una pluralidad de dichas esteras de material híbrido se superpongan al menos parcialmente en una pila.

25 [0030] De acuerdo con la invención reivindicada, el procedimiento comprende la etapa de proporcionar dicha estera de material híbrido que tiene al menos un haz de filamentos de fibra de carbono situado entre dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio sobre dicho sustrato de fibra de carbono, en el que dicho al menos un haz de filamentos de fibra de carbono proporciona una potencial igualación entre dicho primer lado y dicho segundo lado de dicha estera de material híbrido.

30 [0031] En un aspecto adicional, dicha etapa de disposición comprende:

situar dicha pluralidad de dichas esteras de material híbrido en dicho molde, en la que dicho primer lado de dichas esteras de material híbrido está dispuesto boca abajo en el molde;

35 disponer dicha pila de esteras de material híbrido al menos parcialmente superpuestas en la que, en un borde de dicha pila, los puntos de extremo de una pluralidad de esteras en dicha pila están escalonados de modo que al menos una porción de dicho segundo lado de la pluralidad de esteras en dicha pila está expuesta; y

40 situar un material conductor en el borde de dicha pila, extendiéndose dicho material conductor entre las porciones expuestas de dicha pluralidad de esteras en dicha pila, de modo que dicho material conductor proporcione una potencial igualación entre dicha pluralidad de esteras de material híbrido en dicha pila.

45 [0032] Como enfoque adicional para proporcionar una igualación de potencial de las capas de las esteras de material híbrido, las esteras se pueden situar para presentar una porción de cada sustrato de fibra de carbono presente en la pila de esteras. A continuación, dichas porciones se pueden acoplar entre sí de forma conductora para proporcionar una igualación del potencial entre cada sustrato.

50 [0033] Preferentemente, dicho material conductor se proporciona como una capa de material de fibra de carbono. Adicionalmente o de forma alternativa, dicho material conductor puede comprender un conductor metálico.

55 [0034] Preferentemente, dichas esteras de material híbrido están provistas de una orientación de fibra primaria, y en las que dicha etapa de disponer dichas esteras de material híbrido en dicho molde comprende alinear las esteras de modo que la orientación de fibra primaria de dichas esteras sea sustancialmente paralela a la dirección longitudinal de la parte de una pala de turbina eólica.

[0035] Se proporciona además una parte de una pala de turbina eólica fabricada de acuerdo con el procedimiento anterior como se define en la reivindicación 12.

60 Descripción de la invención

[0036] Los modos de realización de la divulgación se describirán ahora, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

65 la fig. 1 muestra una turbina eólica que tiene una pluralidad de palas de turbina eólica;

la fig. 2 muestra una vista en perspectiva de una pala de la turbina eólica de la fig. 1;

la fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil de perfil alar de la pala de la fig. 2;

5 la fig. 4 muestra una vista esquemática de la pala de turbina eólica de la fig. 2, vista desde arriba y desde el lado;

la fig. 5 muestra una capa de material híbrido de la técnica anterior;

10 la fig. 6 muestra una estera de material híbrido de acuerdo con un primer modo de realización, que no está cubierto por la invención;

la fig. 7 muestra una estera de material híbrido de acuerdo con un segundo modo de realización de la invención;

15 la fig. 8 muestra una vista en sección transversal de una pila de esteras de material híbrido del modo de realización de la fig. 7;

20 la fig. 9 muestra una vista en sección transversal de una pila de esteras de material híbrido en una disposición para igualación de potencial.

[0037] Se entenderá que los elementos comunes a los diferentes modos de realización de la divulgación se han provisto de los mismos números de referencia en los dibujos.

25 **[0038]** La fig. 1 ilustra una turbina eólica a barlovento moderna convencional 2 de acuerdo con el llamado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, teniendo cada una una raíz de pala 16 más cercana al buje y una punta de pala 14 más alejada del buje 8.

30 **[0039]** La fig. 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica 10. La pala de turbina eólica 10 tiene la conformación de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región de raíz 30 más cercana al buje, una región perfilada o una de perfil alar 34 más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de raíz 30 y la región de perfil alar 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde de salida 20 orientado hacia la dirección opuesta del borde de ataque 18.

35 **[0040]** La región de perfil alar 34 (también denominada región perfilada) tiene una conformación de pala ideal o casi ideal con respecto a generar sustentación, mientras que la región de raíz 30 debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que, por ejemplo, hace más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de raíz 30 es típicamente constante a lo largo de toda el área de raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición que cambia gradualmente de la conformación circular o elíptica 40 de la región de raíz 30 al perfil de perfil alar 50 de la región de perfil alar 34. La longitud de cuerda de la región de transición 32 se incrementa típicamente de forma sustancialmente lineal con el incremento de la distancia r desde el buje.

45 **[0041]** La región de perfil alar 34 tiene un perfil de perfil alar 50, fig. 3, con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde de salida 20 de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye con el incremento de la distancia r desde el buje.

50 **[0042]** Cabe destacar que las cuerdas de diferentes secciones de la pala habitualmente no se encuentran en un plano común, puesto que la pala puede estar torsionada y/o curvada (es decir, precurvada), proporcionando, por tanto, el plano de cuerda con un curso correspondientemente torsionado y/o curvado, siendo este el caso más a menudo para compensar que la velocidad local de la pala dependa del radio del buje.

55 **[0043]** La fig. 3 muestra una vista esquemática de un perfil de perfil alar 50 de una pala típica de una turbina eólica representada con los diversos parámetros, que se usan típicamente para definir la conformación geométrica de un perfil alar. El perfil de perfil alar 50 tiene un lado de presión 52 y un lado de succión 54, que durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor, habitualmente se orientan hacia el lado contra el viento (o a barlovento) y el lado a favor del viento (o a sotavento), respectivamente. El perfil alar 50 tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda c que se extiende entre un borde de ataque 56 y un borde de salida 58 de la pala. El perfil alar 50 tiene un grosor t , que se define como la distancia entre el lado de presión 52 y el lado de succión 54. El espesor t del perfil alar varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico viene dada por una línea de curvatura 62, que es una línea mediana a través del perfil de perfil alar 50. La línea mediana se puede encontrar dibujando círculos inscritos desde el borde de ataque 56 hasta el borde de salida 58. La línea mediana sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia desde la cuerda 60 se denomina curvatura f . La asimetría también se puede definir por el uso de parámetros denominados curvatura superior (o curvatura del lado de succión) y

curvatura inferior (o curvatura del lado de presión), que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado de succión 54 y el lado de presión 52, respectivamente.

[0044] Los perfiles de perfil alar se caracterizan a menudo por los siguientes parámetros: la longitud de cuerda c , la curvatura máxima f , la posición d_f de la curvatura máxima f , el espesor de perfil alar máximo t , que es el diámetro más grande de los círculos inscritos a lo largo de la línea de curvatura mediana 62, la posición d_t del espesor máximo t y un radio de nariz (no mostrado). Estos parámetros se definen típicamente como proporciones con respecto a la longitud de cuerda c . Por tanto, un espesor de pala relativo local t/c viene dado como la proporción entre el máximo espesor local t y la longitud de cuerda local c . Además, la posición d_p de la máxima curvatura de lado de presión se puede usar como parámetro de diseño y, por supuesto, también la posición de la máxima curvatura de lado de succión.

[0045] La fig. 4 muestra algunos otros parámetros geométricos de la pala. La pala tiene una longitud de pala total L . Como se muestra en la fig. 2, el extremo de raíz está localizado en la posición $r = 0$, y el extremo de punta está localizado en $r = L$. El hombro 40 de la pala está localizado en una posición $r = L_w$, y tiene un ancho de hombro W , que es igual a la longitud de cuerda en el hombro 40. El diámetro de la raíz se define como D . Además, la pala está provista de una precurvatura, que se define como Δy , que corresponde a la deflexión fuera del plano desde un eje de *pitch* 22 de la pala.

[0046] La pala de turbina eólica 10, en general, comprende una concha hecha con polímero reforzado con fibra y, típicamente, se hace como un lado de presión o parte de concha a barlovento 24 y un lateral de succión o parte de concha a sotavento 26 que se pegan entre sí a lo largo de las líneas de adhesión 28 que se extienden a lo largo del borde de salida 20 y el borde de ataque 18 de la pala 10. Las palas de turbina eólica se forman, en general, a partir de material de plástico reforzado con fibra, por ejemplo, fibras de vidrio y/o fibras de carbono que se disponen en un molde y se curan con una resina para formar una estructura sólida. Las palas de turbina eólica modernas a menudo pueden tener más de 30 o 40 metros de longitud, teniendo diámetros de raíz de pala de varios metros. Las palas de turbina eólica se diseñan, en general, para una vida útil relativamente larga y para soportar cargas estructurales y dinámicas considerables.

[0047] Con referencia a la fig. 6, en 110 se ilustra un modo de realización, que no está de acuerdo con la invención reivindicada, de una estera de material híbrido de acuerdo con un modo de realización de la divulgación. La estera de material 110 comprende una pluralidad de hebras de fibra de vidrio 112 que se proporcionan sobre un sustrato delgado 114 de fibra de carbono. Las hebras de fibra de vidrio 112 se disponen en un primer lado 110a de dicha estera de material híbrido 110 y dicho sustrato de fibra de carbono 114 se dispone en un segundo lado 110b de dicha estera de material híbrido 110. Se entenderá que la estera de material híbrido se proporciona preferentemente como una estera de fibra seca.

[0048] Al proporcionar las fibras de carbono como una delgada subcapa de material 114, sobre la que se pueden localizar las hebras de fibra de vidrio 112, la estera 110 combina las propiedades ventajosas de las fibras tanto de vidrio como de carbono en una única capa de material que se fabrica fácilmente, mientras que se equilibra el coste total de los materiales usados en la fabricación de componentes. Las pruebas de laboratorio han demostrado que la estructura anterior proporciona una resistencia a la compresión de un 140 %, en comparación con las esteras de material híbrido en hilos conocidas. Además, proporcionar las fibras de vidrio y las fibras de carbono como parte de una única capa de tejido permite una colocación y fabricación más fáciles de artículos compuestos de fibra.

[0049] Con referencia a la fig. 7, en 111 se ilustra otro modo de realización de una estera de material híbrido de acuerdo con la invención. En este modo de realización, al menos un haz de filamentos de fibra de carbono 116 está localizado entre las hebras de fibra de vidrio 112 de la estera 111, el haz de filamentos de fibra de carbono 116 en contacto conductor con el sustrato de fibra de carbono subyacente 114. La presencia del haz de filamentos de fibra de carbono 116 dentro de la subcapa de hebras de fibra de vidrio 112 permite la igualación de potencial a través de la estera 111, entre el sustrato de fibra de carbono 114 localizado en el segundo lado 111b de la estera 111 y la superficie expuesta del al menos un haz de filamentos de fibra de carbono 116 localizado en el primer lado 111a de la estera 111.

[0050] Se entenderá que el al menos un haz de filamentos de fibra de carbono 116 puede estar distribuido uniformemente dentro de la subcapa de hebras de fibra de vidrio 112. En un aspecto, la proporción de los haces de filamentos de fibra de carbono con respecto a las hebras de fibra de vidrio en dicha estera de material híbrido está entre aproximadamente 1:50 - 1:100, preferentemente de aproximadamente 1:80. Por ejemplo, cuando dichas hebras y haces de filamentos son de aproximadamente 1 mm de diámetro, por cada 80 mm a lo largo del ancho de la estera 111, se sitúa un haz de filamentos de fibra de carbono entre las hebras de fibra de vidrio.

[0051] Preferentemente, las hebras de fibra de vidrio 112, y posiblemente los haces de filamentos de fibra de carbono 116, tienen un diámetro de aproximadamente 1 mm. Preferentemente, el sustrato de fibra de carbono 114 tiene un espesor de aproximadamente 0,1 mm.

[0052] Para formar el sustrato de fibra de carbono 114, preferentemente al menos un haz de filamentos de fibra de carbono (no mostrado) se comprime o aplanar para formar una subcapa relativamente delgada. El haz de filamentos de fibra de carbono se puede proporcionar teniendo una sección transversal sustancialmente circular de aproximadamente 1-2 mm de diámetro, que se puede comprimir en una subcapa plana que tiene un espesor de aproximadamente 0,1 mm y un ancho de aproximadamente 30 mm. En un aspecto, el al menos un haz de filamentos de fibra de carbono se puede dividir en una pluralidad de porciones de haz de filamentos separadas y, posteriormente, aplanar o distribuir dicha pluralidad de porciones de haz de filamentos separadas para formar una capa de sustrato aplanada o plana 114. Las hebras de fibra de vidrio 112 y, posiblemente, al menos un haz de filamentos de fibra de carbono 116, se unen a continuación al sustrato de fibra de carbono 114 usando cualquier procedimiento adecuado, preferentemente cosiendo las hebras y los haces de filamentos al sustrato usando un material de costura.

[0053] En un aspecto, la estera de material híbrido 110, 111 está dispuesta de modo que la estera comprende entre aproximadamente un 20-40 % en volumen de fibras de carbono, preferentemente aproximadamente un 36 %.

[0054] La estera de material híbrido 110, 110 se puede usar a continuación en la fabricación de una parte para una pala de turbina eólica, colocando una pluralidad de dichas esteras 110, 111 en un molde e infundiendo dicha pluralidad de esteras 110, 111 con una resina curable para formar dicho artículo. En el caso de una pala de turbina eólica, las esteras de material híbrido 110, 111 se pueden usar para la fabricación de toda la concha de una pala de turbina eólica, o se pueden usar en la fabricación de partes componentes de una pala de este tipo, por ejemplo, como laminado estructural o tapa de larguero de una pala de turbina eólica.

[0055] En muchos componentes para uso en exteriores, y en palas de turbina eólica en particular, la prevención de daños por rayos es una preocupación principal en la fabricación y uso de dichos componentes. En general, esto implica la incorporación de receptores de rayos y conductores de bajada en el propio componente, para proporcionar una trayectoria segura a través de los conductores de bajada hasta tierra en caso de que caiga un rayo sobre el componente. Sin embargo, cuando dichos componentes comprenden materiales conductores en su composición, es extremadamente importante que todos esos materiales estén igualados potencialmente con el circuito conductor de bajada del rayo, para evitar la posible aparición de descargas eléctricas o chispas en caso de que caiga un rayo sobre el componente.

[0056] Con referencia a la fig. 8, se muestra una primera configuración de una pluralidad de esteras de material híbrido 111, en una disposición para facilitar la igualación de potencial entre las esteras individuales 111. En esta configuración, una pluralidad del segundo modo de realización de esteras 111 está dispuesta en una pila dentro de un artículo, en el que los haces de filamentos de fibra de carbono 116 de cada estera de material híbrido 111 proporcionan una trayectoria conductora entre los sustratos de fibra de carbono 114 de cada estera 111, garantizando, de este modo, que los elementos de fibra de carbono conductores en la pila se mantengan al mismo potencial eléctrico. En consecuencia, la base de la pila o cualquiera de las subcapas de sustrato de carbono se puede acoplar de forma conductora a un sistema de protección contra rayos adecuado del artículo, de modo que se reduzca el riesgo de una descarga eléctrica entre diferentes elementos conductores del artículo.

[0057] Se entenderá que la disposición mostrada en la fig. 8 que proporciona que los haces de filamentos de fibra de carbono 116 en la pila estén en alineación vertical es puramente ilustrativa, y que las esteras 111 de la pila se pueden disponer en cualquier orientación en capas, por ejemplo, en la que los haces de filamentos de fibra de carbono 116 estén ubicados en una disposición sustancialmente aleatoria entre los sustratos de fibra de carbono 114 de cada estera 111 en la pila.

[0058] En la fig. 9, se muestra una configuración adicional de una pluralidad de esteras de material híbrido 110, en una disposición para facilitar la igualación de potencial entre las esteras individuales 110. En esta disposición, las esteras 110 se proporcionan en una pila 118, de modo que el primer lado 110a de la estera 110 está orientado hacia abajo, con la siguiente estera 110 en la pila 118 puesta en la parte superior del segundo lado 110b de la estera precedente 110. Las esteras 110 están dispuestas de modo que los bordes de las esteras sucesivas 110 en la pila 118 estén escalonados, en los que una porción del sustrato de fibra de carbono 114 proporcionado en el segundo lado 110b de cada estera 110 en la pila 118 está expuesta en el borde de la pila 118.

[0059] Un material conductor 120 se sitúa en el borde de la pila 118, de modo que el material conductor 120 cubre al menos parcialmente y hace contacto con las porciones expuestas de los sustratos de fibra de carbono 114 en la pila 118. De esta manera, se proporciona fácilmente una trayectoria conductora entre los diferentes sustratos de fibra de carbono 114 presentes en la pila 118, que, a continuación, se puede conectar fácilmente a una conexión a tierra adecuada de un sistema de protección contra rayos.

[0060] El material conductor 120 puede comprender cualquier elemento conductor adecuado que pueda establecer una conexión conductora entre los sustratos de fibra de carbono 114. En un aspecto, el material conductor 120 puede comprender una capa de material de fibra de carbono acomodada sobre el borde de la pila 118, manteniéndose el material de fibra de carbono en contacto con las porciones expuestas de los sustratos de

fibra de carbono 114. En un aspecto alternativo, el material conductor puede comprender un elemento metálico adecuado para su unión o colocación en el lado de la pila. 118.

5 **[0061]** En la fig. 9, las esteras 110 están dispuestas en una configuración de escalera o escalonada en el borde de la pila 118, pero se entenderá que las esteras 110 se pueden disponer en cualquier configuración adecuada que permita el acceso a los sustratos de fibra de carbono 114 contenidos en la pila 118. Además, se entenderá que la disposición de esteras 110 mostrada en la fig. 9 se usa además de la configuración mostrada en la fig. 8 con las esteras 111 del segundo modo de realización de la invención.

10 **[0062]** Se entenderá que el término hebras en la descripción anterior se puede usar para referirse a hebras de fibra únicas o haces de hebras de fibra. Se puede entender que una hebra única es un haz de fibras individuales. Cuando se usan haces de hebras de fibra, se entenderá que las hebras individuales del haz de hebras pueden tener diferentes dimensiones dependiendo del material usado, por ejemplo, aproximadamente 0,02 mm para hebras de fibra de vidrio y aproximadamente 0,008 mm para hebras de fibra de carbono.

15 **[0063]** El uso de las esteras de material híbrido 110, 111 de acuerdo con la invención proporciona la fabricación de artículos compuestos de fibra y, en particular, palas de turbina eólica, que tienen cualidades estructurales mejoradas combinadas con un coste de componente manejable. Además, la construcción particular de las esteras 110, 111 proporciona facilidad de fabricación de las propias esteras, así como una facilidad mejorada de manipulación de las esteras durante la fabricación de los artículos que comprenden dichas esteras. Además, la construcción de estera puede permitir técnicas de igualación de potencial simples y eficaces para mejorar las cualidades de protección contra rayos del artículo terminado.

20 **[0064]** La invención no se limita al modo de realización descrito en el presente documento y se puede modificar o adaptar sin apartarse del alcance de las reivindicaciones adjuntas.

25

REIVINDICACIONES

- 5
1. Un procedimiento de fabricación de al menos parte de una pala de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento:
- proporcionar una estera de material híbrido (110, 111) que comprende una pluralidad de hebras de fibra de vidrio (112) proporcionadas sobre un sustrato de fibra de carbono (114), dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio (112) dispuestas en un primer lado (110a) de dicha estera de material híbrido (110, 111) y dicho sustrato de fibra de carbono (114) dispuesto en un segundo lado (110b) de dicha estera de material híbrido (110, 111);
- 10
- disponer una pluralidad de dichas esteras de material híbrido (110, 111) en un molde;
- infundir dicha pluralidad de esteras de material híbrido (110, 111) con una resina; y
- 15
- curar dicha resina para formar al menos parte de una pala de turbina eólica,
- caracterizado por que** el procedimiento comprende la etapa de proporcionar dicha estera de material híbrido (110, 111) que tiene al menos un haz de filamentos de fibra de carbono (116) situado entre dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio (112) sobre dicho sustrato de fibra de carbono (114), en el que dicho al menos un haz de filamentos de fibra de carbono proporciona una igualación de potencial eléctrico entre dicho primer lado (110a) y dicho segundo lado (110b) de dicha estera de material híbrido (110, 111).
- 20
2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que dicha estera de material híbrido (110, 111) se proporciona como una estera de fibra seca.
3. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1-2, en el que dicho al menos un haz de filamentos de fibra de carbono (116) se sitúa entre dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio (112), de modo que la proporción de haces de filamentos de fibra de carbono (116) con respecto a hebras de fibra de vidrio (112) en dicha estera de material híbrido (110, 111) está entre aproximadamente 1:50 - 1:100, preferentemente de aproximadamente 1:80.
- 30
4. El procedimiento de una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que dicha etapa de disposición comprende situar una pluralidad de esteras de material híbrido (110, 111) de modo que una pluralidad de dichas esteras de material híbrido (110, 111) se superponga al menos parcialmente en una pila.
- 35
5. El procedimiento de la reivindicación 4, en el que dicha etapa de disposición comprende:
- situar dicha pluralidad de dichas esteras de material híbrido (110, 111) en dicho molde, en el que dicho primer lado (110a) de dichas esteras de material híbrido (110, 111) está dispuesto boca abajo en el molde;
- 40
- disponer dicha pila de esteras (110, 111) superpuestas al menos parcialmente de material híbrido en el que, en un borde de dicha pila, los puntos de extremo de una pluralidad de esteras (110, 111) en dicha pila están escalonados de modo que al menos una porción de dicho segundo lado de la pluralidad de esteras (110, 111) en dicha pila está expuesta; y
- 45
- situar un material conductor en el borde de dicha pila, extendiéndose dicho material conductor entre las porciones expuestas de dicha pluralidad de esteras en dicha pila, de modo que dicho material conductor proporcione una igualación de potencial eléctrico entre dicha pluralidad de esteras (110, 111) de material híbrido en dicha pila, por ejemplo, en el que dicho material conductor se proporciona como al menos una capa de material de fibra de carbono.
- 50
6. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que dicha etapa de proporcionar una estera de material híbrido (110, 111) comprende proporcionar una estera de material híbrido (110, 111) como una capa de material flexible, preferentemente en el que la proporción de espesor del sustrato de fibra de carbono (114) con respecto a la pluralidad de hebras de fibra de vidrio (112) es de aproximadamente 1:10.
- 55
7. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que dicha etapa de proporcionar una estera de material híbrido (110, 111) comprende disponer dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio (112) como una serie de hebras paralelas que se extienden longitudinalmente (112) situadas en la parte superior de dicho sustrato de fibra de carbono (114), y en el que dicho sustrato de fibra de carbono comprende una subcapa de fibras de carbono que se extienden longitudinalmente.
- 60
- 65

8. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que dicha etapa de proporcionar una estera de material híbrido (110, 111) comprende proporcionar un material de costura, cosida dicha pluralidad de hebras de fibra de vidrio (112) a dicho sustrato de fibra de carbono (114) usando dicho material de costura.
- 5 9. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, en el que dicha estera de material híbrido (110, 111) está provista de una orientación de fibra primaria, y en el que dicha etapa de disponer dicha pluralidad de esteras de material híbrido (110, 111) en dicho molde comprende alinear las esteras (110, 111) de modo que la orientación de fibra primaria de dichas esteras (110, 111) sea sustancialmente paralela a la dirección longitudinal de dicha al menos parte de una pala de turbina eólica.
- 10 10. El procedimiento de cualquier reivindicación precedente, la estera de material híbrido (110, 111) se proporciona por las etapas de:
- 15 comprimir al menos un haz de filamentos de fibra de carbono (116) para formar un sustrato de fibra de carbono aplanado (114); y
- unir una pluralidad de hebras de fibra de vidrio (112) a dicho sustrato de fibra de carbono (114) para formar una estera de material híbrido (110, 111).
- 20 11. El procedimiento de la reivindicación 10, en el que dicha etapa de comprimir comprende dividir dicho al menos un haz de filamentos de fibra de carbono (116) en una pluralidad de porciones de haz de filamentos separadas, y aplanar dicha pluralidad de porciones de haz de filamentos separadas para formar una capa de sustrato aplanado (114).
- 25 12. Una parte de una pala de turbina eólica fabricada de acuerdo con el procedimiento como se reivindica en una cualquiera de las reivindicaciones 1-11.
13. Una turbina eólica que comprende al menos una pala de turbina eólica que tiene al menos una parte de acuerdo con la reivindicación 12.

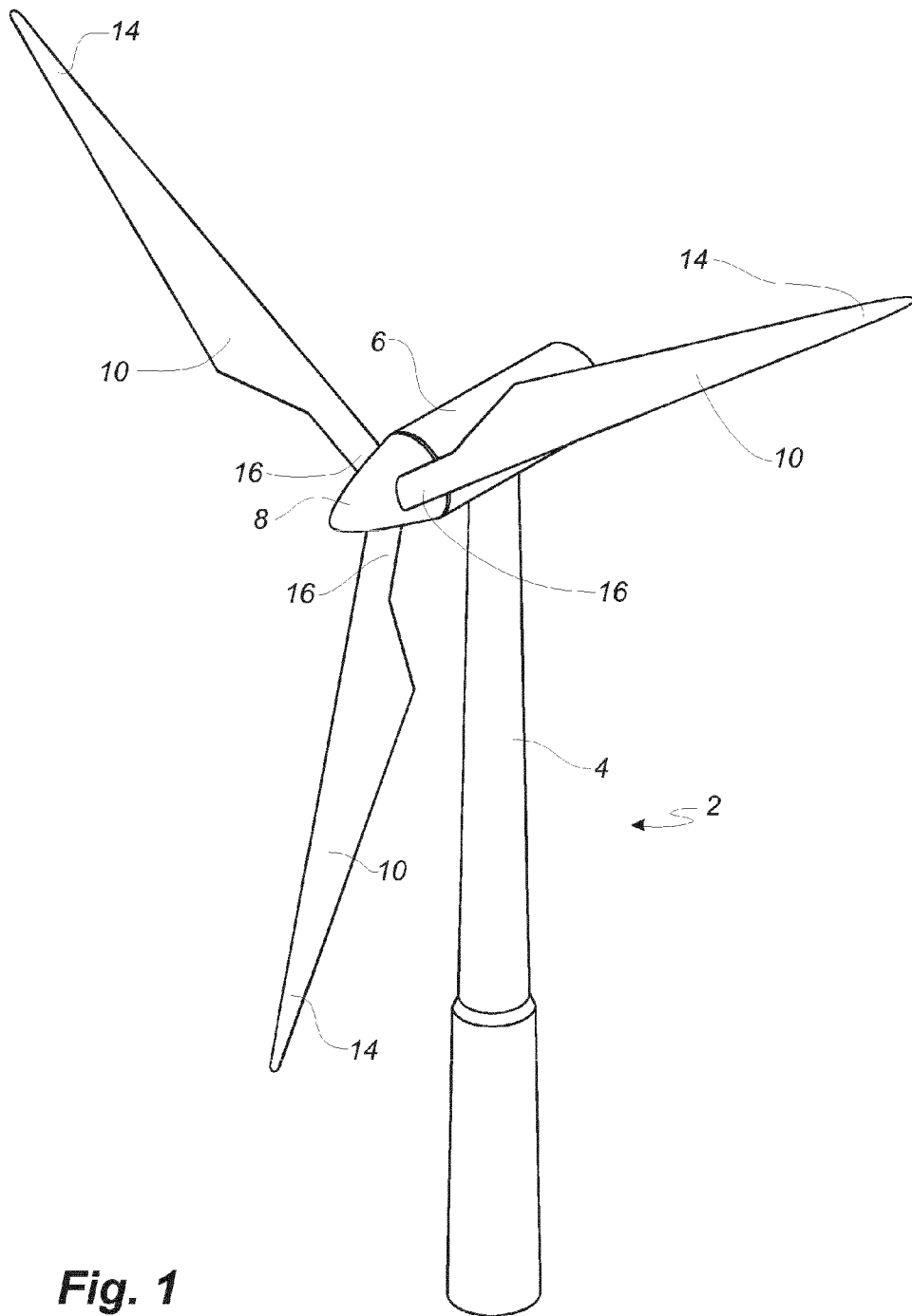


Fig. 1

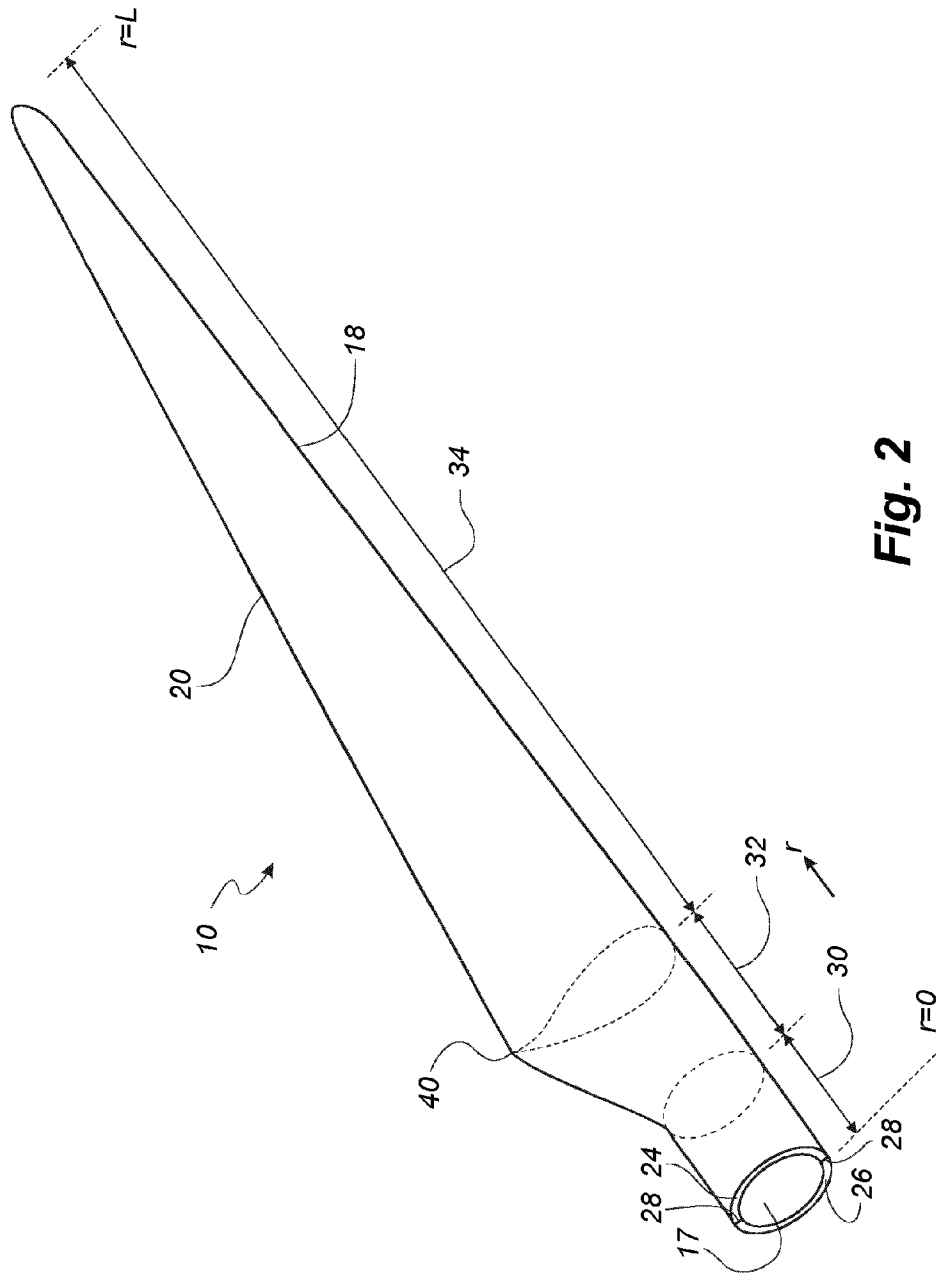


Fig. 2

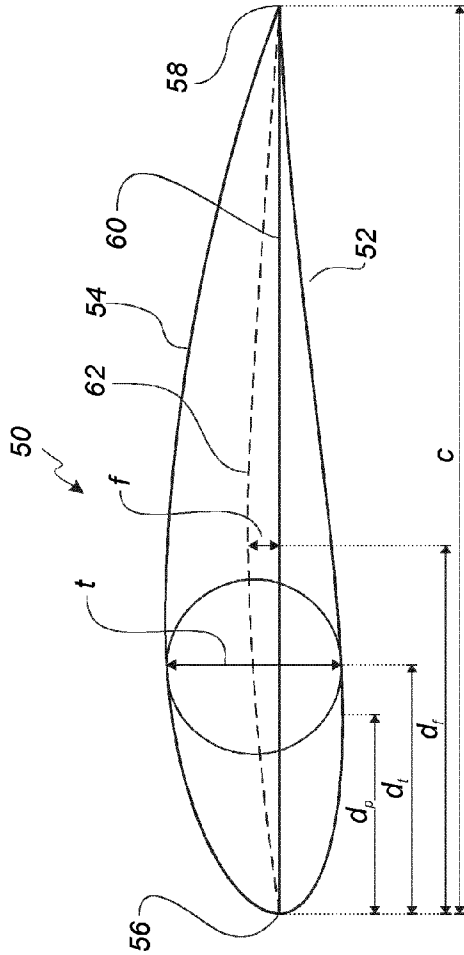


Fig. 3

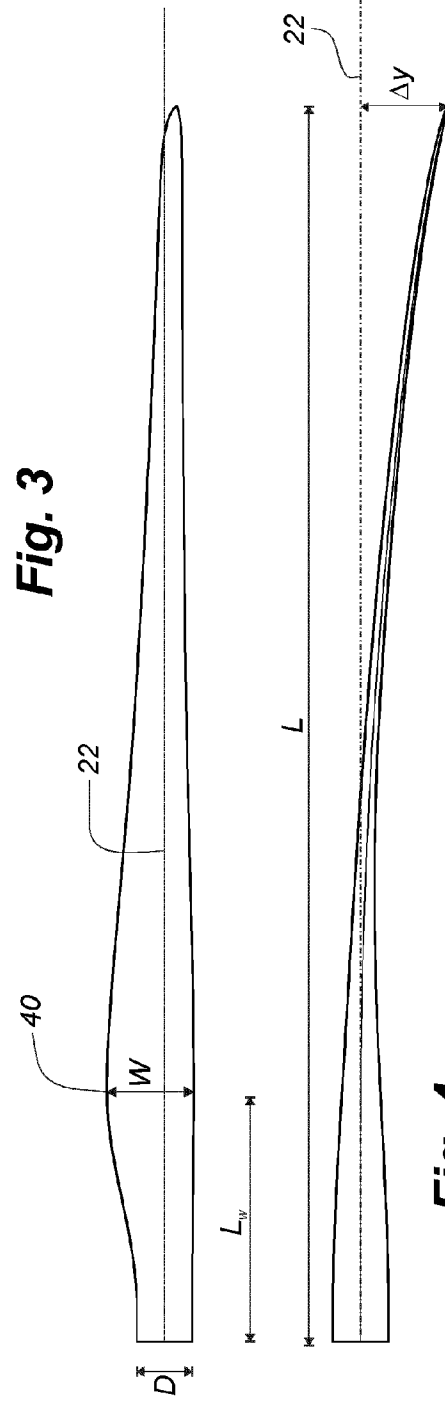


Fig. 4

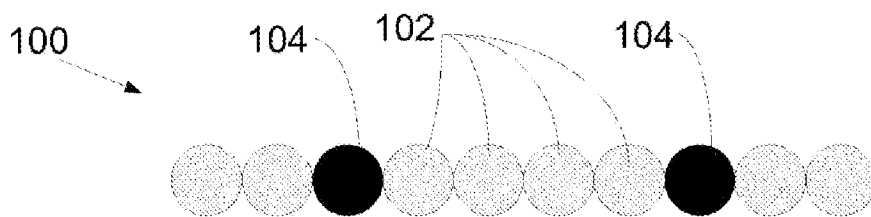


Fig. 5
(Técnica anterior)

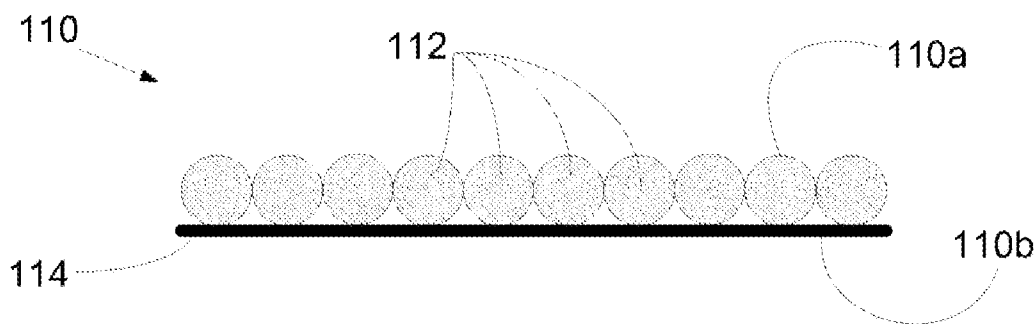


Fig. 6

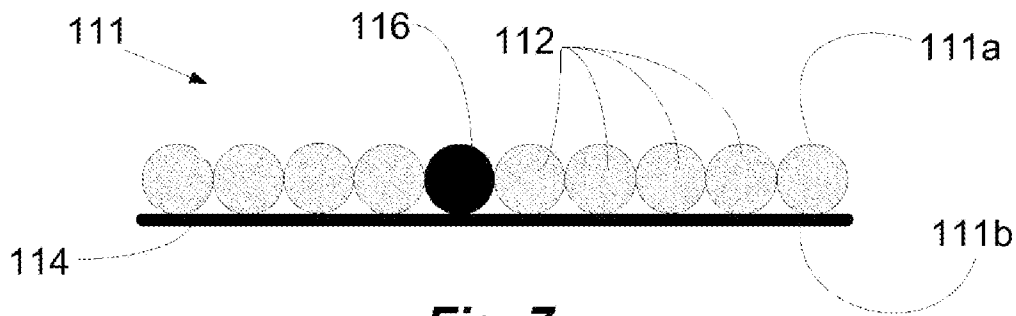


Fig. 7

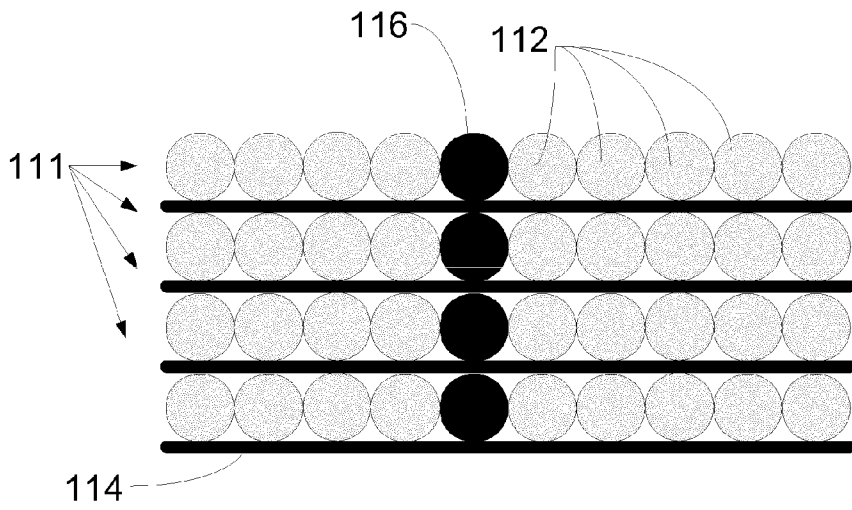


Fig. 8

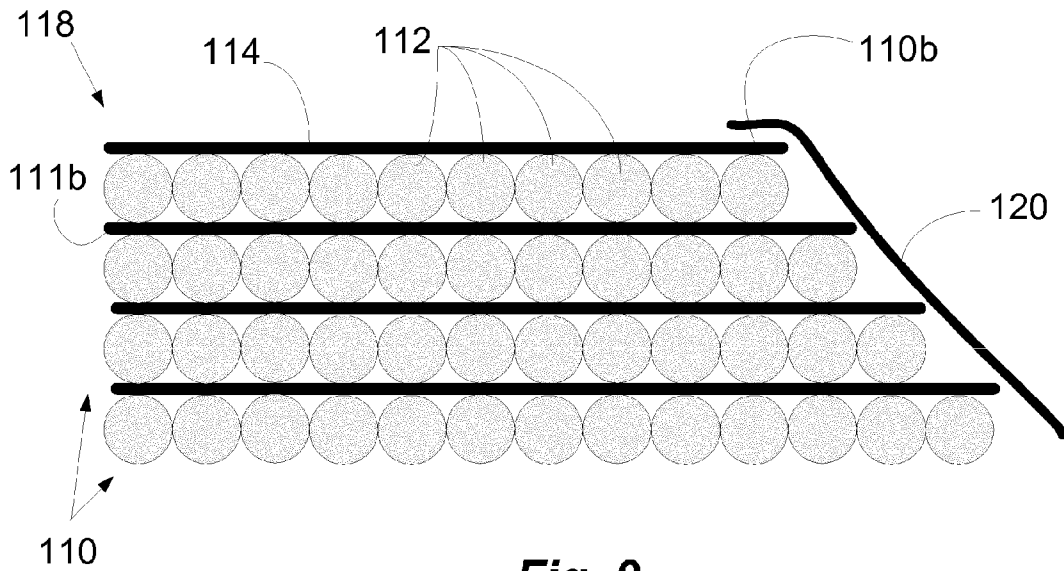


Fig. 9