

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 372 440**

51 Int. Cl.:  
**D03D 15/02** (2006.01)  
**B29C 70/08** (2006.01)  
**B29C 70/34** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **08848052 .0**  
96 Fecha de presentación: **07.11.2008**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2217748**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **18.08.2010**

54 Título: **PROCEDIMIENTO PARA FABRICAR UNA PALA DE AEROGENERADOR Y USO DE UNA ESTERILLA ESTRUCTURAL PARA REFORZAR UNA ESTRUCTURA DE PALA DE AEROGENERADOR.**

30 Prioridad:  
**09.11.2007 DK 200701587**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**19.01.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**19.01.2012**

73 Titular/es:  
**Vestas Wind Systems A/S**  
**Hedeager 44**  
**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:  
**HEDGES, Andrew y**  
**VRONSKY, Tomas**

74 Agente: **Arias Sanz, Juan**

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).

ES 2 372 440 T3

## DESCRIPCIÓN

Procedimiento para fabricar una pala de aerogenerador y uso de una esterilla estructural para reforzar una estructura de pala de aerogenerador

5

### Antecedentes de la invención

La invención se refiere a una esterilla estructural para reforzar una estructura de pala de aerogenerador, una pala de aerogenerador y un procedimiento para fabricar una pala de aerogenerador.

10

### Descripción de la técnica relacionada

Un aerogenerador conocido en la técnica típicamente comprende una torre de aerogenerador y una góndola de aerogenerador situada en la parte superior de la torre. Un rotor de aerogenerador, que comprende tres palas de aerogenerador, está conectado a la góndola a través de un eje de baja velocidad, que se extiende hacia fuera de la parte frontal de la góndola como se ilustra en la Fig. 1.

15

En los últimos años, el desarrollo de aerogeneradores producidos en serie se ha desplazado haciéndolos más y más grandes, tanto en producción como en tamaño. Este proceso requiere componentes y procedimientos de fabricación mejores y más rentables, y particularmente en el campo de las palas de aerogenerador producidas en serie, este desarrollo ha sido profundo, el promedio de palas de aerogenerador producidas en serie durante los últimos años ha doblado su cantidad.

20

Las palas de aerogenerador conocidas en la técnica típicamente están hechas de fibra de vidrio reforzada con metal, madera o fibras de carbono. Típicamente, las palas se fabrican moldeando dos mitades de palas en dos moldeos independientes y cuando las mitades de las palas se endurecen, las dos se conectan para formar la pala de aerogenerador.

25

Para garantizar las propiedades aerodinámicas de una pala de aerogenerador operativa es importante que la pala sea sustancialmente rígida y no cambie sustancialmente de forma, por ejemplo, cuando es objeto de una alta carga de viento, fuerza centrífuga, gravedad y otros.

30

Sin embargo, también es importante que la pala sea algo flexible para que la pala pueda doblarse un poco cuando sea objeto de una repentina ráfaga de viento u otros.

35

Las fibras que transcurren en la longitud longitudinal de la pala es una manera muy eficaz de proporcionar a la pala las calidades deseadas con respecto a la tenacidad y flexión pero para que una fibra sea capaz de afectar a la rigidez de las palas de forma notable, en primer lugar tiene que conectarse firmemente a o integrarse en la pala y en segundo lugar ha de transcurrir continua y sustancialmente recta (es decir, sin pliegues ni arrugas) en toda la longitud de la fibra, especialmente si tiene que extenderse sustancialmente en toda la longitud longitudinal de la pala de aerogenerador.

40

Sin embargo, una sola fibra es tan flexible que será virtualmente imposible garantizar que no haya pliegues o arrugas aunque la fibra se una al resto de la pala.

45

Por lo tanto, por ejemplo a partir del documento de Patente de Estados Unidos N° 2007/0140861 A1 se conoce formar un tablero rígido de fibras que se extiende longitudinalmente y después coloca este tablero adaptado especialmente en el armazón de la pala para reforzar la pala.

50

Sin embargo, este tablero ha de estar hecho con una baja tolerancia para ajustar el armazón y este sólo se ajustará a un tipo específico de pala.

La Patente de Estados Unidos N° US-A-5716686 describe los respectivos preámbulos de las reivindicaciones 1 y 19.

55

Por lo tanto, un objeto de la invención es proporcionar una técnica ventajosa para reforzar una pala de aerogenerador.

### La invención

60

La invención proporciona un procedimiento para reforzar una pala de aerogenerador usando una esterilla estructural como se define en la reivindicación 1.

Es ventajoso formar grupos de las fibras usando una matriz, en los que por la presente la posición y dirección de la fibra individual se garanticen.

65

Pero para los grupos que se van a conectar firmemente a la estructura de palas el tamaño de los grupos es limitado

- por el hecho de que la resina de impulsión de las palas debe ser capaz de rodear completamente cada grupo y también de tener suficiente flujo para humedecer los tejidos de las palas convencionales (es decir, serán desventajosas esterillas sólidas y similares) y el tamaño en sección transversal de estos grupos también se limita por el hecho de que cada grupo ha de ser capaz de adaptarse a la geometría compleja de la pala, y si se necesita más tenacidad de la que un grupo puede proporcionar - aunque siendo todavía lo suficientemente flexible para adaptarse a la geometría de la pala - por lo tanto, es ventajoso conectar los grupos entre sí por medios de conexión para simplificar el procedimiento de fabricación de la pala y para hacer que los grupos se fijen entre sí y de esta manera reducir además el riesgo de que los grupos se desplacen o arruguen cuando la esterilla se está integrando o conectando a la pala, especialmente si esto se hace mediante una resina en un procedimiento de infusión.
- Además, es ventajoso que los grupos se conecten entre sí por medios de conexión, ya que esto garantiza que los huecos entre los grupos se mantienen sustancialmente en el tamaño deseado, por ejemplo, reduciendo por la presente la cantidad de resina necesaria para saturar completamente la esterilla y evitando de esta manera reacciones de exotermia excesivas de la resina de infusión de la pala.
- Cabe destacar que por el término "esterilla" se entenderá cualquier tipo de configuración que comprende dos o más elementos adyacentes que forman cualquier tipo de estructura similar a una esterilla, incluyendo cualquier tipo de bandas, cordeles, alfombras, almohadillas o cualquier tipo de estructura similar.
- También cabe destacar que por el término "grupo" se entenderá cualquier tipo de fibras para hilar, fardo, manojo o recolección de elementos.
- Además, cabe destacar que por el término "fibra" se entenderá cualquier tipo de material filamento o similar a hilos incluyendo cualquier tipo de fibras naturales, fibras metálicas o fibras minerales, tales como fibras basadas en celulosa, fibras poliméricas, vidrio, aramida o fibras de carbono.
- También cabe destacar que en este contexto el término "matriz" se entenderá como el material en el que los refuerzos de fibra del grupo compuesto se encastran. Por ejemplo, pueden usarse sistemas de resinas termoplásticas y termoestables, así como metal y cerámica, como matriz.
- Incluso además, cabe destacar que por el término "estructura de pala de aerogenerador" se entenderá cualquier parte de, en o adjunta firmemente al armazón de la pala que forma el contorno exterior de pala, incluyendo miembros de refuerzo separados en forma de una red de pala, un haz o un larguero que se extiende en la pala y que forma una parte más o menos integrada de toda la estructura de la pala.
- En un aspecto de la invención, dicha matriz es resina.
- La resina es un material fuerte y duradero lo que la hace muy adecuada para la unión de fibras para formar un grupo.
- Cabe destacar que por el término "resina" se entenderá cualquier tipo de resinas naturales o sintéticas, tales como resina epoxi, resina termoestable, resina de poliéster insaturado, resina de intercambio iónico, resina de melamina y más. En resumen, el término "resina" se refiere a cualquier líquido viscoso capaz de endurecerse.
- En un aspecto de la invención, dichas fibras adheridas en cada grupo son sustancialmente unidireccionales.
- Cuanto más paralelas son las fibras en cada grupo más inflexible es el grupo en la dirección longitudinal de los grupos. Por lo tanto, la unión de las fibras en capa grupo para que sean sustancialmente unidireccionales es ventajosa en que proporciona un grupo fuerte y rígido adecuado para su uso en una esterilla para reforzar una pala de aerogenerador.
- En un aspecto de la invención, dichos dos o más grupos se disponen sustancialmente paralelos en dicha esterilla.
- Hacer que los grupos transcurran sustancialmente paralelos en la esterilla es ventajoso en que aumenta la resistencia y rigidez de las esterillas en la extensión longitudinal de la esterilla, lo que es ventajoso cuando se usa para reforzar las palas de aerogenerador.
- Además, una esterilla que comprende grupos unidireccionales es fácil de fabricar y por lo tanto más económica.
- En un aspecto de la invención, al menos uno de dichos grupos se cura previamente o se cura previamente sustancialmente.
- Curando previamente o curando previamente sustancialmente los grupos en la esterilla, la estabilidad y rigidez de los grupos aumentan por la presente eliminando o reduciendo el riesgo de que los grupos se plieguen o se arruguen durante la fabricación de la pala.

Además, los grupos curados previamente son mucho más simples de manejar que los fardos de resina pegajosa saturada de fibras.

En un aspecto de la invención, dicha esterilla estructural está sustancialmente seca.

5

Una esterilla seca no es pegajosa ni está en riesgo de comenzar a curarse de forma no deseada u otros. Por lo tanto, esto es ventajoso en que la manejabilidad, almacenamiento y la implementación en la pala se vuelve mucho más fácil.

10 Cabe destacar que por el término "seco" se entenderá que la esterilla no contiene sustancias líquidas o semi-líquidas, tales como resinas que no se han curado o similares - es decir, la esterilla no está impregnada previamente con una resina no curada.

En un aspecto de la invención, dicha esterilla estructural comprende dos o más de dichos grupos.

15

Hacer que la esterilla comprenda dos o más capas de los grupos de fibras adheridas es ventajoso en que proporciona una manera simple de ajustar el espesor de la esterilla y establecer por la presente la tenacidad de la esterilla sin cambiar la anchura de la esterilla o la forma de los grupos.

20 En un aspecto de la invención, los grupos de una o más de dichas dos o más capas forman un ángulo con respecto a los grupos de una o más capas adicionales de dichas dos o más capas.

La formación de un ángulo de una capa de la esterilla para que los grupos de la esterilla no estén paralelos a los grupos de otra capa de dicha esterilla es ventajosa en que por la presente, es posible formar una esterilla que sea fuerte en más direcciones. Por ejemplo, si una capa de la esterilla se dispone de forma que los grupos o la mayoría de los grupos transcurran sustancialmente en la dirección longitudinal de la pala, otra capa de la esterilla puede disponerse con los grupos que transcurran transversalmente a los grupos de la primera capa, es decir, con un ángulo de 90° en relación con la primera capa. Esto aumentará la tenacidad de las esterillas de forma transversal y puede proporcionar una esterilla más estable y uniforme.

25

En un aspecto de la invención, dichas dos o más capas de dichos grupos están conectados por medios de conexión de capa limitando el movimiento relativo de dichas capas.

La conexión de las capas con medios de conexión, tales como medios de cosido, es ventajoso en que garantiza una esterilla más uniforme y en que la esterilla se vuelve más simple de manejar.

30

En un aspecto de la invención, dicha esterilla estructural comprende una región final en forma de cuña.

Proporcionar a la esterilla una o más regiones finales en forma de cuña es ventajoso en que haciendo que el espesor de la esterilla disminuya gradualmente también disminuirá gradualmente la tenacidad y se reducen o evitan las concentraciones de estrés potencialmente dañinas.

35

En un aspecto de la invención, dicha esterilla estructural comprende una región lateral en forma de cuña.

Asimismo, proporcionar a la esterilla una o más regiones laterales en forma de cuña es ventajoso en que entonces el espesor disminuye gradualmente, reduciendo por la presente el riesgo de concentraciones de estrés potencialmente dañinas.

40

En un aspecto de la invención, dichas fibras son fibras de carbono y/o fibras de vidrio.

45

Las fibras de carbono y las fibras de vidrio se caracterizan por ser ligeras y al mismo tiempo tener una alta resistencia y alta tenacidad. Además, estos tipos de fibras son relativamente económicos, haciéndolos ideales para reforzar las palas de aerogenerador.

En un aspecto de la invención, uno o más de dichos grupos se forman con una forma en sección transversal que comprende tres o más ejes diferentes de simetría.

50

Cuanto más diferentes son los ejes de simetría que una forma comprende, más uniforme es el tamaño de deflexión, sin importar a partir de qué dirección se tense el grupo. Con respecto a las tensiones de diferentes direcciones, la forma circular será la ideal porque esta forma comprende un número infinito de ejes de simetría pero, por ejemplo, para reducir el espacio libre entre los grupos y de esta manera reducir la cantidad de matriz necesaria para saturar completamente la esterilla, puede ser ventajoso proporcionar a los grupos una forma más angular, tal como un cuadrado, por ejemplo, con esquinas redondeadas.

55

En un aspecto de la invención, dichos grupos comprenden una zona en sección transversal de entre 1 y 100 mm<sup>2</sup>, preferiblemente entre 3 y 40 mm<sup>2</sup> y más preferiblemente entre 6 y 25 mm<sup>2</sup>.

60

65

Si la zona en sección transversal de los grupos se vuelve demasiado larga, los grupos se volverán demasiado tenaces haciendo que esto dificulte hacer que la esterilla se adapte a la forma compleja de una pala de aerogenerador. Si la zona en sección transversal de los grupos se vuelve demasiado pequeña, los grupos pueden volverse demasiado flexibles aumentando por la presente el riesgo de que los grupos se plieguen o arruguen durante la fabricación de la pala y aumentando el riesgo de rotura durante la fabricación.

Por lo tanto, los presentes intervalos de área proporcionan una relación ventajosa entre la adaptabilidad y tenacidad.

10 En un aspecto de la invención, dichos grupos se forman con una forma en sección transversal sustancialmente uniforme a lo largo de la extensión longitudinal de dichos grupos.

Si los grupos se forman uniformes en toda su longitud, los grupos son mucho más simples de fabricar y las propiedades de los grupos son mucho más previsible.

15 Además, excepto para regiones finales en forma de cuña, es ventajoso que cada grupo sea uniforme en toda su longitud en la esterilla, en que es posible por la presente usar la esterilla para cualquier tipo de pala de aerogenerador, y por ejemplo, enrollar la esterilla prefabricada en un carrete y después desenrollarla y cortarla a la longitud deseada de la esterilla durante la fabricación de la pala.

20 En un aspecto de la invención, uno o más de dichos grupos en dicha esterilla se forman con una forma en sección transversal poligonal sustancialmente y en la que uno o más lados de dicho grupos son convexos.

Proporcionar los grupos con lados convexos - es decir, los lados están sobresaliendo hacia fuera - es ventajoso en que si los lados son completamente rectos, el hueco entre los grupos cuadrados adyacentes puede ser de 0 mm, haciendo imposible por la presente que la resina pase durante un procedimiento de infusión. Sin embargo, si los lados son convexos siempre tendrán espacio libre entre los grupos adyacentes para que pase la resina, sin importar la dureza de los grupos presionándose entre sí.

30 En un aspecto de la invención, dichos medios de conexión son medios de cosido que comprenden uno o más hilos que cosen dichos grupos juntos.

La conexión de los grupos en una esterilla mediante medios de cosido es ventajosa en que el cosido es un procedimiento simple y eficaz para conectar elementos alargados, tales como grupos de fibras adheridas.

35 Además, los medios de cosido son ventajosos en que estos medios permiten a los grupos desplazarse longitudinalmente con respecto uno a otro (por ejemplo, por hasta 5 milímetros), permitiendo de esta manera que la esterilla se forme en una curva u otra.

40 En un aspecto de la invención, dicha estructura de pala de aerogenerador, reforzada por dicha esterilla estructural, es una estructura portadora de carga de dicha pala, tal como la estructura de la pala a lo largo de un borde de arrastre, un borde de ataque o un miembro de refuerzo de dicha pala.

Partes diferentes de la pala se cargan de forma diferente y las áreas a lo largo del borde de arrastre, el borde de ataque y a lo largo de un miembro de refuerzo (es decir, la parte más gruesa de la pala) normalmente comprenden algún tipo de estructura portadora de carga en las palas de aerogenerador grandes modernas, en las que estas áreas se tensan particularmente cuando la pala está operativa en un aerogenerador. Por lo tanto, es ventajoso proporcionar la estructura portadora de carga de la pala con esterillas estructurales para reforzar y dar resistencia a la pala donde más sea necesario.

50 En un aspecto de la invención, dichos grupos de fibras adheridas tienen una tenacidad EI de entre 0,01 y 420 Nm<sup>2</sup>, preferiblemente entre 0,03 y 35 Nm<sup>2</sup> y más preferiblemente entre 0,15 y 1,6 Nm<sup>2</sup>, en la que EI es el producto del módulo elástico E y el segundo momento de inercia I de los grupos.

55 Si la tenacidad (la relación EI) de los grupos se vuelve demasiado alta, los grupos podrán volverse demasiado rígidos haciendo difícil hacer que la esterilla se adapte a la forma compleja de una pala de aerogenerador. Si el módulo de elasticidad de los grupos se vuelve demasiado pequeño, los grupos pueden volverse demasiado flexibles aumentando por la presente el riesgo de que los grupos se plieguen o se arruguen durante la fabricación de la pala, y también aumenta el riesgo de que los grupos se rompan.

60 Por lo tanto, los presentes intervalos de tenacidad proporcionan una relación ventajosa entre la adaptabilidad y la utilidad.

Además, la invención proporciona una pala de aerogenerador que comprende una o más esterillas estructurales de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes.

65

El uso de una esterilla estructural como se ha descrito anteriormente en una pala de aerogenerador es ventajoso en que por la presente, la pala se vuelve más rígida y fuerte sin que el peso de la pala aumente demasiado.

5 Por la presente, se consigue una realización ventajosa de la invención, por ejemplo, en que al añadir las esterillas estructurales de acuerdo con la presente invención a la estructura de pala durante el conformado de la estructura de pala, las esterillas estructurales pueden unificarse con o integrarse en la estructura de pala muy firmemente porque la resina unirá todo firmemente.

10 La adición de una o más esterillas estructurales al molde de la pala antes de que se infunda la resina es ventajoso en que la construcción de la esterilla de acuerdo con la invención reduce el riesgo de que la esterilla y/o partes de la esterilla se plieguen o se arruguen durante la infusión y en que añadiendo la esterilla antes de la infusión, la esterilla se integra más firmemente en la pala aumentando por la presente el efecto de la esterilla.

15 Cabe destacar que las palas de aerogenerador pueden fabricarse en una multitud de formas, normalmente mediante la preparación inicial de los moldes de las palas que comprende revestir los moldes con una capa protectora para garantizar que la pala acabada pueda retirarse de los moldes y proporcionar una capa de revestimiento de gel que garantice una superficie lisa de la pala, y otras. Las etapas finales de fabricación de palas de aerogenerador pueden comprender juntar mitades de palas en contacto entre sí, conectando las mitades de las palas por medio de adhesivo, aplicando presión a al menos partes de las mitades de pala durante un procedimiento de curado del  
20 adhesivo, retirar la pala de los moldes, y otros.

### Figuras

25 La invención se describirá a continuación con referencia a las figuras, en las que la fig. 1 ilustra un aerogenerador grande moderno como se conoce en la técnica,

la fig. 2 ilustra un grupo de fibras adheridas, como se observa a partir del extremo,

30 la fig. 3 ilustra una esterilla estructural que comprende medios de conexión, como se observa en perspectiva,

la fig. 4 ilustra una esterilla estructural que comprende medios de cosido, como se observa en perspectiva,

35 la fig. 5 ilustra una esterilla estructural que comprende regiones laterales en forma de cuña, como se observa a partir del extremo de la esterilla,

la fig. 6 ilustra una esterilla estructural que comprende una región final en forma de cuña, como se observa en perspectiva,

40 la fig. 7 ilustra una esterilla estructural que comprende más de una capa de grupos, como se observa en perspectiva,

la fig. 8 ilustra una esterilla estructural que comprende grupos de sección transversal variable, como se observa en la vista en planta,

45 la fig. 9 ilustra diferentes realizaciones de grupos con una forma que comprende más de tres ejes diferentes de simetría, como se observa en perspectiva,

la fig. 10 ilustra diferentes realizaciones de grupos con una forma que comprende tres o menos ejes diferentes de simetría, como se observa en perspectiva

50 la fig. 11 ilustra una pala de aerogenerador que comprende esterillas estructurales, como se observa a partir de la vista en planta,

la fig. 12 ilustra una sección transversal de una pala de aerogenerador que comprende esterillas estructurales, como se observa a partir a partir de la raíz de la pala,

55 la fig. 13 ilustra una sección transversal de un primer molde de pala y un segundo molde de pala colocados uno junto al otro, como se observa a partir de la raíz de la pala,

60 la fig. 14 ilustra una sección transversal de un molde de pala de aerogenerador cerrado, como se observa a partir de la raíz de la pala.

### Descripción detallada

65 La Fig. 1 ilustra un aerogenerador grande moderno como se conoce en la técnica.

La Fig. 1 ilustra un aerogenerador moderno 1, que comprende una torre 2 y una góndola de aerogenerador 3

situados en la parte superior de la torre 2. El rotor del aerogenerador 4, que comprende tres palas de aerogenerador 5, se conecta a la góndola 3 a través del eje de baja velocidad que se extiende hacia fuera de la parte frontal de la góndola 3.

5 La Fig. 2 ilustra un grupo 7 de fibras adheridas 21, como se observa a partir del extremo.

En esta realización de la invención, el grupo 7 de fibras adheridas 21 se forman como un cuadrado sustancialmente equilátero con esquinas redondeadas pero como se explica más adelante, por ejemplo, en relación con la fig. 9 y 10, y la sección transversal del grupo 7 conformarse en una multitud de formas.

10

En esta realización, el grupo 7 comprende varias fibras espaciadas equitativamente 21 fijadas en el grupo 7 mediante una matriz 8 que en esta realización es resina curada, sin embargo, es obvio para el experto que las fibras 21 pueden disponerse y distribuirse de forma diferente dentro del grupo 7.

15 En esta ilustración simplificada de un grupo 7, las fibras 21 sólo constituyen una fracción del área en sección transversal total del grupo 7, pero en una realización preferida de la invención las fibras 21 constituirán entre el 10% y el 99%, preferiblemente entre el 15% y el 90%, y más preferiblemente entre el 45% y el 85% del área en sección transversal total del grupo 7. Más a menudo, las fibras 21 constituirán al menos el 50% del área en sección transversal del grupo.

20

En esta realización, los lados del grupo 7 son rectos, pero en otra realización, los lados pueden ser ligeramente curvados, por ejemplo, para permitir una penetración más fácil de la resina de infusión.

El grupo 7 puede hacerse de varias maneras, pero en una realización preferida, el grupo 7 se hace por pultrusión.

25

La pultrusión es un procedimiento de fabricación para producir longitudes continuas de formas estructurales de Polímeros Reforzados con Fibra (PRF). Las materias primas pueden incluir una matriz 21 en forma de una mezcla de resina líquida (por ejemplo, que contiene resina, cargas y aditivos especializados) y fibras de refuerzo 21. El proceso incluye arrastrar estas materias primas (en lugar de empujar como en el caso de la extrusión) a través de un troquel formador de acero caliente usando un dispositivo de arrastre continuo. Los materiales de refuerzo están en forma continua, tales como rollos de cinta de fibra de vidrio o bobinas de fibras para hilar de fibra de vidrio. Como los refuerzos están saturados con la mezcla de resina en un impregnador de resina y se arrastran a través del troquel, el curado (o endurecimiento) de la resina se inicia por el calor del troquel y se forma un grupo más rígido, curado 7 que corresponde sustancialmente a la forma de troquel.

30

En esta realización, las fibras 21 son fibras de vidrio 21 pero en otra realización, las fibras 21 pueden ser cualquier otro tipo de fibra natural, mineral, metálica y otras 21 adecuadas para los grupos de refuerzo 7 de acuerdo con la invención.

40 Asimismo, la matriz 8 que une las fibras 21 en el grupo 7 es en esta realización una resina termoestable sintética, pero en otra realización, la matriz 8 puede ser cualquier tipo de resina natural y/o sintética adecuada para unir las fibras 21 en el grupo 7.

En esta realización, el grupo 7 tiene una altura y una anchura de aproximadamente 4 milímetros, pero en otra realización de la invención, el grupo 7 puede tener una altura y una anchura de entre 0,1 y 20 mm, preferiblemente entre 0,2 y 12 mm, y más preferiblemente entre 0,5 y 8 mm.

45

La Fig. 3 ilustra una esterilla estructural 6 que comprende medios de conexión 9, como se observa en perspectiva.

50 En esta realización de la invención, la esterilla estructural 6 comprende siete grupos espaciados equitativamente, alineados y adyacentes 7 de fibras adheridas 21 que se mantienen juntas por medios de conexión 9 en forma de un cordel transversal de caucho o un material similar al caucho conectado a todos los grupos 7.

En esta realización, la esterilla 6 tiene una anchura transversal W de aproximadamente 40 mm, pero en otra realización, la esterilla 6 puede estar entre 1 y 5000 mm, preferiblemente entre 10 y 1000 mm y más preferiblemente entre 50 y 500 mm de ancho.

55

Si la esterilla 6 está hecha demasiado ancha puede ser difícil ajustarla en la pala 5, y si es demasiado estrecha, el proceso de fabricación puede ser más complicado si las longitudes paralelas de las esterillas han de organizarse en la pala 5 para ofrecer suficiente refuerzo.

60

En otra realización, la esterilla estructurada 6 puede también hacerse con una anchura W o espesor variable a lo largo de toda su longitud, por ejemplo, para adaptar la esterilla 6 específicamente al contorno específico de un tipo de pala específica.

65

En esta realización, el hueco entre los grupos 7 es de aproximadamente 0,5 mm, pero en una realización preferida,

el hueco será sólo de aproximadamente 0,1 mm, lo que justo será suficiente para permitir a la resina pasar entre los grupos 7 durante un procedimiento de infusión cuando la esterilla 6 se coloca en un molde de pala 26, 27 cuando la pala 5 se esté fabricando. Si el hueco se mantiene en, por ejemplo, 0,1 mm a lo largo de toda la extensión longitudinal de la esterilla 6 es ventajoso en que si el hueco es mucho más pequeño, el riesgo de que la resina se subdivida durante el procedimiento de infusión aumenta, y si el hueco es demasiado grande el consumo de la resina aumentará.

Preferiblemente, los medios de conexión 9 deben mantener sustancialmente la posición transversal entre sí de los grupos 7 de forma que el hueco tenga un máximo de 0,5 mm, pero al mismo tiempo permitan un pequeño desplazamiento mutuo en la dirección longitudinal de los grupos 7 de entre 1 y 5 milímetros, preferiblemente de aproximadamente 2,5 milímetros, para garantizar que la esterilla 6 es lo suficientemente flexible como para seguir el contorno complejo de la pala 5.

La Fig. 4 ilustra una esterilla estructural 6 que comprende medios de cosido 14 como se observa en perspectiva.

En esta realización de la invención, el medio de conexión 9 es un medio de cosido 14 en forma de un hilo 22 que va haciendo eses dentro y fuera de los grupos 7 para coser los grupos juntos.

En otra realización, los medios de cosido 14 también pueden ser uno o más hilos 22 que atan, por ejemplo, dos de los grupos juntos y después otros hilos 22 atarán uno de dichos dos grupos 7 a un grupo adyacente 7, que después mediante otros hilos 22 se atará al siguiente grupo adyacente, y así sucesivamente.

El hilo 22 usado para coser los grupos 7 son en esta realización un cordel de poliéster, pero en otra realización, los hilos 22 pueden hacerse de cualquier tipo de material natural o sintético, tal como nylon, fibras para hilar de fibras naturales o sintéticas o cualquier combinación de los mismos.

En esta realización, los medios de conexión 9 conectan los grupos 7 cada 100 mm de la esterilla 6 en la dirección longitudinal de los grupos 7 pero en otra realización los medios de conexión 9 pueden colocarse más cerca o más apartados, por ejemplo, dependiendo del módulo de elasticidad de los grupos 7, el área en sección transversal de los grupos 7, la complejidad de la superficie en la pala 5 a la que la esterilla 6 se tiene que adaptar o cualquier combinación de los mismos.

La Fig. 5 ilustra una esterilla estructural 6 que comprende regiones laterales en forma de cuña 12, como se observa a partir del extremo de la esterilla 6.

Los grupos 7 de las esterillas 6 ilustrados en la Fig. 3 y 4 han sido todos sustancialmente idénticos, es decir, tienen sustancialmente la misma forma en sección transversal y la misma longitud, pero en esta realización de la invención, tanto la longitud como la forma en sección transversal de los grupos 7 varían a lo largo de toda la esterilla 6.

Para reducir o evitar las concentraciones de estrés local a lo largo de los laterales de la esterilla 6, por ejemplo, para garantizar un cambio gradual de la tenacidad en la pala 5, la esterilla estructural 6 se proporciona en esta realización con regiones laterales en forma de cuña 12 en forma de grupos triangulares que apuntan hacia arriba 7 colocados lo más hacia fuera en ambos laterales de la esterilla 6.

En otra realización, la esterilla 6 sólo puede comprender regiones laterales en forma de cuña 12 en un lado de la esterilla 6, o sólo pueden proporcionarse partes de la extensión longitudinal de la esterilla 6 con una o dos regiones laterales en forma de cuña 12.

En esta realización, la esterilla 6 también se proporciona con un grupo ancho particular 7 en el centro. El grupo ancho 7 sólo se extiende en una cierta longitud de la extensión longitudinal de la esterilla 6 para garantizar una alta tenacidad de la esterilla 6 en ciertas partes y, por ejemplo, reducir el uso de material o para garantizar la flexibilidad transversal de la esterilla 6, en la que el grupo ancho 7 no está presente.

La Fig. 6 ilustra una esterilla estructural 6 que comprende una región final en forma de cuña 11, como se observa en perspectiva.

Asimismo, para evitar o reducir las concentraciones de estrés local en el extremo de la esterilla 6 y, por ejemplo, para garantizar un cambio gradual de la tenacidad en la pala 5, la esterilla estructural 6 se proporciona en esta realización con unas regiones finales en forma de cuña 11 en las que la altura de los grupos disminuye gradualmente.

En esta realización, los grupos 7 son de una longitud uniforme, pero en otra realización, los grupos 7 pueden ser de longitud variable, como por ejemplo, haciendo que el extremo de la esterilla 6 apunte al centro o a los lados, por ejemplo, para adaptarse a la forma estrecha de la pala de aerogenerador 5.

La Fig. 7 ilustra una esterilla estructural 6 que comprende más de una capa 10 de grupo 7, como se observa en



perspectiva.

En esta realización, la esterilla 6 comprende dos capas sustancialmente uniformes 10, pero en otra realización, la esterilla 6 puede comprender tres, cuatro, cinco o más capas 10 y cada capa 10 puede formarse de forma diferente a partir de la siguiente.

En esta realización, las capas 10 están conectadas por los mismos medios de conexión 9 que conectan los grupos en las capas individuales 10 en las que los medios de cosido 14 conectan los grupos 7 próximos a y por encima o por debajo de cada grupo 7 a dicho grupo 7.

10

En otra realización, las capas 10 pueden estar conectadas por medios de conexión separados 9, tales como medios de cosido separados 14, pinzas separadas, puntos de pegamento situados estratégicamente u otros.

En esta realización de la invención, todos los grupos 7 en todas las capas 10 transcurren sustancialmente paralelos, pero en otra realización de la invención, una o más capas 10 pueden colocarse en un ángulo en relación con una o más capas adicionales 10 de la esterilla 6. Por ejemplo, una o más capas 10 pueden colocarse en un ángulo de entre 0° y 90° en relación con una o más capas distintas 10 para dar las propiedades de tenacidad de la pala deseadas en direcciones específicas.

15

La Fig. 8 ilustra una esterilla estructural 6 que comprende el grupo 7 de sección transversal variable, como se observa a partir de la vista superior,

En esta realización, la forma en sección transversal de todos los grupos 7 de la esterilla 6 divergen sobre la misma extensión longitudinal de la esterilla 6, por ejemplo, para ahorrar material, para aumentar la flexibilidad transversal de la esterilla 6, para adaptarse mejor a un recodo afilado en la pala 5 y/o para cambiar la tenacidad de las palas según sea necesario a lo largo de la pala 5.

25

En esta realización, el área en sección transversal de los grupos 7 puede cambiar también o en su lugar, sólo algunos de los grupos 7 pueden tener un área y/o forma en sección transversal variable o el área y/o la forma pueden variar en diferentes longitudes.

30

La Fig. 9 ilustra diferentes realizaciones de los grupos 7 con una forma que comprende más de tres ejes diferentes de simetría 13, como se observa en perspectiva.

Los grupos circulares 7, grupos cuadrados 7 y grupos poligonales con un número de lados mayor que cuatro comprenden más de tres ejes diferentes de simetría 13 que garantizan que las calidades de doblado son sustancialmente uniformes sin importar si la esterilla 6 se tensa hacia arriba o hacia abajo o hacia los lados.

35

En esta realización, la altura y la anchura (o el diámetro) de los grupos 7 son cinco milímetros, y la tenacidad EI de los grupos es 1,6 Nm<sup>2</sup>, haciendo que un grupo voladizo 7 de 300 mm de largo se desvíe 6 milímetros cuando es objeto de una carga de 100 gramos en el extremo libre del grupo 7.

40

Sin embargo, dentro de un determinado intervalo, la altura, la anchura y la tenacidad pueden variar de forma infinita, y en la tabla que se muestra a continuación se define este intervalo - en el que la tenacidad EI es el producto del módulo elástico E y el segundo momento de inercia I de los grupos 7.

45

La columna deflexión proporciona ejemplos de deflexiones al tensar el grupo 7 con una masa de 100 gramos en el extremo del grupo 7.

	Longitud del grupo m	Anchura del grupo m	Espesor del grupo m	Tenacidad EI Nm <sup>2</sup>	Deflexión m
Intervalo mucho más preferido	0,3	0,0028	0,0028	0,15	0,057
	0,3	0,005	0,005	1,6	0,006
Intervalo más preferido	0,3	0,0014	0,0014	0,03	0,919
	0,3	0,008	0,008	35	0,0003
Intervalo preferido	0,3	0,0014	0,0014	0,01	0,276
	0,3	0,015	0,015	420	0,0000

En esta realización, todos los grupos 7 se ilustran con bordes afilados, pero en otra realización, los bordes estarán redondeados y/o los lados podrán ser ligeramente convexos, es decir, estar ligeramente curvados hacia fuera, por ejemplo, para permitir una penetración más fácil de la resina de infusión.

50

La Fig. 10 ilustra diferentes realizaciones de los grupos 7 con una forma que comprende tres o menos ejes diferentes de simetría 13, como se observa en perspectiva.

55

Es posible que puedan necesitarse diferentes calidades de plegado para doblarse en diferentes direcciones y para

este fin pueden ser ventajosos los grupos rectangulares, triangulares y ovals 7 representados, en los que todos estos grupos 7 comprenden tres o menos ejes de simetría 13.

La Fig. 11 ilustra una pala de aerogenerador 5 que comprende esterillas estructurales 6, como se observa a partir de la vista en planta.

En esta realización de la invención, la pala de aerogenerador ilustrada 5 comprende un borde de ataque 17, un borde de arrastre 18, una punta 19 y una raíz 20.

10 Típicamente, la pala es hueca, excepto para uno o más miembros de resistencia 16 que se extienden sustancialmente la longitud completa de la pala 5 o parte de la longitud de la pala 5. Típicamente, una pala de aerogenerador 5 conocida en la técnica se hace de una fibra de vidrio y resina compuesta reforzada por fibra de carbono, madera reforzada con fibra de carbono o una combinación de los mismos.

15 En esta realización de la invención, se proporciona la pala 5 con esterillas estructurales 6 sustancialmente a lo largo de toda la longitud de la estructura transportadora de carga a lo largo del borde de arrastre 18, el borde de ataque 17 y el miembro de refuerzo 16, pero en otra realización, las esterillas sólo pueden situarse a lo largo de las estructuras transportadoras de carga de la pala 5 o a lo largo de una o más de las estructuras transportadoras de carga.

20 La Fig. 12 ilustra una sección transversal de una pala de aerogenerador 5 que comprende esterillas estructurales 6, como se observa a partir de la raíz 20 de la pala 5.

Típicamente, una pala de aerogenerador 5 conocida en la técnica está hecha de diferentes tipos de material 23 en diferentes tipos de capas interconectadas normalmente por la resina. En esta realización, las esterillas estructurales 25 6 se incorporan a y/o entre las otras capas de material de la pala 23, pero en otra realización, las esterillas 6 pueden situarse en la parte superior del otro material de la pala 23.

En esta realización, el espesor del armazón de la pala 5, que comprende el material de la pala 23 y la esterillas estructurales 6, es sustancialmente uniforme en toda la anchura de la pala 5, pero en una realización preferida el 30 espesor variará, y particularmente alrededor de la estructura transportadora de carga donde las esterillas estructurales 6 se colocan, el armazón de la pala puede ser grueso que otras partes del armazón de la pala.

En esta realización de la invención, las esterillas 6 se disponen en la estructura transportadora de carga a lo largo del borde de arrastre 18, el borde de ataque 17 y los miembros de refuerzo 16 en ambas mitades 24, 25 de la pala 5, 35 pero en otra realización, las esterillas 6 sólo pueden colocarse en una de las mitades de pala 24, 25, o las esterillas 6 pueden colocarse más asimétricamente en las mitades de pala 24, 25.

La Fig. 13 ilustra una sección transversal de un primer molde de pala 26 y un segundo molde de pala 27 colocados uno junto al otro, como se observa a partir de la raíz 20 de la pala 5.

40 En esta realización, se moldea una primera mitad de pala 24 en un primer molde de pala 26, y se moldea una segunda mitad de pala 25 en un segundo molde de pala 27.

Se conocen muchas palas de aerogenerador diferentes 5 en la técnica, y por lo tanto existen también muchas 45 maneras diferentes de fabricar palas de aerogenerador 5, pero un procedimiento para fabricar palas de aerogenerador 5 incluye preparar los moldes 26, 27, por ejemplo, revistiendo los moldes 26, 27 con un revestimiento protector para garantizar que la pala acabada 5 pueda retirarse de los moldes 26, 27, proporcionando una capa de revestimiento de gel que garantiza una superficie lisa de la pala 5, y otros. En lo sucesivo en este documento, la estructura de pala actual se construye añadiendo una o más capas de material de la pala 23 a los moldes 26, 27, en 50 los que el material de la pala puede ser esterillas no tejidas o tejidas, de fibra de vidrio seco o impregnado previamente.

En lo sucesivo en este documento, en los moldes 26, 27 se puede añadir una o más esterillas estructurales colocadas estratégicamente 6 que comprenden dos o más grupos conectados 7 de fibras adheridas 21, lo que 55 reforzara y dará rigidez a la pala 5.

En lo sucesivo en este documento, los moldes 26, 27 pueden proporcionarse con capas adicionales de material de pala 23 para encapsular las esterillas estructurales 6 en el material de la pala 23.

60 A continuación, la resina puede fundirse para conectar firmemente las esterillas estructurales 6, el material de la palas 23 y, por ejemplo, otras partes de las mitades de pala 24, 25 para formar una sola mitad de pala 24, 25.

Durante el procedimiento de fabricación, la pala 5 también puede proporcionarse con otros tipos de materiales de pala 23 y refuerzos, por ejemplo, hechos de madera, hormigón, metal, espuma de poliestireno, o pueden realizarse 65 otras y adicionales etapas de fabricación de palas de aerogenerador.

En esta realización de la invención, los moldes 26, 27 son para moldear una pala de aerogenerador entera 5, pero ya que los aerogeneradores 1 se obtienen cada vez más grandes, las palas de aerogenerador 5 pueden ser demasiado largas para transportarse de una pieza. Entonces, la pala 5 se fabricará en forma de secciones, que después se ensamblarán en el sitio de montaje del aerogenerador.

5

La Fig. 14 ilustra una sección transversal de un molde de pala de aerogenerador cerrado 26, 27 como se observa a partir de la raíz 20 de la pala 5.

10 Cuando las mitades de pala 24, 25 se han endurecido, pueden adjuntarse dos miembros de refuerzo 16 a la primera mitad de pala 24, por ejemplo, por medio de adhesivo antes de proporcionar un adhesivo al área de unión 15 de las mitades de pala 24, 25, y la primera mitad de pala 24 que incluye el primer molde de pala 26 se coloca en la parte superior de la segunda mitad de pala 25 y el molde 27.

15 Cuando la segunda mitad de pala 25 se coloca en la parte superior de la primera 24, y los miembros de refuerzo 16 se fijan a la segunda mitad de pala 25, los miembros de refuerzo 16 constituyen abrazaderas transversales haciendo que la pala 5 sea más rígida y ayudando a la pala 5 a mantener su forma.

20 En otra realización, la pala 5 puede proporcionarse con más de o menos de dos miembros de refuerzo yuxtapuestos 16, por ejemplo, uno, tres, cuatro o seis miembros o las mitades de pala de aerogenerador 24, 25 pueden hacerse tan resistentes que no necesiten miembros de refuerzo 16.

Después de que las mitades de pala 24, 25 se hayan juntado se aplica presión mientras el adhesivo se endurece en las áreas de unión 15, donde después la pala 5 se retira de los moldes 26, 27 y se hacen los retoques finales, tales como eliminar el exceso de material a lo largo de las áreas de unión de la pala 15, pulir la pala 5 y otros.

25

La invención se ha ilustrado anteriormente con referencia a los ejemplos específicos de las palas de aerogenerador 5, grupos 7, esterillas estructurales 6, procedimientos de fabricación de palas de aerogenerador y otros. Sin embargo, debe entenderse que la invención no se limita a los ejemplos particulares que se han descrito anteriormente, pero puede diseñarse y alterarse en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención como se especifica en las reivindicaciones.

30

#### Lista

- |        |                                   |
|--------|-----------------------------------|
| 1.     | Aerogenerador                     |
| 35 2.  | Torre                             |
| 3.     | Góndola                           |
| 4.     | Rotor                             |
| 5.     | Pala                              |
| 6.     | Esterilla estructura              |
| 40 7.  | Grupo de fibras adheridas         |
| 8.     | Matriz                            |
| 9.     | Medios de conexión                |
| 10.    | Capa de grupos                    |
| 11.    | Región final en forma de cuña     |
| 45 12. | Región lateral en forma de cuña   |
| 13.    | Eje de simetría                   |
| 14.    | Medios de cosido                  |
| 15.    | Zona de unión de mitades de palas |
| 16.    | Miembro de refuerzo               |
| 50 17. | Borde de ataque                   |
| 18.    | Borde de arrastre                 |
| 19.    | Borde marginal                    |
| 20.    | Raíz                              |
| 21.    | Fibra                             |
| 55 22. | Hilo                              |
| 23.    | Material de la pala               |
| 24.    | Primera mitad de pala             |
| 25.    | Segunda mitad de pala             |
| 26.    | Primer molde de pala              |
| 60 27. | Segundo molde de pala             |
| W.     | Ancho de la esterilla             |

**REIVINDICACIONES**

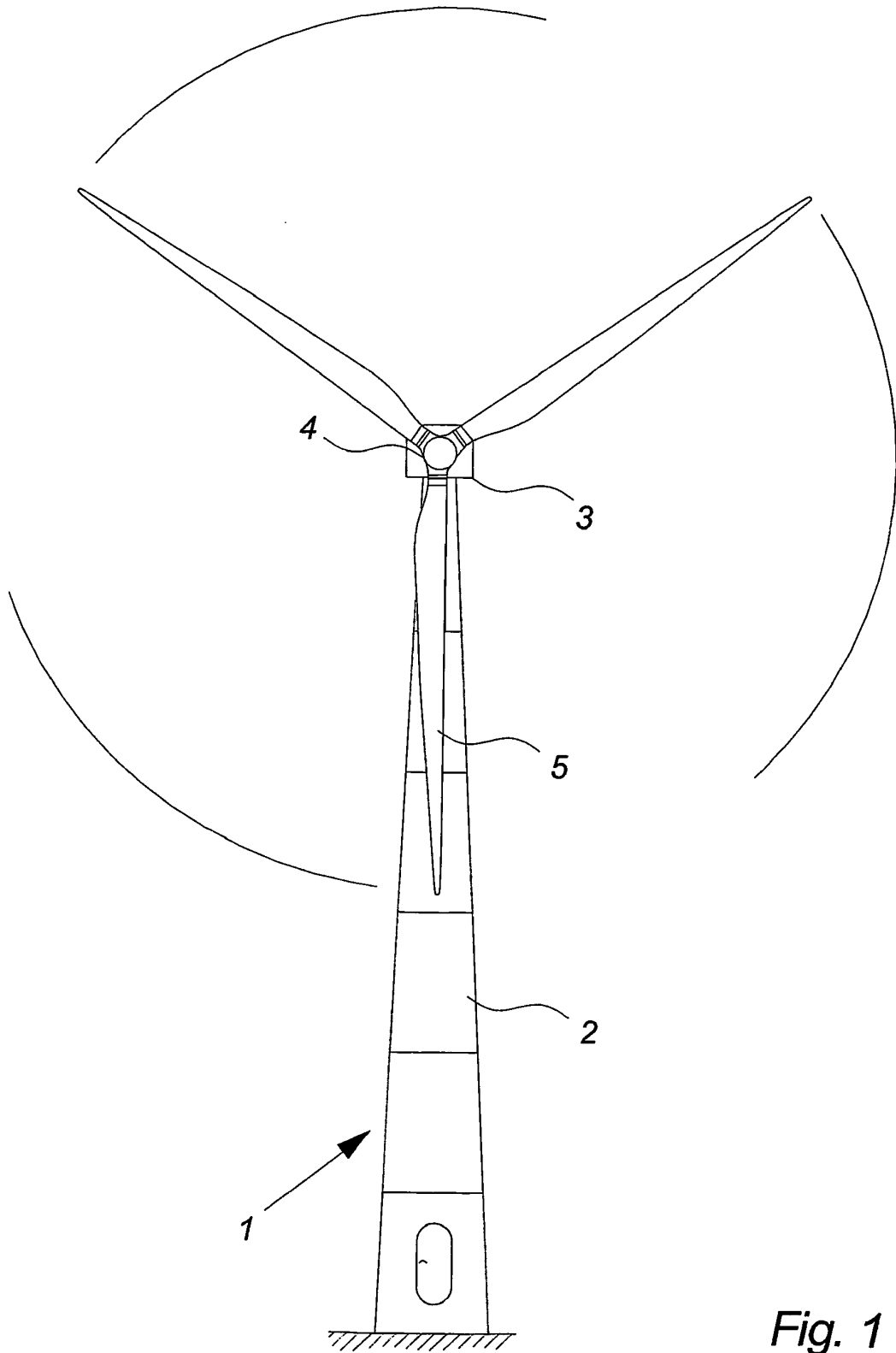
1. Un procedimiento para reforzar una estructura de pala de aerogenerador, en el que dicho procedimiento comprende las etapas de
- 5
- formar al menos una parte de dicha estructura de pala por una o más capas de material de la pala (23),
  - reforzar dicha estructura de pala añadiendo una o más esterillas estructurales (6) a dicha estructura de pala en el que dichas esterillas estructurales (6) comprenden dos o más grupos (7) de fibras adheridas (21),
  - añadir opcionalmente más material de la pala (23) a dicha estructura de pala,
- 10
- infundir una resina en al menos una parte de dicho material de la pala (23) y dichas esterillas estructurales (6) y
  - curar dicha resina infundida para conectar firmemente dichas esterillas estructurales (6) a dicho material de la pala (23).
- caracterizado por estar dichas fibras (21) unidas por una matriz (8) evitando sustancialmente el movimiento relativo
- 15 de dichas fibras (21) y en el que dichos grupos (7) están conectados entre sí mediante medios de conexión (9) limitando el movimiento relativo de dichos grupos (7) y en el que dicha esterilla estructural (6) está sustancialmente seca,
2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicha matriz (8) es resina.
- 20
3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 ó 2, en el que dichas fibras adheridas (21) en cada grupo (7) son sustancialmente unidireccionales.
4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos dos o
- 25 más grupos (7) están dispuestos sustancialmente paralelos en dicha esterilla (6).
5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos uno de dichos grupos (7) están curados previamente o sustancialmente curados previamente.
- 30
6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha esterilla estructural (6) comprende dos o más capas (10) de dichos grupos (7).
7. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6, en el que los grupos (7) de una o más de dichas dos o más capas (10) forman un ángulo con respecto a los grupos (7) de una o más capas (10) adicionales de
- 35 dichas dos o más capas (10).
8. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 6 ó 7, en el que dichas dos o más capas (10) de dichos grupos (7) están conectados por medios de conexión de capas (9) limitando el movimiento relativo de dichas capas (10).
- 40
9. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha esterilla estructural (6) comprende una región final en forma de cuña (11).
10. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha
- 45 esterilla estructural (6) comprende una región lateral en forma de cuña (12).
11. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichas fibras (21) son fibras de carbono y/o fibras de vidrio.
- 50
12. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno o más de dichos grupos (7) se forman con una forma en sección transversal que comprende tres o más ejes diferentes de simetría (13).
13. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos
- 55 grupos (7) comprenden un área en sección transversal de entre 1 y 100 mm<sup>2</sup>, preferiblemente entre 3 y 40 mm<sup>2</sup> y mucho más preferiblemente entre 6 y 25 mm<sup>2</sup>.
14. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos grupos (7) se forman con una forma en sección transversal sustancialmente uniforme a lo largo de toda la extensión
- 60 longitudinal de dichos grupos (7).
15. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que uno o más de dichos grupos (7) en dicha esterilla (6) se forman con una forma en sección transversal sustancialmente poligonal y en el que uno o más lados de dicho grupo (7) son convexos.
- 65
16. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho medio

de conexión (9) es un medio de cosido (14) que comprende uno o más hilos (22) que cosen dichos grupos (7) juntos.

17. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha estructura de pala de generador, reforzada por dicha esterilla estructural (6), es una estructura transportadora de carga de dicha pala (5), tal como la estructura de pala a lo largo de un borde de arrastre (18), un borde de ataque (17) o un borde de refuerzo (16) de dicha pala (5).

18. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dichos grupos (7) de fibras adheridas (7) tienen una tenacidad  $EI$  entre 0,01 y 420  $Nm^2$ , preferiblemente entre 0,03 y 35  $Nm^2$  y mucho más preferiblemente entre 0,15 y 1,6  $Nm^2$ , en el que  $EI$  es el producto del módulo elástico  $E$  y el segundo momento de inercia  $I$  de dichos grupos (7).

19. Uso de una o más esterillas estructurales (6) para reforzar una estructura de pala de aerogenerador en el que dichas esterillas estructurales (6) comprenden dos o más grupos (7) de fibras adheridas (21), caracterizado por estar dichas fibras (21) unidas por una matriz (8) evitando sustancialmente el movimiento relativo de dichas fibras (21) y en el que dichos grupos (7) están conectados entre sí por medios de conexión (9) limitando el movimiento relativo de dichos grupos (7) y en el que dicha esterilla estructural (6) está sustancialmente seca.



*Fig. 1*

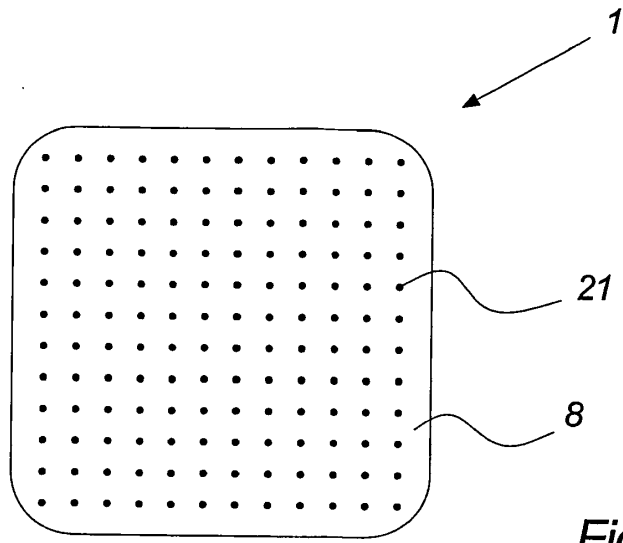


Fig. 2

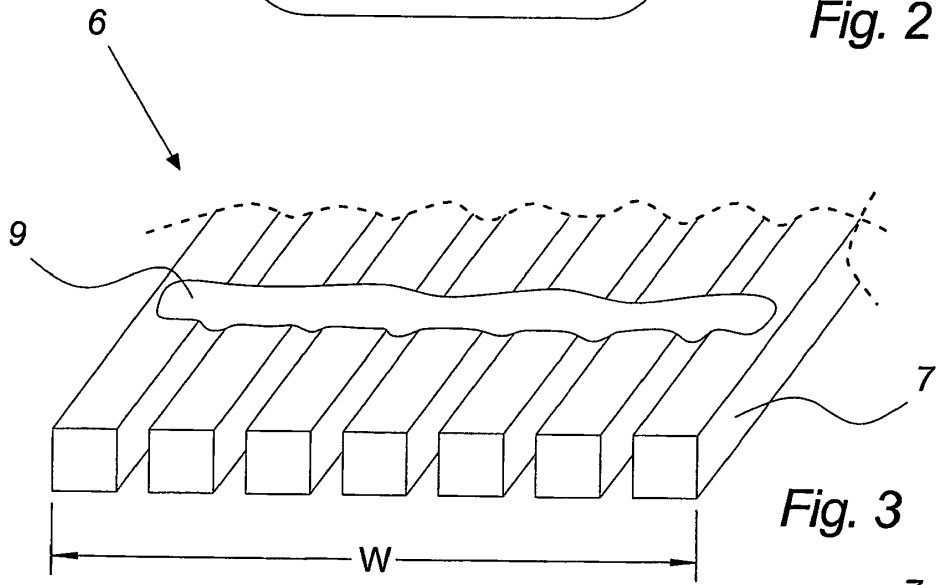


Fig. 3

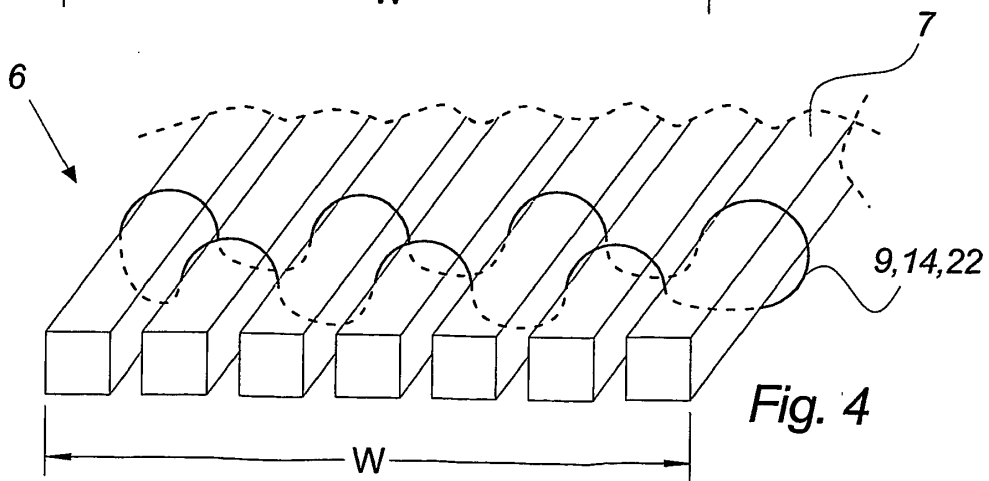
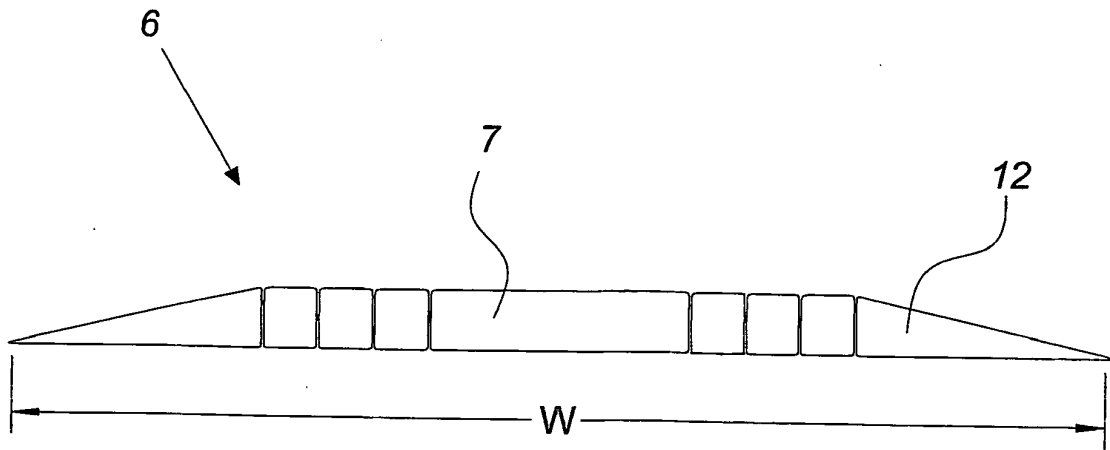
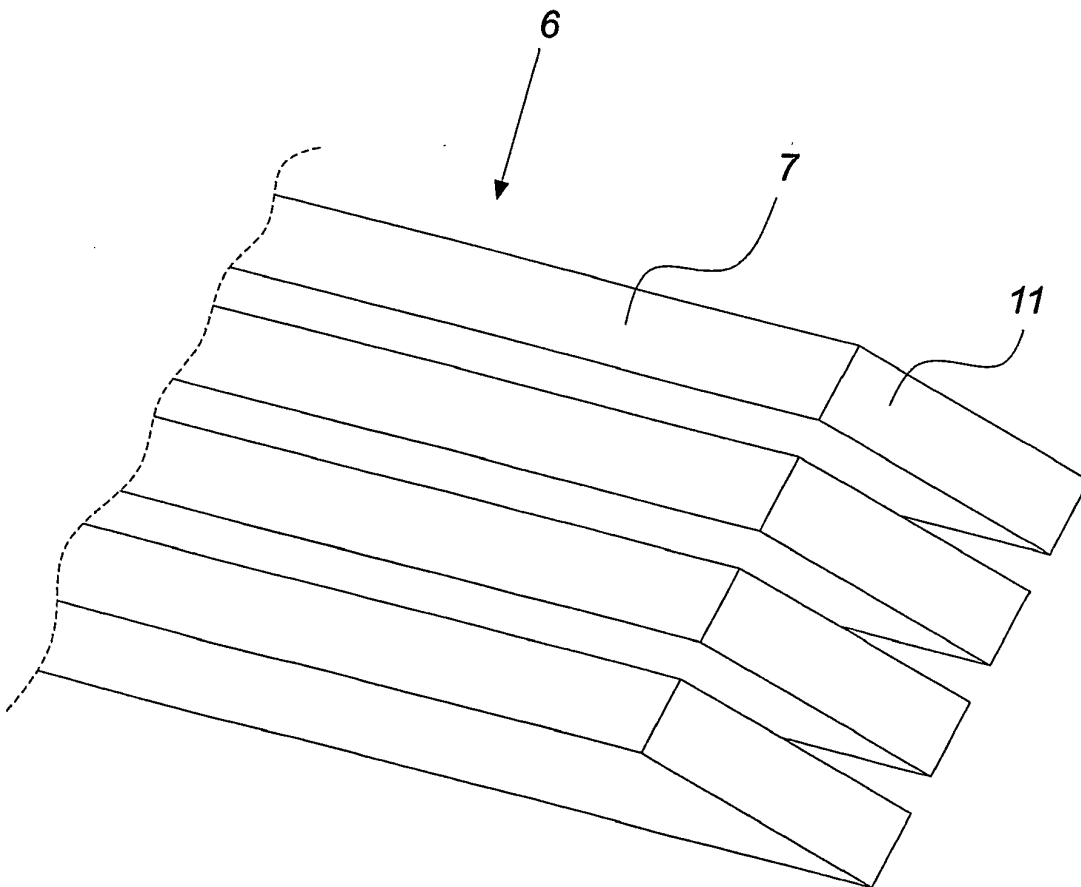


Fig. 4

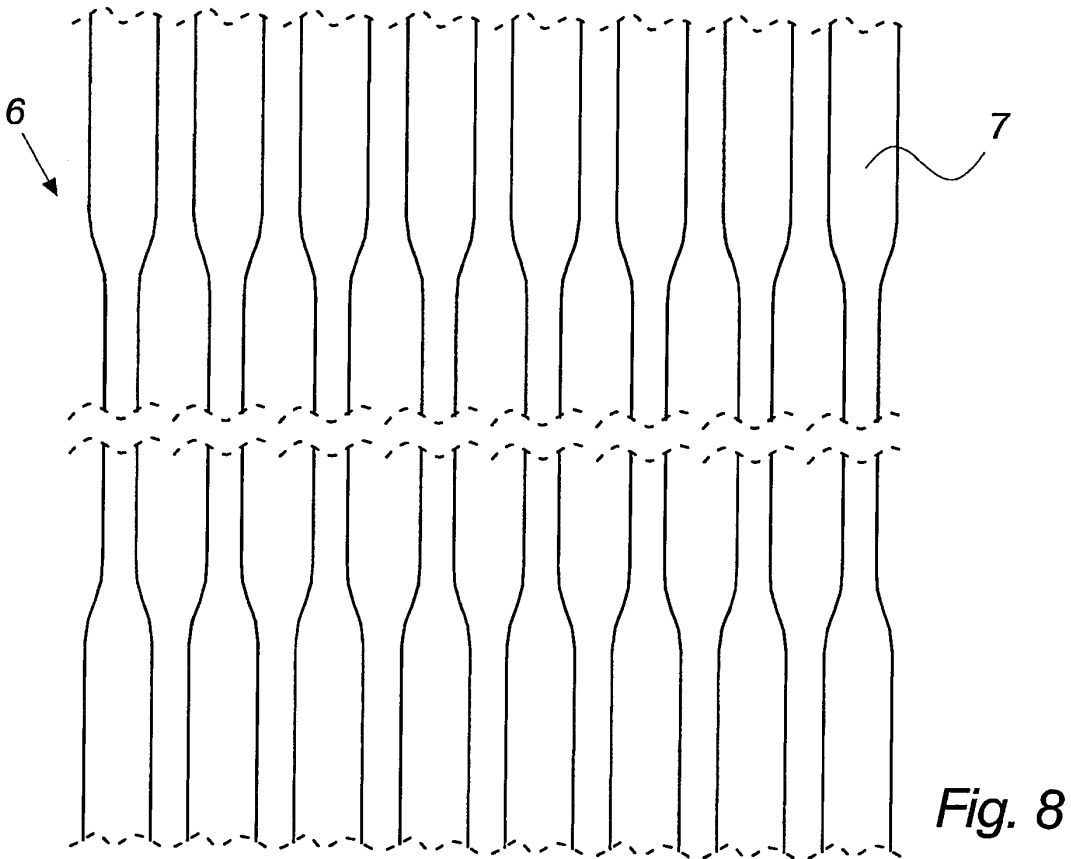
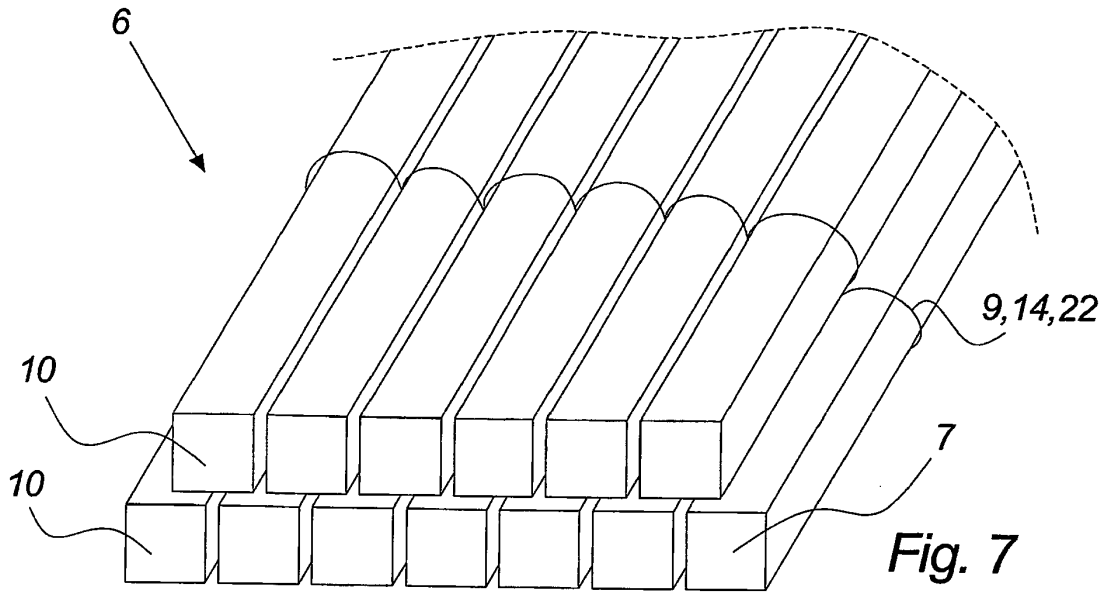


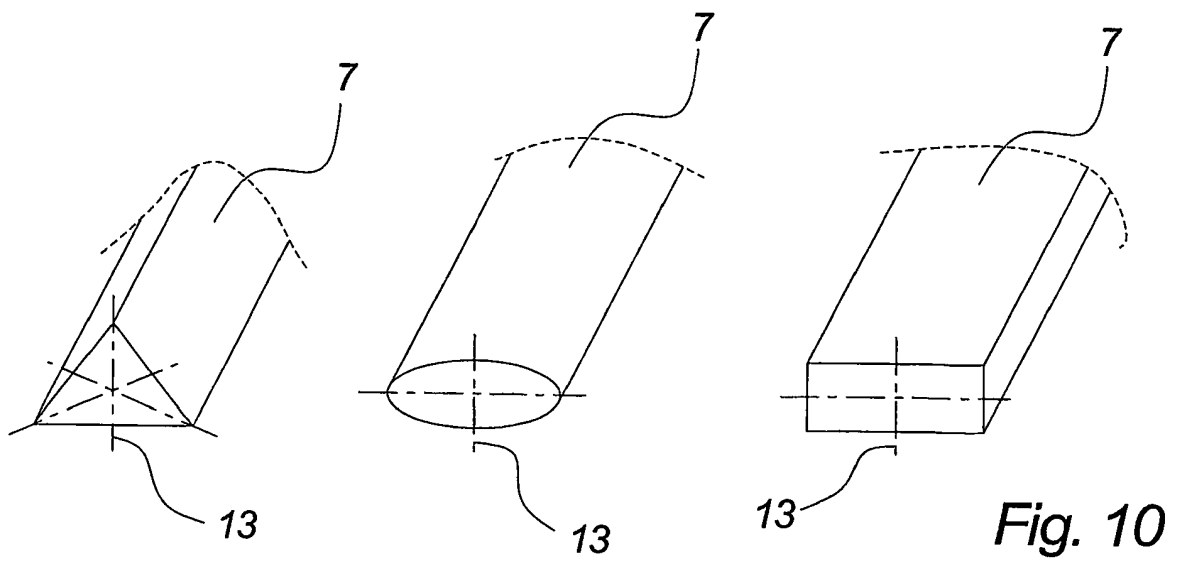
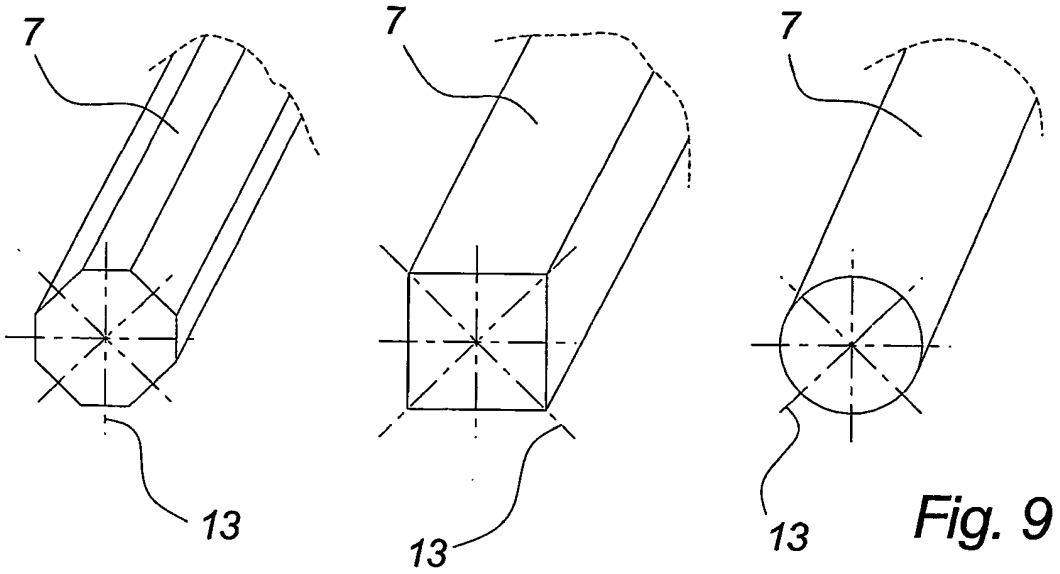
*Fig. 5*

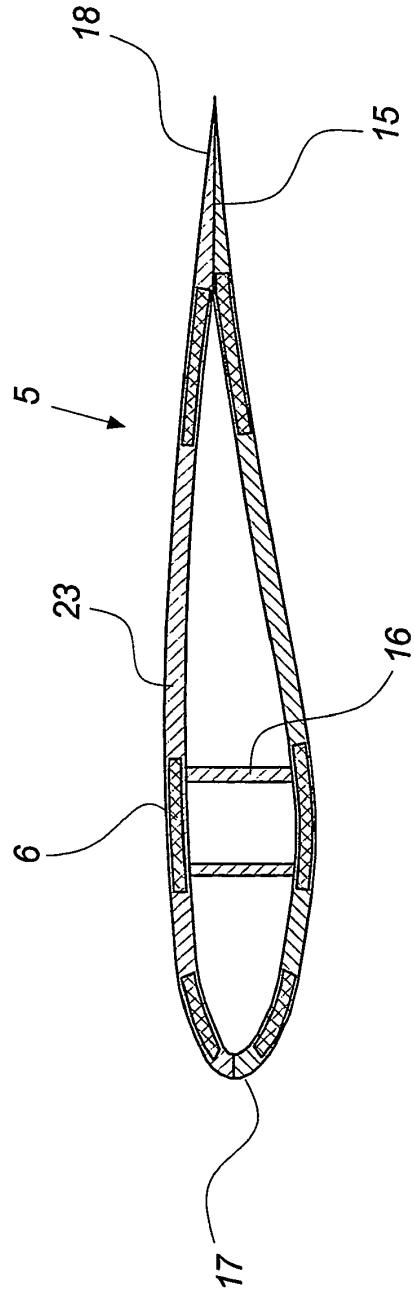
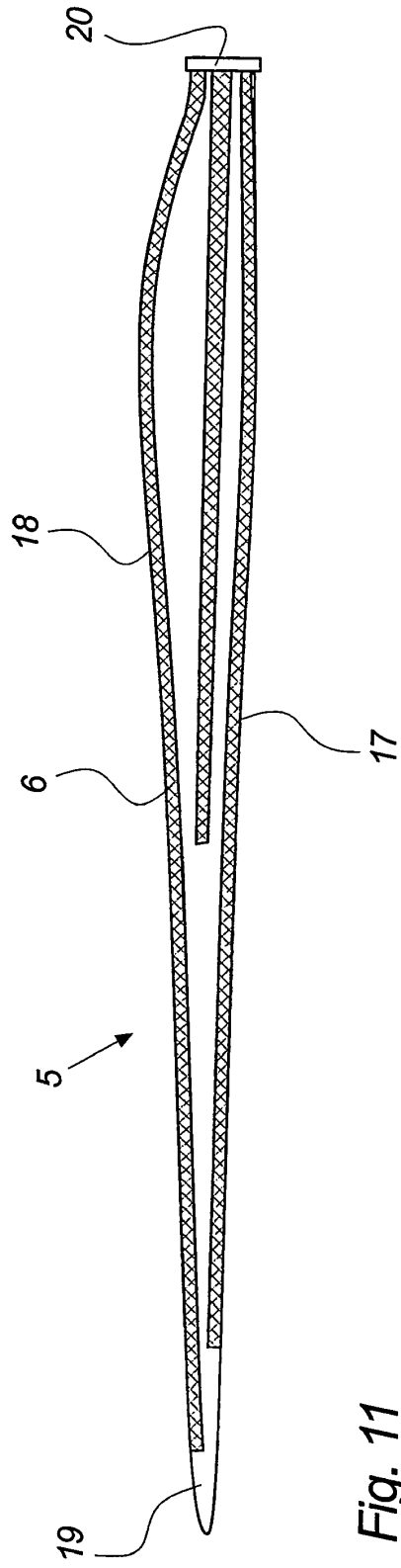


*Fig. 6*









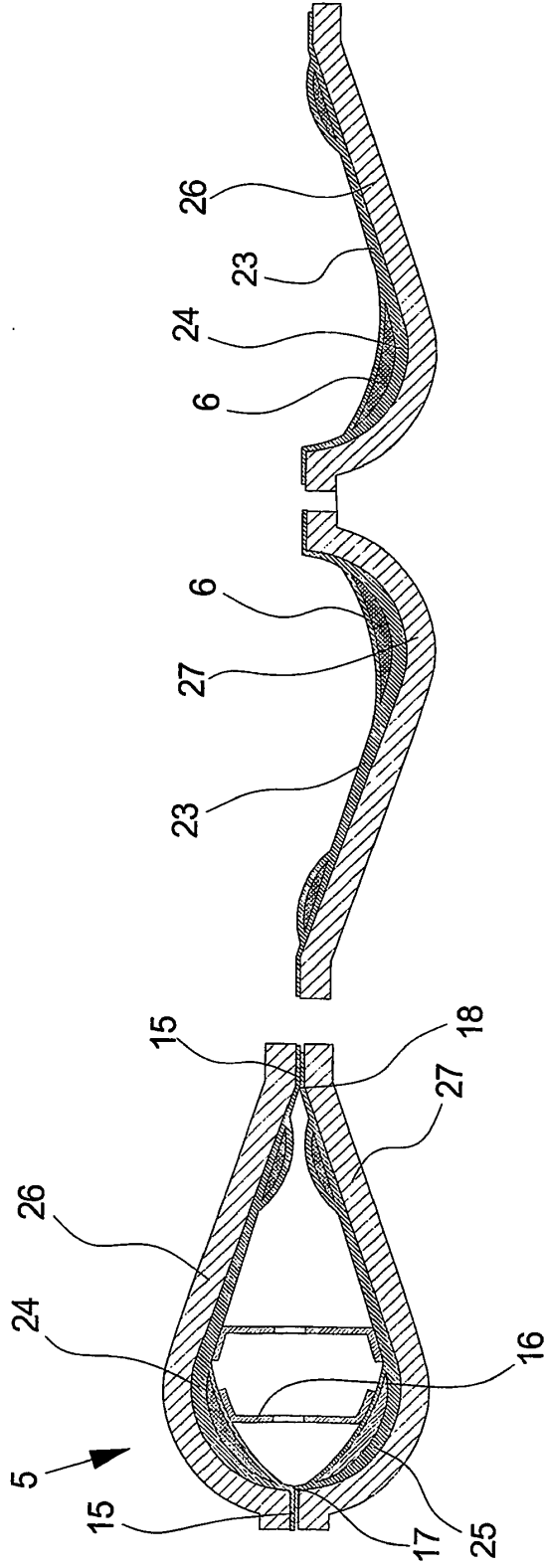


Fig. 13

Fig. 14