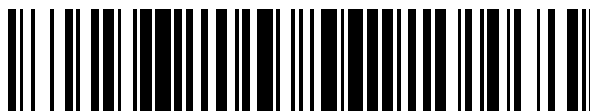


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 598 828**

51 Int. Cl.:

B29L 31/08 (2006.01)

B29C 70/86 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.04.2012 PCT/EP2012/056533**

87 Fecha y número de publicación internacional: **18.10.2012 WO12140049**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2012 E 12714309 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **20.07.2016 EP 2697047**

54 Título: **Pala de turbina eólica que comprende insertos de metal cilíndricos en una región de raíz de la misma**

30 Prioridad:

11.04.2011 EP 11161896

11.04.2011 EP 11161894

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

30.01.2017

73 Titular/es:

LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)

Jupitervej 6

6000 Kolding, DK

72 Inventor/es:

DAHL, MARTIN;

MORTENSEN, BJARNE KRAB y

HORNBLOW, BENJAMIN

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 598 828 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Pala de turbina eólica que comprende insertos de metal cilíndricos en una región de raíz de la misma

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica para un rotor de turbina eólica que comprende un buje del que la pala de turbina eólica se extiende cuando se monta en el buje, la pala de turbina eólica que incluye una estructura de carcasa de un material compuesto reforzado con fibra que comprende fibras embebidas en una matriz de polímero, la pala de turbina eólica que se extiende en dirección longitudinal y que tiene un contorno de perfil que incluye un lado de presión y un lado de succión así como un borde de ataque y un borde de salida, dichos bordes que definen un plano de cuerda entre los mismos, cuando se ve en la dirección longitudinal el contorno de perfil que
10 comprende una región de raíz con una cara del extremo de raíz, una región de superficie aerodinámica y opcionalmente una región de transición entre la región de raíz y la región de superficie aerodinámica, la región de raíz que tiene una sección transversal en forma de anillo con una superficie radialmente exterior y una superficie radialmente interior, la región de raíz que comprende una pluralidad de medios de sujeción alargados dispuestos espaciados mutuamente con el fin de seguir sustancialmente la circunferencia de la región de raíz y permitir acceso desde el exterior a los medios de sujeción que se usan para montar la pala al buje.

Antecedentes de la técnica

Las palas de turbina eólica y de este modo también la región de raíz de la misma a menudo se hacen mediante el ensamblado de dos mitades de pala que corresponden esencialmente al lado de succión y al lado de presión, respectivamente, a lo largo del plano de cuerda. Sin embargo, las palas también pueden moldearse en su totalidad mediante el denominado moldeo hueco.

La región de raíz de una pala conocida comprende capas de fibras que forman una capa exterior y una capa interior entre las que se colocan miembros de sujeción en la forma de cojinetes. Pueden colocarse insertos formados de forma separada entre cada par de cojinetes adyacentes, con lo que los cojinetes se separan mutuamente por los insertos. Los insertos conocidos se hacen de fibras de vidrio embebidas en una resina adecuada.

25 Un problema potencial en conexión con las palas de turbina eólica es la transferencia de carga desde la estructura compuesta de fibra de la región de raíz al buje de la turbina eólica. La conexión y transferencia de cargas desde la pala al buje se proporciona entre otros mediante el montaje de la pala al buje atornillando tornillos en los cojinetes colocados en la raíz o por medio de tuercas atornilladas en espárragos atornillados en los cojinetes. En el que caso en que tenga que incrementarse en número de tornillos y de este modo el número de cojinetes para manejar una
30 carga dada, se reduce el área restante del material compuesto de fibra entre los cojinetes. Esto puede resultar en que la conexión de raíz se soporte insuficientemente para resistir las cargas, con lo que la conexión entre la raíz de pala y el buje puede fallar ya que los cojinetes se retienen insuficientemente en el material compuesto y por lo tanto se salen del material compuesto de la región de raíz. Esto es especialmente un problema cuando deben usarse palas largas y de este modo pesadas.

35 El documento WO 2010/018225 proporciona un método de fabricación de una pala de turbina eólica que comprende un alambre de acero o matriz de polímero reforzada con fibras de acero. Sin embargo, el documento no aborda el problema de como la región de raíz debe diseñarse para resistir cargas extremas en la conexión entre la raíz de pala y el buje.

40 El documento GB 2 472 460 divulga una pala de turbina eólica con una pieza de conexión que tiene una sección en forma de u para encajar en los lados de un laminado de raíz. La pieza de conexión presenta una alternativa a cojinetes unidos o laminados.

El documento DE 196 25 426 divulga un anclaje de roca que comprende un elemento de núcleo hecho de polímero y provisto de roscas exteriores. La parte exterior del anclaje de roca se refuerza con fibras de vidrio. El anclaje es particularmente adecuado para partes no conductivas, no magnéticas y dieléctricas.

45 El documento WO 03/057457 divulga una pala de turbina eólica que comprende cojinetes de extremo de raíz con cuñas provistas en extensión de los cojinetes.

El documento WO 2011/035538 divulga un inserto para una raíz de pala de turbina eólica. El inserto comprende una porción en forma de cuña, que se lamina en el laminado de raíz, y una porción de conexión para encajar el inserto a una montura. La porción de conexión se ubica fuera del laminado de raíz.

50

Divulgación de la invención

Es un objeto de la invención proporcionar una pala de turbina eólica con una región de raíz que supera al menos uno de los inconvenientes de la técnica anterior o al menos proporciona una alternativa útil.

5 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, una pala de turbina eólica del tipo descrito anteriormente está provista de una región de raíz en la que un inserto de metal al menos parcialmente cilíndrico se embebe al menos parcialmente en la región de raíz con el fin de esencialmente seguir la circunferencia de la región de raíz, el inserto de metal parcialmente cilíndrico que tiene un primer extremo, un segundo extremo, una superficie radialmente exterior y una superficie radialmente interior, y en el que la pluralidad de medios de sujeción mutuamente espaciados es accesible en el primer extremo del inserto.

10 Mediante la frase "al menos embebido parcialmente" debe entenderse que una parte longitudinal o el inserto en su totalidad puede embeberse en el material compuesto de la región de raíz. De acuerdo con la invención el inserto se lamina en el material compuesto de la región de raíz entre una capa exterior y una capa interior de polímero reforzado con fibras de la estructura de carcasa. El primer extremo del inserto se dispone en la cara del extremo de raíz de la pala de turbina eólica y la pluralidad de dichos medios de sujeción se forma mediante roscas interiores en una perforación que se extiende en el inserto desde el primer extremo del mismo.

15 Por este medio se alcanza una región de raíz muy rígida, de modo que es posible proporcionar la pala de turbina eólica con un diámetro de raíz más pequeño que las palas conocidas con cojinetes de metal embebidos en material compuesto reforzado con fibra de vidrio. Además, es posible facilitar la fabricación de la pala, puesto que los medios de sujeción pueden proporcionarse en el inserto, antes de que el inserto se embeba en la matriz de polímero reforzada con fibras, sin embargo, también es posible proporcionar los medios de sujeción en el inserto después de que el inserto se ha embebido en la matriz de polímero reforzado con fibras. Adicionalmente, es posible proporcionar los medios de sujeción antes o después del ensamblaje de las dos mitades de pala cuando la pala se produce mediante la conexión de dos mitades de pala.

20 De acuerdo con la invención, el inserto de metal puede ser un medio cilindro, es decir, se extiende sobre 180 grados como se ve en dirección circunferencial.

De esta manera, la invención puede implementarse fácilmente tanto cuando se produce la pala mediante el ensamblado de dos mitades de pala como cuando se produce la pala mediante el denominado moldeo hueco.

25 La pala preferentemente comprende dos insertos medio cilíndricos que se interconectan en las caras finales del mismo por medio de soldadura por resistencia, soldadura blanda, soldadura fuerte o encolado. Sin embargo, las caras finales de los insertos también pueden conectarse mecánicamente, por ejemplo mediante medios mecánicos. De acuerdo con la invención, el inserto puede ser un cilindro completo, es decir, se extiende en 360 grados en dirección circunferencial.

De este modo se elimina la necesidad de conectar dos insertos medio cilíndricos.

30 En una realización, el inserto se ahúsa como se ve en una dirección desde el primer extremo hacia el segundo extremo del mismo.

El inserto se ahúsa al menos sobre una porción de la longitud del mismo, sin embargo, también puede ahusarse sobre una porción longitudinal del mismo. El inserto puede ahusarse continuamente; sin embargo, también puede ahusarse de forma escalonada.

De acuerdo con una realización adicional, la superficie exterior y/o interior del inserto es corrugada.

35 De este modo se obtiene una adherencia mejorada entre el inserto y el polímero del material compuesto reforzado con fibra. Sin embargo se observará que puede usarse cualquier estructura de superficie que mejore dicha adherencia entre el polímero y el inserto.

El inserto puede hacerse de hierro o acero.

40 De acuerdo con una realización adicional, el inserto comprende fibras o alambres de metal fijados firmemente al mismo y se extiende hacia fuera desde el mismo y que se embebe en la matriz de polímero del material compuesto reforzado con fibra.

Por este medio se obtiene una retención mejorada del inserto, ya que tanto la superficie exterior del inserto como las fibras firmemente fijadas al inserto ayudan a retener el inserto en la matriz de polímero del material compuesto

reforzado con fibra.

Las fibras o alambres de metal pueden fijarse firmemente a la superficie exterior y/o interior del inserto. Además, las fibras o alambres de metal pueden fijarse firmemente al segundo extremo del inserto. Las fibras o alambres de metal pueden hacerse de hierro o acero.

- 5 Las fibras o alambres de metal se pueden recubrir para mejorar la adherencia a la matriz de polímero. Como un ejemplo, las fibras o alambres de hierro o acero se pueden recubrir con otro metal tales como zinc o latón.

De acuerdo con la invención, el medio de sujeción es un agujero roscado.

- 10 De acuerdo con una realización adicional, el material compuesto reforzado con fibra de la región de raíz comprende fibras de metal. Además, las fibras de metal, ventajosamente fibras de acero, tienen propiedades materiales que son compatibles con los medios de sujeción, ya que estos habitualmente se hacen de metal y a menudo de acero. De este modo se mejora la rigidez de la región de raíz y de este modo también se mejora la retención del inserto.

En la región de raíz de la pala de turbina eólica el 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90 o 100% en volumen de las fibras pueden ser fibras de metal, siendo las fibras restantes de la región de raíz de un material diferente de las fibras de metal, preferentemente fibras de vidrio y/o carbono.

- 15 La dimensión en sección transversal de las fibras o alambres de metal pueden estar en un intervalo de entre 0,04 mm y 1,0 mm o en un intervalo de entre 0,07 mm y 0,75 mm o en un intervalo de entre 0,1 mm y 0,5 mm.

La matriz de polímero del material compuesto reforzado con fibra es preferible una resina tales como poliéster, epoxi o viniléster. Sin embargo, puede usarse cualquier polímero adecuado para la matriz de polímero.

- 20 El inserto también puede componerse de un número de elementos de sujeción individuales que están mutuamente unidos. Por lo tanto, de acuerdo con un segundo aspecto, la invención proporciona una pala de turbina eólica de la clase mencionada anteriormente, en la que una región de raíz de una pala de turbina eólica como se ha descrito anteriormente está provista de elementos de sujeción juntos que forman un dispositivo de sujeción medio cilíndrico o completamente cilíndrico prefabricado, los elementos de sujeción que se hacen de metal y dispuestos de modo que superficies laterales de los elementos de sujeción adyacentes se empalman entre sí y se unen permanentemente entre sí, siendo dicho dispositivo de sujeción al menos parcialmente embebido en el material compuesto reforzado con fibra de la región de raíz.

Mediante la frase "al menos parcialmente embebido" debe entenderse que una parte longitudinal del dispositivo de sujeción en su totalidad puede embeberse en el material reforzado con fibras. De acuerdo con la invención, los elementos de sujeción se laminan en la estructura compuesta de la raíz.

- 30 Los elementos de sujeción permanentemente fijados y mutuamente conectados que forman el dispositivo de sujeción mejoran la rigidez de la región de raíz ya que se forman de metal y de este modo permiten proporcionar un diámetro de raíz (y diámetro de conexión de tornillos) más pequeño o usar palas más largas con el mismo diámetro de raíz comparado con los diseños existentes. Además, la presente invención permite formar dispositivos de sujeción con diferentes diámetros uniendo mutuamente los elementos de sujeción en configuraciones diferentes. Por lo tanto, los elementos de sujeción pueden usarse para formar dispositivos de sujeción medio cilíndricos o completamente cilíndricos que tienen diferentes diámetros.

- 35 Como las palas de turbina eólica y de este modo también la región de raíz de las mismas a menudo se hacen mediante el ensamblado de dos mitades de pala que corresponden esencialmente al lado de succión y el lado de presión, respectivamente, a lo largo del plano de cuerda, los elementos de sujeción preferentemente se unen entre sí para formar dispositivos de sujeción que tienen forma de medio cilindro, es decir que se extiende en 180° con el fin de incorporarse en las mitades de pala anteriormente mencionadas de la pala.

Los elementos de sujeción pueden unirse mediante uniones metálicas o mediante uniones puramente adhesivas, es decir que se conectan de forma adhesiva entre sí. Los elementos de sujeción, sin embargo, también pueden unirse teniendo superficies laterales contiguas de enclavamiento.

- 45 De acuerdo con una realización, los elementos de sujeción se unen mediante uniones metálicas, es decir mediante soldadura blanda, soldadura fuerte o soldadura por resistencia. En una realización preferida de la invención, los elementos de sujeción se unen entre sí mediante soldadura por resistencia, es decir los elementos se conectan entre sí estrechamente.

La unión puede proporcionarse usando un material de relleno o sin usar tal material.

De acuerdo con una realización adicional, los elementos de sujeción se hacen de hierro o acero.

5 En una realización adicional, los elementos de sujeción se unen entre sí usando una corriente eléctrica tales una corriente en el intervalo de entre 1.500-2.500 amperios, en un intervalo entre 1.800-2.200 amperios o en el intervalo de entre 1.900-2.100 amperios, con el fin de soldar por resistencia los materiales contiguos de las superficies contiguas de los elementos de sujeción adyacentes entre sí.

De acuerdo con una realización adicional, al menos algunos de los elementos de sujeción del dispositivo de sujeción comprenden fibras o alambres de metal firmemente fijados a los mismos y que se extienden hacia fuera desde los mismos y que se embeben en la matriz de polímero del material compuesto reforzado con fibra.

10 La mayor parte de la pala puede reforzarse con fibras de otro tipo, habitualmente fibras de vidrio o fibras de carbono. En particular la región perfilada de la pala que tiene un perfil de superficie aerodinámica y la región de transición pueden reforzarse mediante tales fibras. De este modo solo la región de raíz y opcionalmente solo la región, en la que los cojinetes se laminan en la estructura compuesta, puede reforzarse mediante fibras de metal, siendo ventajosamente fibras de acero.

15 De este modo, se proporciona una retención mejorada del dispositivo de sujeción proporcionada por los elementos de sujeción mutuamente unidos puesto que las fibras de metal que se extienden desde los mismos contribuyen a la retención del dispositivo de sujeción.

El 50-100 % de los elementos de sujeción del dispositivo de sujeción puede estar provisto de fibras o alambres de metal que se extienden desde los mismos. De acuerdo con una realización adicional de la invención, las fibras o alambres de metal se fijan firmemente al segundo extremo de los elementos de sujeción del dispositivo de sujeción.

20 De acuerdo con una realización adicional de la invención, las fibras o alambres que se extienden desde los elementos de sujeción se hacen de hierro o acero.

25 Las fibras o alambres pueden fijarse firmemente a los elementos de sujeción del dispositivo de sujeción mediante encolado, soldadura blanda, soldadura fuerte o soldadura por resistencia. Sin embargo, también es posible conectar las fibras o alambres a los elementos de sujeción mediante medios mecánicos tales como enganchar un extremo de los alambres entre porciones del elemento de sujeción.

De acuerdo con la invención, el medio de sujeción es un agujero roscado en los elementos de sujeción del dispositivo de sujeción.

30 De acuerdo con una realización adicional de la invención, la primera superficie lateral de los elementos de sujeción es una superficie sustancialmente cóncava en una vista en sección transversal y la segunda superficie lateral de los elementos de sujeción es una superficie sustancialmente convexa en una vista en sección transversal.

De este modo, superficies adyacentes contiguas de elementos de sujeción adyacentes se disponen cerca entre sí cuando se forman dispositivos de conexión que tienen diferentes diámetros.

35 De acuerdo con una realización adicional de la invención, al menos una y preferentemente ambas de las superficies laterales de los elementos de sujeción son planas. Una o ambas de las caras laterales, sin embargo, también pueden ser corrugadas.

De acuerdo con una realización adicional de la invención, la periferia exterior de los elementos de sujeción del dispositivo de sujeción está provista de una periferia exterior sustancialmente cilíndrica.

40 Los elementos de sujeción cilíndricos circulares son particularmente adecuados de fabricar y adicionalmente, es conveniente disponer tales elementos de sujeción haciendo tope entre sí para formar un dispositivo de sujeción al menos medio cilíndrico mutuamente uniendo los elementos de sujeción entre sí.

El material compuesto reforzado con fibra de la pala de turbina eólica puede comprender fibras de metal, preferentemente fibras de hierro o acero, al menos en la región de raíz del mismo.

De este modo, se mejoran la rigidez de la región de raíz y de este modo la retención del dispositivo de sujeción formado por los elementos de sujeción.

45 La región de raíz de la pala de turbina eólica puede comprender el 20, 30, 40, 50, 60, 70, 80, 90, 100 % en volumen de fibras de acero o hierro, siendo las fibras restantes de un material diferente de el de las fibras de hierro o acero, preferentemente fibras de vidrio y/o carbono.

El dispositivo de sujeción formado por el elemento de sujeción mutuamente unido puede ahusarse en la dirección longitudinal de la pala como se ve desde la raíz hacia la punta. El dispositivo de sujeción, sin embargo, también puede ahusarse en la dirección opuesta.

5 La dimensión en sección transversal de las fibras o alambres de metal pueden estar en un intervalo de entre 0,04 y 1,0 mm o en un intervalo de entre 0,07 mm y 0,75 mm o en un intervalo de entre 0,1 mm y 0,5 mm.

Breve descripción de los dibujos

La invención se explica en mayor detalle a continuación con referencia a los dibujos en los que

la Figura 1 muestra una turbina eólica,

la Figura 2 es una vista en perspectiva esquemática de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,

10 la Figura 3 es una vista en perspectiva de una porción de una región de raíz de la primera realización de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,

la Figura 4 es una vista en perspectiva de una porción de una región de raíz de una segunda realización de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,

15 la Figura 5 es una vista en sección transversal de la región de raíz de una tercera realización de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención,

la Figura 6 muestra una porción de una región de raíz de una primera realización de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención provista de una primera realización de un dispositivo de sujeción prefabricado,

la Figura 7 muestra una porción de una región de raíz de una segunda realización de una pala de turbina eólica de acuerdo con la invención provista de una segunda realización de un dispositivo de sujeción prefabricado,

20 la Figura 8 muestra una porción de una tercera realización de un dispositivo de sujeción formado por elementos de sujeción conectados mutuamente,

la Figura 9 muestra una realización adicional de un elemento de sujeción para formar un elemento de sujeción medio cilíndrico,

25 la Figura 10 muestra una elemento de sujeción cilíndrico provisto de fibras de metal unido firmemente a un segundo extremo del mismo, y

la Figura 11 muestra una porción de un dispositivo de sujeción formado de elementos de sujeción mutuamente conectados que tienen una pared lateral convexa y una cóncava.

Descripción detallada de los dibujos

30 La Figura 1 ilustra una turbina eólica de barlovento 24 moderna y convencional de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 36, una barquilla 25 y un rotor con un eje de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 23 y tres palas 2 que se extienden radialmente desde el buje 23, cada una teniendo una raíz de pala 31 más cercana al buje y una punta de pala 32 más alejada del buje 23.

35 Como se ve de forma evidente en la Figura 2, la pala 2 comprende una región de raíz 26 con una cara del extremo de raíz 29 más cercana al buje, una región de superficie aerodinámica 27 más alejada del buje y un área de transición 28 entre la región de raíz 26 y la región de superficie aerodinámica 27. La región de superficie aerodinámica 27 tiene una forma de pala ideal o casi ideal, mientras que la región de raíz 26 tiene una sección transversal sustancialmente circular, que reduce cargas de tormenta y hace más sencillo y seguro montar la pala 2 al buje 23. Preferentemente, el diámetro de la raíz de pala 31 es constante a lo largo de toda la región de raíz 26. La región de transición 28 tiene una forma que cambia gradualmente desde la forma circular de la región de raíz 26 al perfil de la superficie aerodinámica de una región de superficie aerodinámica 27. La anchura de la región de transición 28 aumenta sustancialmente de forma lineal al aumentar la distancia desde el buje 23.

45 La pala a menudo se hace de dos mitades de palas ensambladas que se encolan o atornillan juntas sustancialmente a lo largo de un plano de cuerda 35 de la pala. En la realización descrita a continuación la pala que incluye la región de raíz de la misma se hace en dos mitades de pala. La pala 2 comprende un borde de ataque 34 que mira hacia la dirección rotacional de la pala 2 cuando la pala 2 se monta en el buje 23 y un borde de salida 33 que mira hacia la

5 dirección opuesta del borde de ataque 34. El plano de cuerda 35 se extiende entre el borde de ataque 34 y el borde de salida 33 de la pala 2. Debería observarse que el plano de cuerda no sigue necesariamente recto sobre toda su extensión, ya que la pala puede retorcerse y/o curvarse, por lo tanto proporcionando un plano de cuerda con un correspondiente curso retorcido y/o curvado, siendo este el caso más a menudo para compensar la velocidad local de la pala que depende del radio desde el buje. Debido a la sección transversal circular, la región de raíz 26 no contribuye a la producción de la turbina eólica y, de hecho, disminuye la producción ligeramente debido a la resistencia del viento.

10 Como se muestra en la Figura 3-5 la pala que incluye la región de raíz se forma como una estructura de carcasa. La estructura de carcasa de la región de raíz es en forma de anillo y comprende una superficie exterior 3 formada por una capa exterior 5 de una matriz de polímero reforzado con fibras tales como fibras de vidrio y/o fibras de carbono y/o fibras de metal y una resina, tales como epoxi, poliéster o viniléster, y una superficie interior 4 dispuesta de forma opuesta formada por una capa interior 6 que se hace del mismo material que la capa exterior 5.

15 Como se muestra en la Figura 3-5 un inserto de metal medio cilíndrico 7 se dispone entre la capa exterior 5 e interior 6, es decir embebida en el material compuesto reforzado con fibra formado por las anteriores fibras y el anterior polímero.

20 El inserto de metal semicilíndrico 7 tiene un primer extremo 9 y un segundo extremo opuesto 10. El primer extremo 9 del inserto 7 se dispone en una cara del extremo de raíz 29 de la pala de turbina eólica. El inserto 7 adicionalmente tiene una superficie exterior 11 y una superficie interior 14. Los medios de sujeción mutuamente espaciados que en las realizaciones mostradas se forman mediante roscas interiores 15 en una perforación 12 que se extiende en el inserto desde el primer extremo 9 del mismo.

25 Como se ve en la Figura 3-5, el inserto 7 se dispone con el fin de seguir sustancialmente la circunferencia de la región de raíz. Correspondientemente, las perforaciones 12 con las roscas 15 se disponen mutuamente separadas, con el fin de sustancialmente seguir también la circunferencia de la región de raíz y adicionalmente con el fin de permitir acceso a la misma desde el exterior, con el fin de que sea capaz de acoplar los tornillos en las roscas para montar la pala al buje de la turbina eólica.

En La Figura 3 y 4 el inserto semicilíndrico 7 tiene una sección transversal circular y un grosor de pared constante en toda la longitud del mismo. Además, con respecto a la Figura 3 y 4 debería mencionarse que estas figuras solo divulgan una porción de una región de raíz de una mitad de pala de una pala, que se fabrica mediante el ensamblado dos mitades de pala.

30 La Figura 4 divulga un inserto que corresponde esencialmente a lo mostrado en la Figura 3, sin embargo, que adicionalmente está provisto de fibras de metal 13, preferentemente fibras o alambres de acero o hierro. Como se muestra en la Figura 4, las fibras de metal 13 tienen un primer extremo 16 que se fija firmemente al segundo extremo 10 del inserto 7 y una porción que se extiende hacia fuera 17 que finaliza en un segundo extremo 18. La porción que se extiende hacia fuera 17 de las fibras o alambres se embebe en el material compuesto reforzado con fibra de la región de raíz formado por las anteriormente mencionadas fibras y matriz de polímero. Las fibras que se extienden hacia fuera 13 ayudan a retener el inserto en la región de raíz. Aunque no se muestra en la Figura 4, las fibras de metal también pueden fijarse firmemente a la superficie exterior y/o interior 3, 4 del inserto 7 para de este modo adicionalmente mejorar la retención del inserto 7.

40 La Figura 5 divulga una vista en sección longitudinal de una porción de la región de raíz de una pala de turbina eólica formado de dos mitades de pala que se ensamblan mutuamente. El inserto 7 mostrado en la Figura 5 difiere de los mostrados en las Figura 3 y 4 en que la superficie exterior 11 del mismo se ahúsa como se ve en la dirección desde el primer extremo 9 del inserto, hacia el segundo extremo 10 del inserto 7. De este modo, el grosor de la pared del inserto disminuye desde el primer al segundo extremo del mismo. Las fibras de metal 13 se fijan firmemente a la superficie exterior 11 del inserto 7, la superficie interior 14 del inserto y al segundo extremo 10 del inserto 7. Las fibras de metal se extienden hacia fuera desde las mencionadas superficies y se embeben en la matriz de polímero del material compuesto reforzado con fibra de la región de raíz. Finalmente, el inserto 7 está provisto de un número de perforaciones mutuamente espaciadas 12 con una rosca interior 15.

50 Aunque no se muestra en ninguna de las realizaciones, la superficie exterior e interior del inserto puede ser corrugada o provista de otra estructura de superficie con el fin de mejorar la adherencia entre las mencionadas superficies y la matriz de polímero.

Adicionalmente, debería mencionarse que la superficie exterior y/o interior generalmente puede ahusarse sobre toda la longitud de la misma o solo sobre una porción de la misma.

Finalmente, debería observarse que el inserto, en lugar de ser un inserto semicilíndrico como se muestra en la Figura 3-5, podría ser un inserto cilíndrico completo, es decir que se extiende en 360 grados como se ve en

dirección circunferencial.

La Figura 6 muestra una realización similar a la mostrada en la Figura 3. Por lo tanto partes similares se marcan como el mismo número de referencia. En la realización mostrada en la Figura 6, la región de raíz de las palas comprende un dispositivo de sujeción medio cilíndrico 8, que se forma por un número miembros de sujeción alargados 7. Cada miembro de sujeción comprende una periferia exterior 11 que comprende una superficie radialmente exterior 11a, una superficie radialmente interior opuesta 11b, una primera cara lateral 11c, y una segunda cara lateral opuesta 11d. Además, cada elemento de sujeción está provisto de una perforación 12 con una rosca interior 22. Los elementos de sujeción tienen un primer extremo 9 y un segundo extremo opuesto 10. Los primeros extremos de los elementos de sujeción se disponen en la cara del extremo de raíz 29 de la pala de turbina eólica.

Los elementos de sujeción alargados 7 tienen una sección transversal en forma esencialmente rectangular o trapezoidal y se conectan mutuamente en las superficies laterales 11c, 11d de los mismos mediante dichas superficies que se sueldan por resistencia juntas con el fin de formar el dispositivo de sujeción semicilíndrico 8. El dispositivo de sujeción semicilíndrico 8 se dispone entre una capa exterior 5 de una matriz de polímero reforzado con fibras ventajosamente de fibras de vidrio y/o fibras de carbono y una capa interior 6 formada del mismo material que la capa exterior 5. La capa exterior 5 tiene una superficie exterior 3 y la capa interior 6 tiene una superficie interior 4.

Además de comprender fibras de vidrio y/o carbono, la capa interior y exterior 6, 5 de la región de raíz también puede comprender otras fibras tales como fibras de metal, preferentemente fibras de hierro o acero.

La conexión de soldadura por resistencia entre los elementos de sujeción 7 puede proporcionarse proporcionando una corriente a los elementos de sujeción. El amperaje de la corriente puede estar en el intervalo de entre 1.500-2.500 amperios, en el intervalo de entre 1.800-2.200 amperios o en el intervalo de entre 1.900-2.100 amperios. De esta manera, las superficies adyacentes de los elementos de sujeción adyacentes se conectan directamente entre sí. Sin embargo, se ha de observar que las superficies adyacentes de los elementos de sujeción también pueden conectarse usando un material de relleno.

La Figura 7 muestra una realización similar a la mostrada en la Figura 4. Por lo tanto partes similares se marcan como el mismo número de referencia. En la segunda realización mostrada en la Figura 7, los elementos de sujeción alargados 7 que se conectan mutuamente para formar el dispositivo de sujeción 8 están provistos de fibras de metal, preferentemente fibras de hierro o acero 13 fijadas firmemente al mismo. Como se muestra, las fibras de metal 13 tiene un primer extremo de fibra 201 que se conecta firmemente al segundo extremo 10 de los elementos de sujeción y una porción que se extiende hacia fuera 203 que tiene un segundo extremo de fibra 202. La porción que se extiende hacia fuera de las fibras de metal se embebe en el polímero del material compuesto reforzado con fibra de la región de raíz.

Como se muestra en la Figura 7, las fibras de metal se extienden desde el segundo extremo 10 de los elementos de sujeción 7 con el fin de formar un abanico, con lo que de media la distancia entre el segundo extremo 202 de fibras adyacentes es más pequeña que la distancia entre el primer extremo de fibras adyacentes. En una realización alternativa las fibras se extienden sustancialmente unidireccionalmente desde el segundo extremo 10 del dispositivo de sujeción 7. Las fibras pueden ser fibras o filamentos individuales o formar un tejido.

En las realizaciones anteriormente descritas, los elementos de sujeción 7 del dispositivo de sujeción 8 están provistos de un área en sección transversal constante en toda la extensión de los mismos.

La Figura 8 divulga una porción de una tercera realización de un dispositivo de sujeción 108 formado de elementos de sujeción mutuamente conectados 107. En la Figura 8, se muestran dos elementos de sujeción alargados 107. Se empalman entre sí a lo largo de las caras laterales 111c, 111d y unidos entre sí a lo largo de estas caras, tal como mediante soldadura por resistencia. Cada elemento alargado 107 tiene un primer extremo 109 y un segundo extremo opuesto 110 y adicionalmente una perforación interior 112 provista de una rosca 122. Como se observa en la Figura 8, los elementos alargados 107 se ahúsan de forma escalonada desde el primer extremo 109 de los mismos hacia el segundo extremo 110 de los mismos. Además, debería observarse que los elementos de sujeción 107 están provistos de medios ilustrados mediante aberturas 114 para conectar fibras de metal, preferentemente fibras de acero o hierro, al segundo extremo 110 de los elementos de sujeción 107.

La Figura 9 ilustra una realización de un elemento de sujeción alargado 207 para formar un dispositivo de sujeción mediante conectando mutuamente un número de dichos elementos de sujeción, el elemento de sujeción que se muestra como un segundo extremo constantemente ahusado 210 y una perforación 212 provista de una rosca interior 222.

5 La Figura 10 divulga un elemento de sujeción 307 para formar un dispositivo de sujeción mediante la conexión de un número de los mismos con el fin de formar el dispositivo de sujeción medio cilíndrico. El elemento de sujeción alargado 307 tiene una sección transversal circular y, en el segundo extremo 310 del mismo, está provisto de un número de fibras de metal preferentemente fibras de acero o hierro 13. El primer extremo de fibra 201 se fija firmemente al segundo extremo 310 del elemento de sujeción alargado 307 y una porción 203 de las fibras de metal se extiende hacia fuera desde dicho segundo extremo con el fin de embeberse en la matriz de polímero del material compuesto reforzado con fibra.

10 La Figura 11 muestra una porción de un dispositivo de sujeción 408 formado de elementos de sujeción alargados mutuamente espaciados 407. Los elementos de sujeción 407 están provistos de una primera cara lateral 411c que es convexa, ventajosamente cilíndrica circular, en una vista en sección transversal y una segunda cara lateral opuesta 411c que es cóncava, ventajosamente cilíndrica circular, en una vista en sección transversal. La primera y la segunda cara lateral se empalman entre sí y se conectan mutuamente permanentemente tal como por soldadura por resistencia. Además, cada elemento de sujeción 407 provisto de una perforación con una rosca.

Lista de números de referencia

15	1 2	Pala de turbina eólica
	3	Superficie exterior de raíz
	4	Superficie interior de raíz
	5	Capa exterior
	6	Capa interior
20	7	Inserto
	7,107, 207, 307, 407	Elemento de sujeción alargado
	8, 108, 408	Dispositivo de sujeción
	9	Primer extremo de inserto
	9, 109	Primer extremo de elemento de sujeción
25	10	Segundo extremo de inserto
	10, 210, 310	Segundo extremo de elemento de sujeción
	11	Superficie exterior de inserto / elemento de sujeción
	11a	Superficie radialmente exterior
	11b	Superficie radialmente interior opuesta
30	11c, 111c, 411c	Primera cara lateral
	11d, 111d, 411d S	Segunda cara lateral
	12, 112, 212, 412	Perforación
	13	Fibras de metal
	14	Superficie interior de inserto
35	15	Rosca en perforación
	16	Primer extremo de fibras
	17	Porción de fibras que se extiende hacia fuera
	18	Segundo extremo de fibras
	22, 122, 222, 422	Rosca interior
40	23	Buje
	24	Turbina eólica
	25	Barquilla
	26	Región de raíz
	27	Región de superficie aerodinámica
45	28	Región de transición
	29	Cara del extremo de raíz
	31	Raíz de pala
	32	Punta de pala
	33	Borde de salida
50	34	Borde de ataque
	35	Plano de cuerda
	36	Torre
	114	Abertura
	201	Primer extremo de fibra
55	202	Segundo extremo de fibra
	203	Porción que se extiende hacia fuera de fibras de metal

REIVINDICACIONES

- 5 1. Una pala de turbina eólica (2) para un rotor de turbina eólica que comprende un buje del cual se extiende la pala de turbina eólica (2) cuando se monta en el buje, la pala de turbina eólica (2) que incluye una estructura de carcasa de un material compuesto reforzado con fibra que comprende fibras embebidas en una matriz de polímero, la pala de turbina eólica (2) que se extiende en dirección longitudinal y que tiene un contorno de perfil que incluye un lado de presión y un lado de succión así como un borde de ataque y un borde de salida, dichos bordes que definen un plano de cuerda entre los mismos, cuando se ve en la dirección longitudinal el contorno de perfil que comprende una región de raíz 26 con una cara del extremo de raíz (29), una región de superficie aerodinámica 27 y opcionalmente una región de transición (28) entre la región de raíz (26) y la región de superficie aerodinámica (27).
- 10 la región de raíz (26) que tiene una sección transversal en forma de anillo con una superficie exterior y una superficie interior,
- 15 la región de raíz (26) que comprende una pluralidad de medios de sujeción dispuestos con el fin de seguir sustancialmente la circunferencia de la región de raíz (26) y permitir acceso desde el exterior a los medios de sujeción que se usan para montar la pala al buje, caracterizada porque un inserto de metal al menos parcialmente cilíndrico (7) que comprende una pluralidad de dichos medios de sujeción se embebe en la región de raíz mediante el inserto (7) que se lamina en el material compuesto de la región de raíz (26) entre una capa exterior (5) y una capa interior (6) de polímero reforzado con fibras de la estructura de carcasa con el fin de esencialmente seguir la circunferencia de la región de raíz (26), el inserto de metal parcialmente cilíndrico (7) que tiene un primer extremo (9) y un segundo extremo (10), una superficie radialmente exterior (11a) y una superficie radialmente interior (11b) y en el que la pluralidad de medios de sujeción mutuamente espaciados es accesible en el primer extremo (9) del inserto (7), y en la que
- 20 el primer extremo (9) del inserto (7) se dispone en la cara del extremo de raíz (29) de la pala de turbina eólica, y en la que
- 25 la pluralidad de dichos medios de sujeción se forman mediante roscas interiores (15) en una perforación (12) que se extiende en el inserto (7) desde el primer extremo (9) del mismo, y en la que
- el inserto (7) es un medio cilindro, es decir se extiende en 180 grados en dirección circunferencial o es un cilindro completo, es decir se extiende en 360 grados en dirección circunferencial.
- 30 2. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el inserto (7) se ahúsa como se ve en la dirección interior desde el primer extremo (9) hacia el segundo extremo (10).
3. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 2, en la que el inserto se ahúsa (7) al menos en una porción de la longitud del mismo.
4. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 3 y/o 4, en la que el inserto (7) se ahúsa continuamente.
- 35 5. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la superficie exterior (11a) y/o interior (11b) del inserto (7) es corrugada.
6. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el inserto (7) se hace de hierro o acero.
- 40 7. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el inserto (7) comprende fibras o alambres de metal fijados firmemente a la misma y que se extiende hacia fuera del mismo y que se embebe en la matriz de polímero del material compuesto reforzado con fibra.
8. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 7, en la que las fibras o alambres de metal se fijan firmemente a la superficie exterior (11a) y/o interior (11b) del inserto (7).
9. Una pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en la que las fibras o alambres de metal se fijan firmemente al segundo extremo del inserto (7).
- 45 10. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en la que las fibras o alambres de metal se hacen de hierro o acero.
11. Una pala de turbina eólica de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que el material

compuesto reforzado con fibra de la región de raíz (26) comprende fibras de metal, preferentemente fibras de acero o hierro.

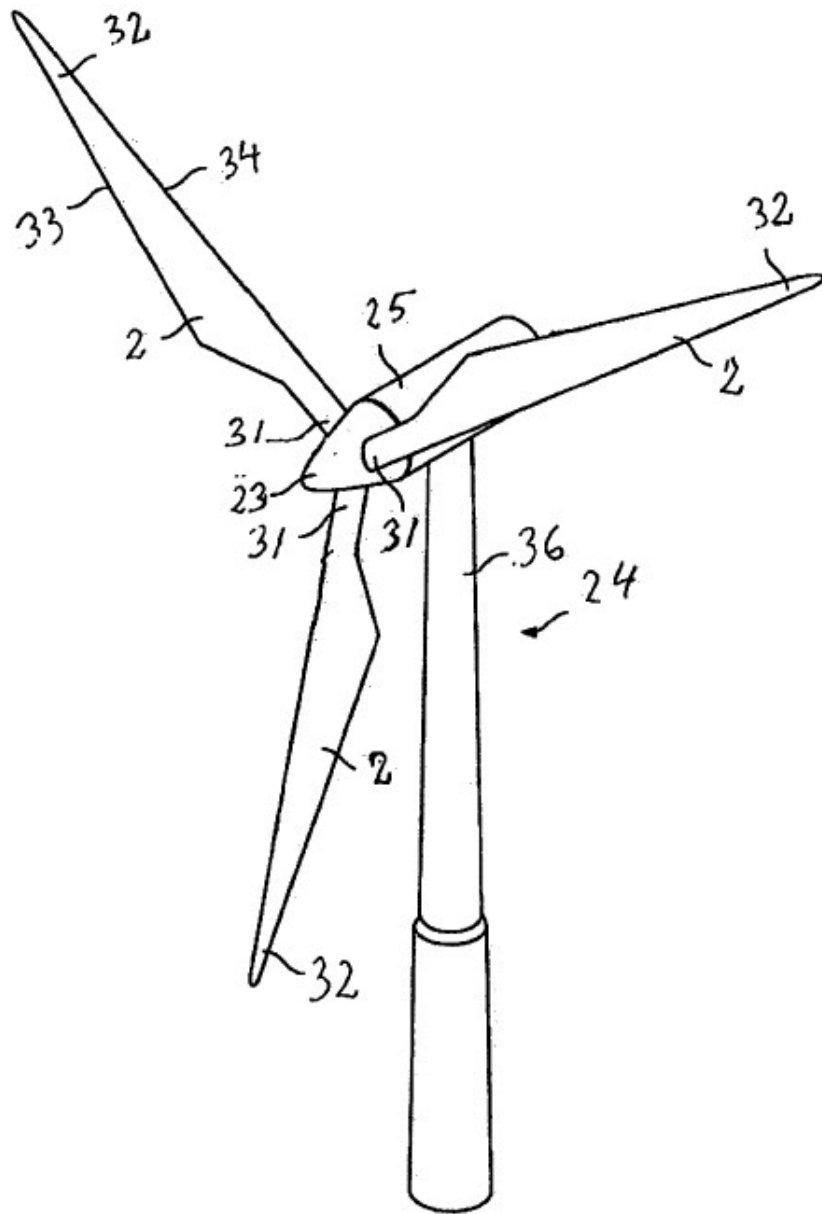


FIG. 1

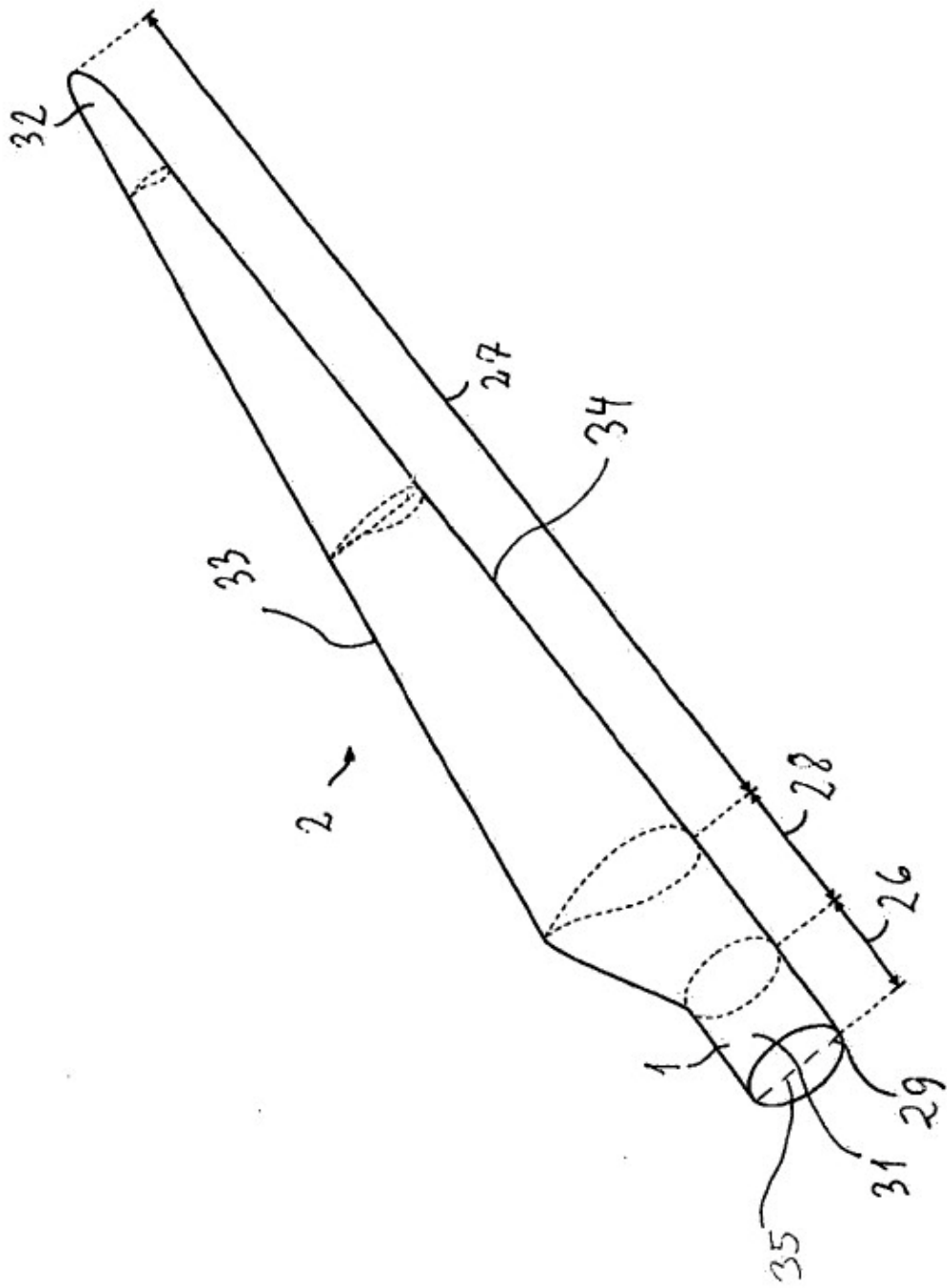
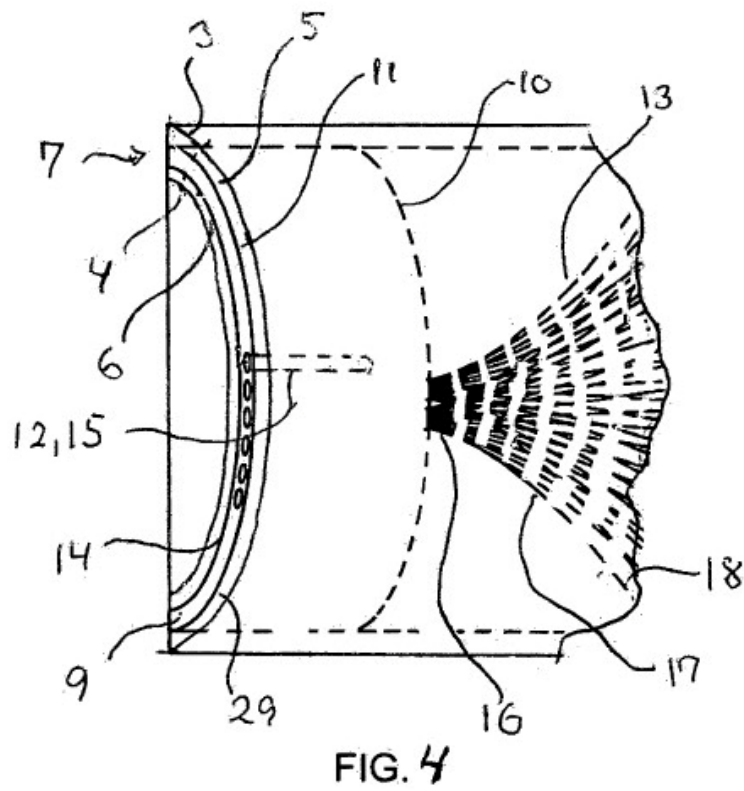
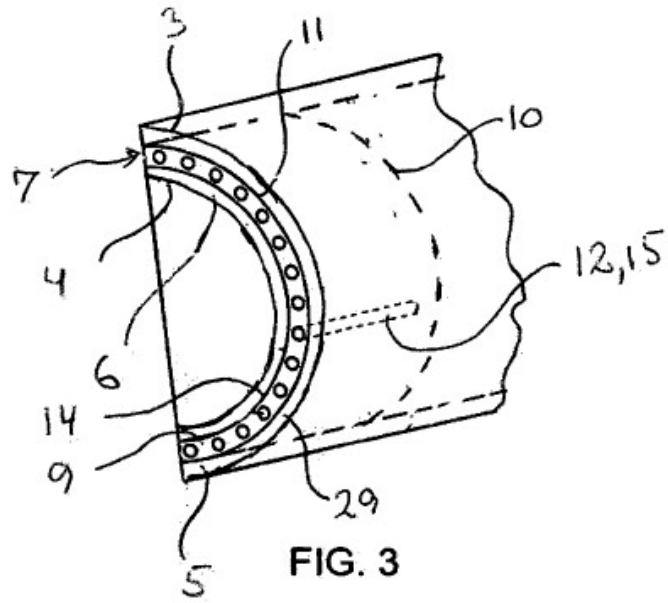


FIG. 2



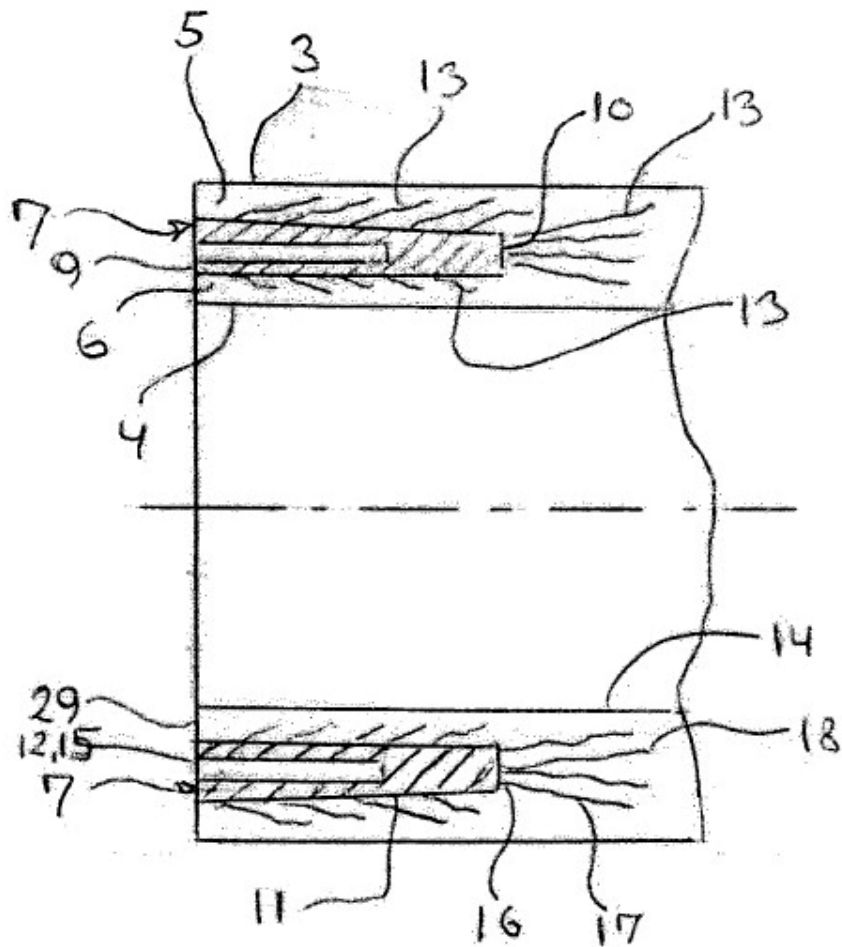


Fig 5

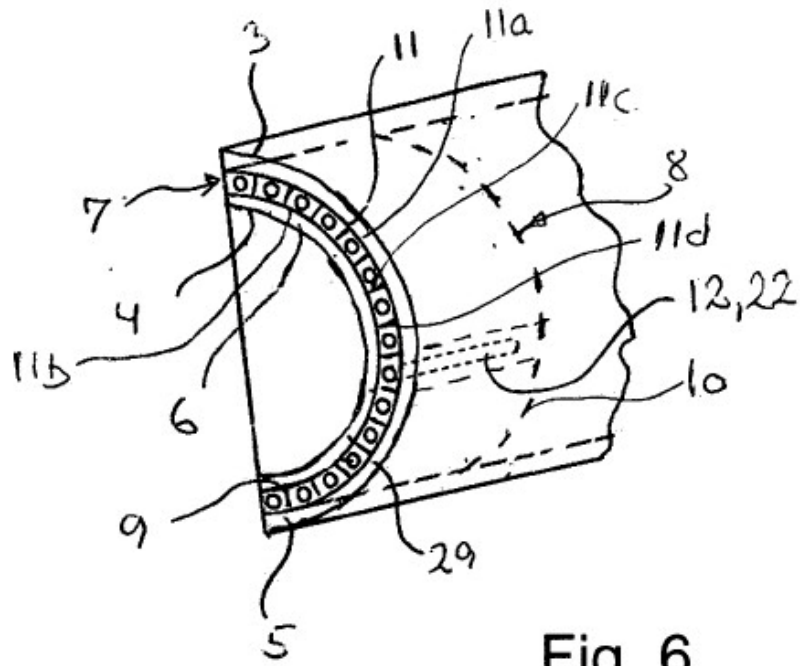


Fig. 6

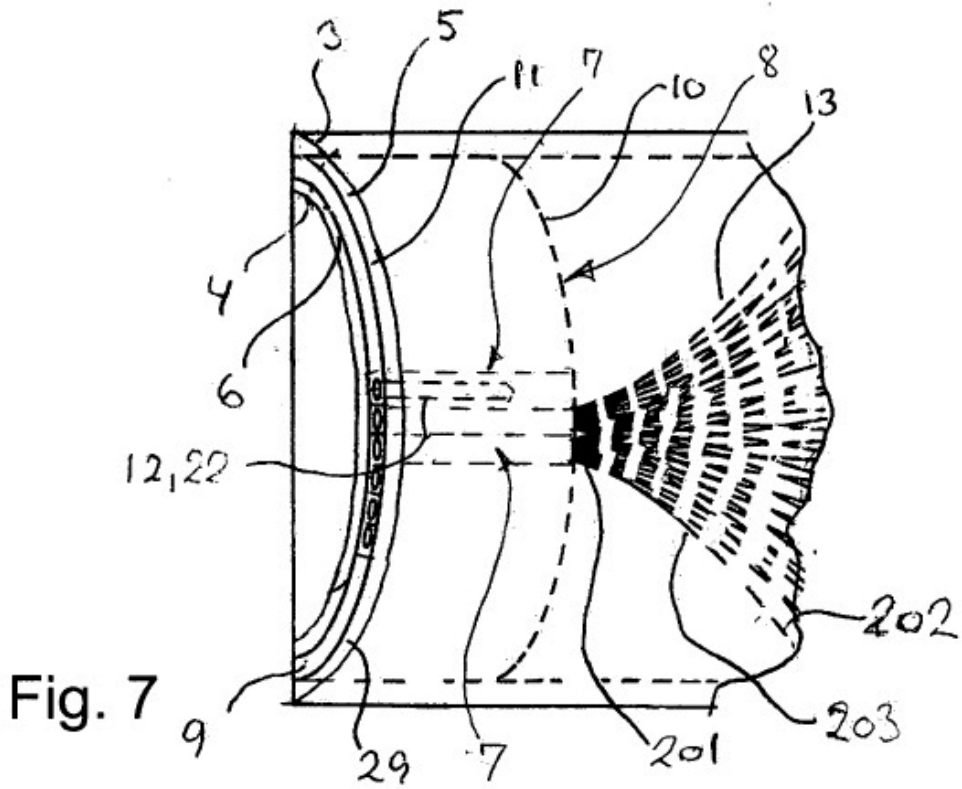


Fig. 7

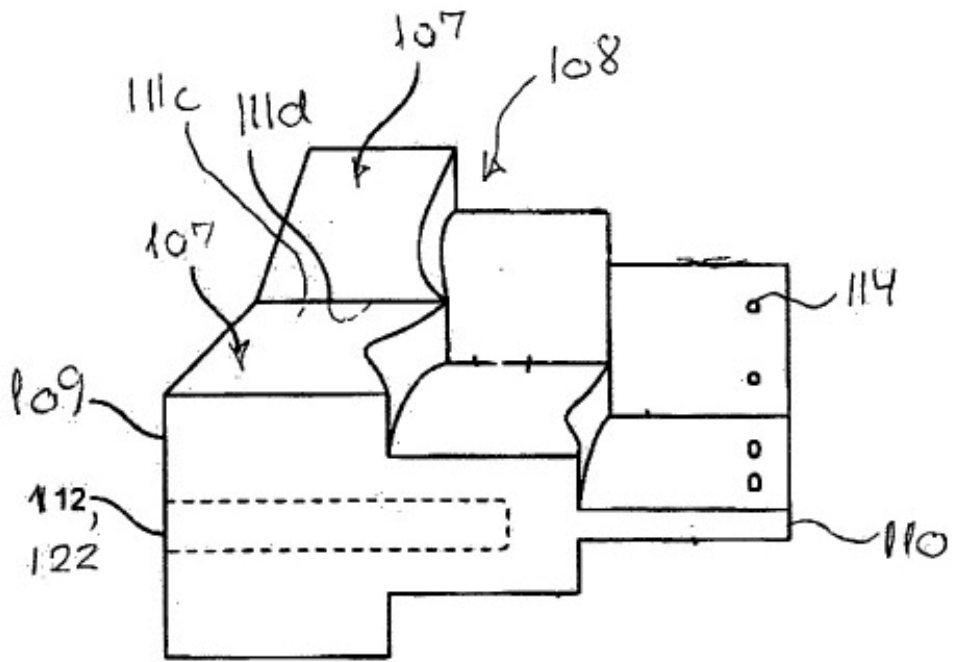


Fig. 8

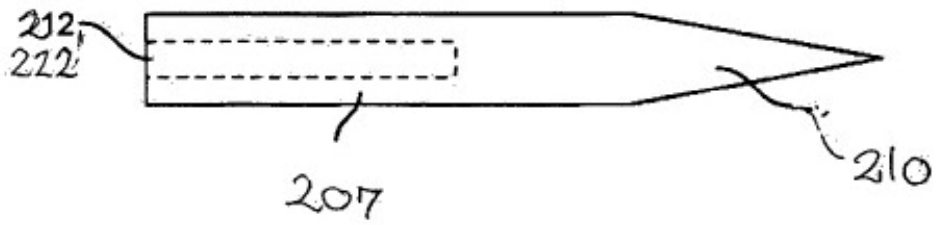


Fig. 9

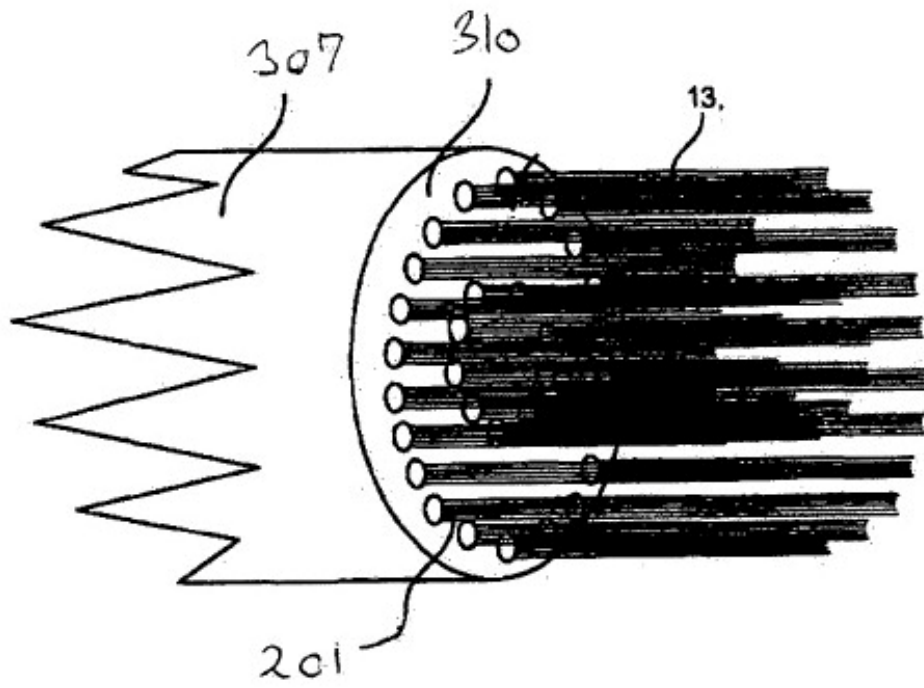


Fig. 10

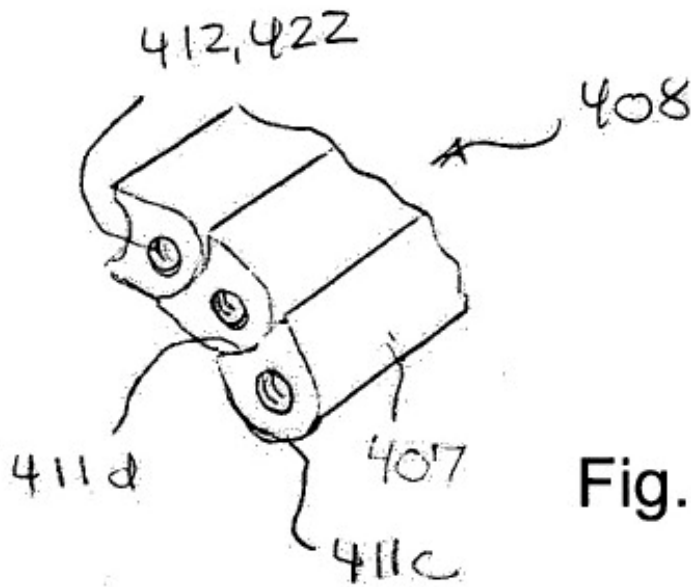


Fig. 11