

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 754 236**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

B29C 70/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **05.02.2014** **PCT/EP2014/052213**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2014** **WO14122157**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.02.2014** **E 14702626 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.08.2019** **EP 2954199**

54 Título: **Elemento alargado, blando con fibras de vidrio cortadas**

30 Prioridad:

07.02.2013 EP 13154357

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

16.04.2020

73 Titular/es:

LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)

Jupitervej 6

6000 Kolding, DK

72 Inventor/es:

DAHL, MARTIN y

NIELSEN, LARS

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 754 236 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

Elemento alargado, blando con fibras de vidrio cortadas

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una cuerda de relleno, el uso de tal cuerda de relleno, un método de fabricación de tal cuerda de relleno y un aparato para la fabricación de tal cuerda de relleno.

Antecedentes de la invención

10 Las palas de turbinas eólicas se fabrican normalmente de acuerdo con uno de dos diseños de construcción, concretamente un diseño donde un revestimiento aerodinámico se adhiere o se une de otra manera a un larguerillo, o un diseño donde las tapas del larguero, también llamadas estructuras laminadas principales, están integradas en el revestimiento aerodinámico.

15 En el primer diseño, el larguerillo constituye la estructura que soporta la carga de la pala. El larguerillo así como el revestimiento aerodinámico o las partes de revestimiento se fabrican por separado. El revestimiento aerodinámico se fabrica normalmente como dos partes de revestimiento, normalmente como una parte de revestimiento lateral de presión y una parte de revestimiento lateral de aspiración. Las dos partes de revestimiento están adheridas o conectadas de otra manera al larguerillo y están adheridas además una a otra a lo largo de un borde de ataque y un borde de salida de las partes de revestimiento. Este diseño tiene la ventaja de que la estructura que soporta la carga crítica puede fabricarse por separado y por tanto es más fácil de controlar. Además, este diseño permite diversos métodos de fabricación diferentes para producir el larguero, tales como el modelado y el devanado de filamentos.

20 En el segundo diseño, las tapas del larguero o estructuras laminadas principales están integrados en el revestimiento y están modelados junto con el revestimiento aerodinámico. Las estructuras laminadas principales normalmente comprenden un número alto de capas de fibra en comparación con el resto de las palas y pueden formar un engrosamiento localizado del revestimiento de turbina eólica, al menos con respecto al número de capas de fibra. Por tanto, la estructura laminada principal puede formar una inserción de fibra en la pala. En este diseño, las estructuras laminadas principales constituyen la estructura que soporta la carga. Los revestimientos de las palas están diseñados normalmente con una estructura laminada principal integrada en la parte de revestimiento del lado de presión y una segunda estructura laminada integrada en la parte de revestimiento del lado de aspiración. La primera estructura laminada principal y la segunda estructura laminada principal están conectadas normalmente a través de una o más redes de cizalladura, que pueden tener por ejemplo forma de C o forma de I. Para palas muy largas, los revestimientos de la pala además a lo largo de al menos una parte de la extensión longitudinal comprenden una estructura laminada principal en el revestimiento del lado de presión, y una segunda estructura laminada principal adicional en el revestimiento del lado de aspiración. Estas estructuras laminadas adicionales pueden estar también conectadas mediante una o más redes de cizalladura. Este diseño tiene la ventaja de que es más fácil de controlar la forma aerodinámica de la pala mediante el modelado de la parte de revestimiento de la pala.

35 La infusión a vacío o VARTM (moldeado por transferencia de resina asistido por vacío) es un método, que se emplea normalmente para la fabricación de estructuras de material compuesto, tales como palas de turbinas eólicas que comprenden un material matriz reforzado con fibra.

40 Durante el procedimiento de llenado del molde, una aspiradora, entendiéndose dicha aspiradora en ese sentido como bajo presión o presión negativa, se genera mediante salidas de vacío en la cavidad de molde, por la cual el polímero líquido se introduce en la cavidad de molde mediante los canales de entrada para llenar dicha cavidad de molde. Desde los canales de entrada, el polímero se dispersa en todas las direcciones en la cavidad de molde debido a la presión negativa porque un frente de flujo se mueve hacia los canales de vacío. Por tanto, es importante colocar los canales de entrada y los canales de vacío óptimamente para obtener un llenado completo de la cavidad de molde. Sin embargo, garantizar una distribución completa del polímero en la cavidad de molde completa es a menudo difícil y, por consiguiente, a menudo da como resultado los llamados lugares secos, es decir zonas con material de fibra que no se han impregnado suficientemente de resina. Tales lugares secos son zonas donde el material de fibra no se ha impregnado, y donde puede haber bolsas de aire, que son difíciles o imposibles de eliminar mediante el control de la presión de vacío y una posible sobrepresión en el lado de entrada. En técnicas de infusión a vacío que utilizan una parte de molde rígido y una parte de molde flexible en forma de bolsa de vacío, los lugares secos pueden repararse tras el procedimiento de llenado del molde mediante la perforación de la bolsa en la posición respectiva y mediante la introducción de aire por ejemplo por medio de una aguja de jeringuilla. El polímero líquido puede opcionalmente inyectarse en la posición respectiva y esto puede hacerse por ejemplo por medio de una aguja de jeringuilla también. Este es un procedimiento que requiere mucho tiempo y agotador. En el caso de partes de molde grandes, el personal tiene que permanecer en la bolsa de vacío. Esto no es deseable, especialmente cuando el polímero no se ha endurecido, ya que puede dar como resultado deformaciones en el material de fibra insertado y por tanto debilitamiento local de la estructura, que puede causar por ejemplo efectos de pandeo.

En la mayoría de los casos, el polímero o resina aplicado es poliéster, viniléster o resina epoxídica, pero también puede ser PUR o pDCPD, y los refuerzos de fibra están con mayor frecuencia basados en fibras de vidrio o fibras de

carbono. Las resinas epoxídicas tienen ventajas con respecto a diversas propiedades, tales como la contracción durante el curado (que, a su vez deriva potencialmente en menos arrugas en la estructura laminada), propiedades eléctricas y mecánicas y resistencia a las fatigas. El poliéster y los vinilésteres tienen la ventaja de que proporcionan mejores propiedades de adhesión a capas de gel. De ese modo, puede aplicarse una capa de gel a la superficie exterior del revestimiento durante la fabricación del revestimiento mediante la aplicación de una capa de gel al molde antes de que el material de refuerzo de fibra se fije en el molde. Por tanto, pueden evitarse diversas operaciones pos-moldeado, tales como pintar la pala. Además, poliésteres y vinilésteres son más baratos que las resinas epoxídicas. Por consiguiente, el proceso de fabricación puede simplificarse y los costes pueden reducirse.

A menudo, las estructuras compuestas comprenden un material del núcleo cubierto con un material de refuerzo de fibra, tal como una o más capas de polímero reforzado con fibra. El material del núcleo puede utilizarse como un separador entre tales capas para formar una estructura intercalada y está hecho normalmente de un material rígido, ligero para reducir el peso de la estructura compuesta. Para asegurar una distribución eficiente de la resina líquida durante el proceso de impregnación, puede proporcionarse el material del núcleo con una red de distribución de resina, por ejemplo proporcionando canales o ranuras en la superficie del material del núcleo. La construcción intercalada se utiliza a menudo en tanto el revestimiento aerodinámico como las redes de cizalladura.

Las palas de turbinas eólicas han mejorado a lo largo de los años para volverse más eficientes y optimizarse con respecto a cargas para mejorar la producción de energía anual (AEP) de las turbinas eólicas y para optimizar el coste por MW de la turbina eólica. Las palas de turbinas eólicas modernas se construyen a menudo con una zona radicular más cercana al cilindro, una zona aerodinámica que comprende un perfil generador de elevación más alejado del cilindro y una zona de transición entre la zona radicular y la zona aerodinámica. La zona aerodinámica tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto al generador de elevación, mientras que la zona radicular tiene una sección transversal sustancialmente circular, que reduce las tormentas de carga y hace más fácil y seguro el montaje de la pala al cilindro. Como sugiere su nombre, la zona de transición de transición tiene una forma que cambia gradualmente desde la forma circular de la zona radicular al perfil aerodinámico de la zona aerodinámica. Normalmente, la anchura de la cuerda de la pala en la zona de transición aumenta hacia la cuerda más grande, también llamada reborde, que puede formar el límite entre la zona de transición y la zona aerodinámica. Además, los perfiles de pala están normalmente retorcidos en la dirección longitudinal para compensar la velocidad de flujo de entrada variable local y el ángulo de ataque del radio local de la pala de rotor. Adicionalmente, las palas de turbinas eólicas se han vuelto progresivamente más largas en el transcurso del tiempo y hoy en día pueden tener más de 70 m de longitud, se ha vuelto cada vez más atractivo utilizar palas previamente curvadas para turbinas eólicas, ya que permiten colocar el rotor de la turbina eólica cerca de la torre de la turbina eólica, mientras que todavía evitan que la pala choque con la torre cuando está sometida a una ráfaga. Además, el curvado previo de las palas permite que las palas se hagan menos rígidas y más ligeras.

En general, se considera que las palas de turbinas eólicas modernas se han desarrollado hacia una geometría compleja debido a la superficie de doble curvatura, el curvado previo, la torsión y sucesivos. Además, las palas comprenden diversas juntas, tales como juntas en el borde de ataque y el borde de salida para unir las dos partes de revestimiento de palas. Esto mismo se aplica a las redes de cizalladura con forma de C o con forma de I. Estas están normalmente construidas como una construcción intercalada con un biselado en las juntas entre la pata y la base (o rebordes) para transferir cargas desde las redes a las estructuras laminadas principales sin riesgo de fallo y fracturas en las juntas entre la pata y la base. Sin embargo, este biselado normalmente da como resultado áreas ricas en resina o reservas de resina en la junta. Tales reservas de resina crearán a menudo resina quemada debido a los altos picos exotérmicos durante el proceso de curado de la resina, que a su vez puede derivar en puntos débiles mecánicos.

Por tanto, las cuerdas que comprenden fibras de refuerzo orientas de manera unidireccional (cuerdas UD) se utilizan normalmente como un material de relleno en las zonas ricas en resina. Además, tales cuerdas también funcionan en redes de modo que transfieren cargas desde capas de revestimiento de la pata a los rebordes. Sin embargo, la investigación ha revelado que el uso de cuerdas UD puede dar como resultado el secado de fibras de refuerzo en el centro de la cuerda debido a las fibras UD bastante apretadas. Esto a su vez puede dar como resultado también en puntos débiles mecánicos. La investigación ha mostrado que las zonas secas pueden ocurrir incluso en cuerdas con un diámetro relativamente pequeño, tales como cuerdas que tienen un diámetro de aproximadamente 6 mm. Adicionalmente, una cuerda UD solo proporciona rigidez en la dirección longitudinal de la pala, mientras que es la fuerza transversal la que es importante para aumentar la capacidad de la junta. Con la cuerda UD, la fuerza transversal de la cuerda impregnada se da solo por la fuerza de la resina utilizada.

El documento WO 02/057067 A1 da a conocer una estructura laminada compuesta, un laminado y un producto semielaborado que comprende un número de cintas de fibra, en el que un número de cintas de fibra han sido reemplazadas por hilo piloso. El hilo piloso puede estar contruidos a partir de tramos cortos de fibras de carbono rotas y retorcidas o por ejemplo fibras de vidrio. El hilo piloso está dispuesto de manera que tramos cortos de fibras sobresalen de la orientación principal de las fibras del hilo piloso.

El documento EP 1 980 658 A1 da a conocer un aparato para producir un hilo. El aparato comprende un cortador para cortar planchas de grafito ampliadas en bandas de un espesor dado, que se suministran entonces en un

embudo y en un miembro tubular, en el que las bandas de grafito están alineadas en una dirección longitudinal en el miembro tubular.

- 5 Frederick T Wallenberger et al., "Glass Fibers", ASM, manual, vol. 21, 2001, páginas 27-34, da a conocer una visión general de tipos de fibras de vidrio y sus fabricaciones. En un ejemplo dado a conocer, un hilo de fibra de vidrio básico está hecho de hilo continuo. El hilo continuo está cortado en tramos de 38 a 50 mm, y alineado entonces en forma de esteras y entonces se convierte finalmente en un hilo básico.

Es un objetivo de la invención obtener una cuerda que contiene fibras de refuerzo que superan o mejoran al menos una de las desventajas de la técnica anterior o proporcionar una alternativa útil.

Sumario de la invención

- 10 De acuerdo con un primer aspecto de la invención, se proporciona una cuerda para juntas reforzadas en estructuras compuestas de fibras reforzadas y adaptadas para asegurar un correcto secado durante un proceso de infusión, en el que la cuerda comprende fibras reforzadas cortadas en forma de fibras de vidrio, que predominantemente tienen una orientación al azar, y que tienen una longitud media de entre 0.5 cm y 5 cm y medios de sujeción para sujetar las fibras cortadas en una forma de cuerda.
- 15 Las fibras de vidrio cortadas tendrán predominantemente una orientación al azar, por lo cual las fibras no están tan densamente apretadas. Por tanto, las cuerdas con fibras cortadas facilitarán aberturas desde la circunferencia de la cuerda al núcleo de la cuerda y asegurarán un secado correcto a través de la cuerda entera, cuando se utilice un procedimiento de infusión para fabricar una pala de turbina eólica u otra estructura compuesta. Además, las fibras cortadas orientadas al azar aseguran que al menos un número de fibras están orientadas con un componente en la
- 20 dirección transversal. Por consiguiente, las fibras contribuyen a la fuerza transversal y aumentan la capacidad de la junta en la que se utiliza la cuerda como material de relleno. Por tanto, no es necesario comprar cuerdas Ud adicionales y pueden evitarse costes para colocar el exceso o el material de desecho de vidrio, ya que el exceso de vidrio o el material de desecho de vidrio puede cortarse y utilizarse para cuerdas según la invención. Las cuerdas normalmente representan una parte relativamente significativa del coste de la pala debido a la cantidad de cuerda
- 25 necesitada. Una pala de 70 metros que comprende dos redes por ejemplo necesitará el uso de ocho cuerdas solo para las redes. Ya que las redes normalmente se extienden sustancialmente a lo largo de la longitud entera de la pala, una sola pala necesitará 560 metros de cuerda solo para las redes. Por tanto, las cuerdas con fibras cortadas no solo proporcionarán una ventaja mecánica sobre el uso de cuerdas UD, sino que también en relación con menos gasto y costes de producción más bajos.
- 30 De la descripción anterior se desprende que las fibras cortadas en una realización altamente ventajosa tienen una orientación al azar en la cuerda.
- De acuerdo con una realización ventajosa particular, los medios de sujeción son un tubo de estructura abierta, tal como un tubo de malla y en el que las fibras cortadas están conservadas en el tubo. Esto contempla una estructura similar a un calcetín simple para sostener las fibras cortadas, en la que las fibras cortadas pueden sobresalir de las
- 35 aberturas en el tubo de modo que proporcionan la fuerza transversal de la junta. El tubo de malla puede tener una forma y un diseño similares a los utilizados en un estent.
- Los tubos de malla pueden tener también la ventaja de que pueden ser expandibles o retráctiles. De ese modo, el mismo tipo de tubos de malla pueden utilizarse para cuerdas con diversos diámetros que comprenden fibras cortadas. El tubo de malla puede extraerse al diámetro deseado, por ejemplo, de manera simultánea con las fibras de refuerzo cortadas pueden suministrarse al tubo. El tubo puede tratarse con calor para mantener la forma y unirse a las fibras cortadas. En principio también es posible variar el diámetro de la cuerda en la dirección longitudinal variando la velocidad de alimentación y/o la velocidad de extracción.
- 40 De acuerdo con otra realización altamente ventajosa, los medios de sujeción son una o más fibras de envoltura que están envueltas alrededor de las fibras de refuerzo cortadas. Las fibras de envoltura pueden, por ejemplo, estar envueltas alrededor de las fibras cortadas mediante una máquina de trenzado. La máquina de trenzado puede también utilizarse para formar un tubo de malla alrededor de las fibras cortadas. El tubo de malla puede estar formado también mediante la envoltura de una lámina de malla alrededor de la fibra cortada. Esto puede por ejemplo realizarse con un dispositivo similar a una máquina de trenzado.
- 45 En otra realización, los medios de sujeción son un agente de adhesividad. El agente de adhesividad puede utilizarse para asegurar que las fibras cortadas están conservadas en la forma de cuerda. Esto puede por ejemplo llevarse a cabo mediante la introducción de fibras cortadas en un tubo o boquilla de modelación y el paso de fibras cortadas a través de una resina o un baño de agente de adhesividad. En una realización más simple, el agente de adhesividad se añade simplemente a la fibra cortada, tras la que las fibras cortadas están compactadas y formadas en la cuerda. El agente de adhesividad asegura que las fibras cortadas se adhieren entre sí. El agente de adhesividad puede por
- 50 ejemplo ser un termoplástico. El agente de adhesividad llena de manera ventajosa el 0.5-10% o 0.5-5%, por ejemplo, alrededor del 1% de la cuerda terminada por volumen.
- 55

- En todavía otra realización, los medios de sujeción son una fibra o un filamento del núcleo al que se unen las fibras de refuerzo cortadas. Tal realización contempla una cuerda de refuerzo suave que asegura el secado adecuado y el refuerzo transversal. Las fibras de refuerzo cortadas pueden por ejemplo estar envueltas alrededor de la fibra o filamento del núcleo, o estar cosidas o tejidas con la fibra o filamento del núcleo. La cuerda también puede comprender fibras o filamentos principales adicionales.
- En una realización ventajosa, la longitud media de las fibras cortadas es entre 1 cm y 4 cm, de manera ventajosa alrededor de 2.5 cm. Tales longitudes contemplan una orientación al azar óptima para las fibras para asegurar el secado adecuado y el refuerzo transversal.
- En otra realización ventajosa, la cuerda tiene un diámetro de al menos 5 mm. El diámetro de cuerda puede ser de hasta 20 mm o 25 mm, o incluso hasta 30 mm. Diámetros de cuerda ventajosos son por ejemplo aproximadamente 6 mm, 9 mm, 12 mm o 15 mm.
- Los medios de sujeción pueden también estar formados con una forma exterior adaptada a una junta particular. Los medios de sujeción pueden por ejemplo tener una sección transversal sustancialmente triangular que tiene tres lados con una estructura de malla, proporcionando de ese modo una cuerda con forma triangular.
- Las fibras de refuerzo cortadas llenan de manera ventajosa al menos el 50%, o al menos el 60%, o al menos el 70% o al menos el 80% o al menos el 90% de la cuerda por volumen.
- En una realización ventajosa, los medios de sujeción están hechos de un material de polímero, tal como un material termoplástico o un material termoendurecible. Sin embargo, el material también puede elegirse del grupo de nailon, vidrio y poliéster. En otra realización ventajosa, el material es soluble en una resina, tal como un poliéster, un viniléster o una resina epoxídica, por lo cual los medios de sujeción se disolverán en la matriz del polímero cuando la resina se infunda y después se cure para formar la estructura compuesta. Por tanto, las fibras de envoltura o el tubo de malla están hechos de dicho material.
- En otra realización ventajosa, las fibras de refuerzo cortadas predominantemente orientadas al azar pueden estar enredadas para mantener la forma de cuerda. Este enredo se obtiene por todas las fibras cortadas orientadas al azar y no por toda la torsión o similares. En esta realización, los medios de sujeción pueden estar considerados formados por las fibras cortadas enredadas.
- De acuerdo con un segundo aspecto, la invención proporciona un uso de una cuerda de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriores como un material de relleno en una estructura compuesta. De manera similar, la invención proporciona un uso de una cuerda de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriores como un material de relleno para evitar la formación de reservas de resina en un proceso de moldeado de transferencia de resina para fabricar una estructura compuesta, que a su vez minimiza las zonas ricas en resina en la estructura compuesta que pueden llevar a puntos débiles mecánicos en la estructura.
- De acuerdo con un tercer aspecto, la invención proporciona una estructura compuesta hecha de un material de refuerzo de fibra integrado en una matriz polimérica y que comprende una cuerda de acuerdo con cualquiera de las realizaciones anteriores, estando la cuerda integrada en la matriz polimérica.
- La estructura compuesta comprende de manera ventajosa una junta, en la que la cuerda está dispuesta a o en la junta.
- En una realización alternativa, la cuerda está formada durante la fabricación de la estructura compuesta mediante la inyección de fibras cortadas en un hueco, por ejemplo, un hueco en la junta, en efecto llenando el hueco con fibras cortadas y formando una forma de cuerda, tras la que se inyecta la resina. En una realización preferida, la estructura compuesta es una pala de turbina eólica. Por consiguiente, la invención proporciona una pala de turbina eólica hecha de un material de refuerzo de fibra integrado en una matriz polimérica, en la que la pala de turbina eólica puede comprender juntas entre diferentes partes de la pala de la turbina eólica. Las cuerdas pueden por ejemplo utilizarse en las redes de cizalladura montadas internamente en la pala de turbina eólica. Las cuerdas pueden también utilizarse como complementos a las palas, tales como alerones, faldillas o similares montados.
- La matriz polimérica puede por ejemplo ser resina epoxídica, poliéster o viniléster. El material de refuerzo de fibra es fibras de vidrio.
- De acuerdo con un cuarto aspecto, la invención proporciona un método de fabricación de una cuerda que comprende fibras de refuerzo cortadas, comprendiendo el método las etapas de: a) proporcionar fibras de refuerzo cortadas en forma de fibras de vidrio, que predominantemente tienen una orientación al azar y que tienen una longitud media entre 0.5 y 5 cm, b) proporcionar medios de sujeción para sujetar las fibras de refuerzo cortadas, y c) formar las fibras de refuerzo cortadas y medios de sujeción a una cuerda.
- En una realización ventajosa, la etapa a) comprende cortar o cortar de otra manera un material de refuerzo de fibra en fibras de refuerzo cortadas.

En otra realización ventajosa, las etapas b) y/o c) comprenden la etapa de introducir el material de refuerzo cortado en un tubo de malla. Las fibras cortadas pueden por ejemplo introducirse en el tubo mediante la insuflación de fibras cortadas o rellenarlas de otra manera en el tubo. El tubo de malla es extraído cuando las fibras cortadas se introducen en el tubo de malla de modo que se obtiene un diámetro deseado para la cuerda. La velocidad para la extracción y llenado puede fijarse de modo que se obtiene el diámetro de cuerda deseado y la densidad de fibra.

En otra realización ventajosa, las fibras de refuerzo cortadas se introducen en una máquina de trenzado que trenza los medios de sujeción alrededor de las fibras cortadas. La máquina de trenzado puede por ejemplo formar un tubo de malla alrededor de las fibras cortadas. Como alternativa, puede proporcionar fibras de envoltura individuales alrededor de las fibras cortadas.

En todavía otra realización, se suministra un agente de adhesividad a las fibras cortadas en la etapa b).

De acuerdo con una quinta realización, la invención proporciona un aparato para fabricar una cuerda que comprende fibras de refuerzo cortadas, en las que el aparato comprende: un dispositivo de corte para cortar fibras de refuerzo con forma de fibras de vidrio en fibras de refuerzo cortadas, que tienen una longitud media de entre 0.5 cm y 5 cm, una cuerda que forma un dispositivo para proporcionar medios de sujeción para sujetar las fibras de refuerzo cortadas y formar las fibras de refuerzo cortadas en una forma de cuerda, y un dispositivo de relleno para introducir las fibras de refuerzo cortadas en el dispositivo que forma la cuerda, en el que el dispositivo de relleno está adaptado para recibir dichas fibras de refuerzo cortadas desde el dispositivo de corte, y el dispositivo de relleno estando además conectado a la máquina moldeadora de cuerda de modo que introduce dichas fibras de refuerzo cortadas a dicha máquina moldeadora de cuerda. En principio, no forma parte del aparato reivindicado, el dispositivo de corte puede omitirse del aparato si las fibras cortadas pueden comprarse o producirse de otra manera por separado. En este caso, las fibras cortadas están simplemente introducidas en el dispositivo de relleno y en el que el aparato comprende además medios para orientar al azar las fibras de refuerzo cortadas.

Los medios para orientar al azar las fibras de refuerzo cortadas pueden estar integrados en el dispositivo de corte y/o el dispositivo de relleno. Sin embargo, los medios pueden aplicarse también como un dispositivo apartado en el aparato.

En una realización ventajosa, el dispositivo de formación de cuerda comprende un dispositivo de trenzado para trenzar uno o más cables de envoltura alrededor de las fibras de refuerzo cortadas. La máquina de trenzado puede por ejemplo formar un tubo de malla rodeando las fibras cortadas.

En otra realización ventajosa, el dispositivo de formación de cuerda comprende un dispositivo para ajustar un tubo de malla alrededor de las fibras de refuerzo cortadas. Por consiguiente, las fibras cortadas pueden estar rellenas en tubos de malla fabricados previamente.

El dispositivo de formación de cuerda puede comprender además un dispositivo de extracción para extraer el tubo de malla a un diámetro exterior deseado.

En una realización, el dispositivo de relleno comprende un dispositivo de pulverización para pulverizar o insuflar las fibras de refuerzo cortadas al dispositivo de formación de cuerda. Sin embargo, de acuerdo con una realización ventajosa, el dispositivo de alimentación comprende un compactador, tal como un compactador de husillo, para comprimir las fibras cortadas. En una realización tal, las fibras cortadas pueden simplemente ser presionadas al dispositivo de formación de cuerda. El dispositivo de relleno puede incluir un dispositivo de formación, tal como una pieza de tubo o una boquilla, que suministra las fibras cortadas al dispositivo de formación de cuerda en la forma de sección transversal deseada para la cuerda.

En una realización particularmente ventajosa, el dispositivo de relleno comprende además una boquilla orientada de forma variable, por ejemplo, giratoria para además aleatorizar la orientación de las fibras de refuerzo cortadas introducidas en el dispositivo de formación de cuerda.

En todavía otra realización, el aparato comprende además una máquina bobinadora para enrollar la cuerda en una bobina, rollo o carrete. Por tanto, las cuerdas pueden después aplicarse al diseño de fibra desde dicho rollo cuando se fabrica la estructura compuesta.

Descripción detallada de la invención

La invención se explica en detalle a continuación con referencia a una realización mostrada en los dibujos, en los que

la figura 1 muestra una turbina eólica,

la figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica,

la figura 3 muestra una vista esquemática de una sección transversal de una pala de turbina eólica,

la figura 4 muestra una primera realización de una cuerda de relleno de acuerdo con la invención,

la figura 5 muestra una segunda realización de una cuerda de relleno de acuerdo con la invención,

la figura 6 muestra un diseño general de un aparato para hacer cuerdas de relleno de acuerdo con la invención,

la figura 7 muestra una vista esquemática de una primera realización de un aparato para hacer cuerdas de relleno de acuerdo con la invención,

- 5 la figura 8 muestra una vista esquemática de una segunda realización de un aparato para hacer cuerdas de relleno de acuerdo con la invención,

la figura 9 muestra una sección transversal de una variación de la segunda realización de la cuerda de relleno, y

la figura 10 muestra una sección transversal de una tercera realización de la cuerda de relleno de acuerdo con la invención.

- 10 La figura 1 ilustra una turbina eólica a barlovento moderna convencional de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje del rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un cilindro 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el cilindro 8, teniendo cada una un encastre 16 de pala más cercano al cilindro y un extremo 14 de pala más alejado del cilindro 8. El rotor tiene un radio denotado R.

- 15 La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala 10 de turbina eólica. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una zona 30 radicular más cercana al cilindro, una zona perfilada o aerodinámica más alejada del cilindro y una zona 32 de transición entre la zona 30 radicular y la zona 34 aerodinámica. La pala 10 comprende un borde 18 de ataque frente a la dirección de rotación de la pala 10 cuando la pala está engastada en el cilindro, y un borde 20 de salida frente a la dirección opuesta del borde 18 de ataque.

- 20 La zona 34 aerodinámica (también llamada la zona perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto al generador de elevación, mientras que la zona 30 radicular debido a consideraciones estructurales, tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que por ejemplo hace más fácil y seguro engarzar la pala 10 al cilindro. El diámetro (o la cuerda) de la zona 30 radicular puede ser constante a lo largo de la zona 30 radicular entero. La zona 32 de transición tiene un perfil de transición que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica de la zona 30 radicular al perfil aerodinámico de la zona 34 aerodinámica. La longitud de cuerda de la zona 34 de transición aumenta normalmente con aumento de distancia r desde el cilindro. La zona 34 aerodinámica tiene un perfil aerodinámico con una cuerda que se extiende entre el borde 18 de ataque y el borde 20 de salida de la pala 10. La anchura de la cuerda descende con un aumento de distancia r desde el cilindro.

- 25 Un reborde 40 de la pala 10 se define como la posición donde la pala 10 tiene su longitud de cuerda más grande. El reborde 40 se proporciona normalmente en el límite entre la zona 32 de transición y la zona 34 aerodinámica.

Debe observarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, ya que la pala puede estar retorcida y/o curvada (es decir, previamente curvada), proporcionando de ese modo el plano de cuerda con una trayectoria correspondientemente retorcida y/o curvada, siendo esto así en la mayoría de los casos para compensar la velocidad local de la pala que depende del radio desde el cilindro.

- 30 La pala está hecha normalmente de una parte 36 de revestimiento del lado de presión y una parte 38 de revestimiento de lado de succión que están adheridas entre sí a lo largo de las líneas de pliegue en el borde 18 de ataque y en el borde 20 de salida de la pala.

- La figura 3 muestra una vista esquemática de una sección transversal de la pala a lo largo de la línea I-I mostrada en la figura 2. Como se ha mencionado previamente, la pala 10 comprende una parte 36 de revestimiento de lado de presión y una parte 38 de revestimiento de lado de succión. La parte 36 de revestimiento de lado de presión comprende una tapa 41 de larguero también llamada estructura laminada principal, que constituye una parte que soporta la carga de la parte 36 de revestimiento de lado de presión. La tapa 41 de larguero comprende una pluralidad de capas 42 de fibra que comprenden fibras unidireccionales alineadas a lo largo de la dirección longitudinal de la pala para proporcionar rigidez a la pala. La parte 38 de revestimiento de lado de succión comprende una tapa 45 de larguero que comprende una pluralidad de capas de 46 de fibra. La parte 38 de revestimiento de lado de succión también comprende un material 43 del núcleo intercalado normalmente hecho de madera de balsa o polímero espumado e intercalada entre un número de capas de revestimiento reforzado de fibra. El material 43 del núcleo intercalado se utiliza para proporcionar rigidez al revestimiento para asegurar que el revestimiento mantiene sustancialmente su perfil aerodinámico durante la rotación de la pala. De manera similar, la parte 38 de revestimiento de lado de succión comprende un material 47 del núcleo intercalado.

- La tapa 41 de larguero de la parte 36 de revestimiento de lado de presión y la tapa 45 de larguero de la parte 38 de revestimiento de lado de succión están conectadas mediante una primera red 50 de cizalladura. Las redes 50, 55 de cizalladura están en la realización mostrada formadas como redes con forma de I. Sin embargo, otras configuraciones, como redes con forma de C pueden utilizarse también. La primera red 50 de cizalladura comprende una pata y dos bases o faldillas. La pata comprende un material 51 del núcleo intercalado tal como madera de balsa

o polímero espumado, cubierto por un número de capas 52 de revestimiento. La segunda red 55 de cizalladura tiene un diseño similar con una pata y dos faldillas, comprendiendo la pata un material 56 del núcleo intercalado cubierto por un número de capas 57 de revestimiento. Los materiales 51, 56 del núcleo intercalados de las dos redes 50, 55 de cizalladura están biselados cerca de las faldillas para transferir cargas desde las redes 50, 55 a las estructuras 41, 45 laminadas principales sin el riesgo de fallo y fracturas en las juntas entre la pata y la base. Sin embargo, tal diseño lleva normalmente a áreas ricas en resina en las áreas de juntas entre las patas y las faldillas. Además, tales zonas ricas en resina pueden comprender resina quemada debido a los altos picos exotérmicos durante el proceso de curado de la resina, que a su vez puede derivar en puntos débiles mecánicos. Por tanto, un número de cuerdas 60 de relleno que comprenden fibras de vidrio se disponen en estas áreas de juntas. Además, tales cuerdas 60 también facilitarán la transferencia de cargas desde las capas de revestimiento de la pata a las faldillas.

En una realización alternativa, las cuerdas 60 están formadas mediante inyección seca o adhesiva de fibras cortadas en huecos en la junta durante la fabricación de las redes. Esto es particularmente adecuado si las faldillas están fabricadas previamente. En tal caso, las fibras cortadas secas pueden estar inyectadas en medio de los revestimientos de vidrio, tras los cuales la resina se inyecta y rellena el hueco y las fibras cortadas.

Los revestimientos 36, 38 de pala pueden comprender refuerzo de fibra adicional en el borde de ataque y en el borde de salida. Normalmente, las partes 36, 38 de revestimiento están adheridas entre sí mediante faldillas adhesivas en las que pueden usarse cuerdas de relleno adicionales (no se muestra). Adicionalmente, palas muy largas pueden comprender partes seccionales con tapas de larguero, que están conectadas mediante una o más redes de cizalladura adicionales, que pueden necesitar usar incluso más cuerdas de relleno. Además, las cuerdas de relleno pueden utilizarse también en complementos o partes readaptadas en las palas, tales como alerones montados en superficie, por ejemplo, con forma T o L, faldillas o similares.

Palas de turbina eólica de técnica anterior utilizan cuerdas de relleno que comprenden fibras de vidrio unidireccionales o fibras de vidrio retorcidas. Sin embargo, las fibras de vidrio están densamente apretadas en tales cuerdas, e investigaciones han revelado que el uso de las cuerdas puede resultar en fibras de refuerzo secas en el centro de la cuerda. Esto a su vez puede resultar en puntos débiles mecánicos. La investigación ha mostrado que las zonas secas pueden ocurrir incluso en cuerdas con un diámetro relativamente pequeño, tales como cuerdas que tienen un diámetro de aproximadamente 6 mm. Adicionalmente, tales cuerdas solo proporcionan rigidez en la dirección longitudinal de la pala, mientras que es la fuerza transversal la que es importante para aumentar la capacidad de la junta. Con las cuerdas de la técnica anterior, la fuerza transversal de la cuerda impregnada es dada solo por la fuerza de la resina utilizada.

La presente invención supera estos problemas proporcionando una cuerda que comprende fibras de refuerzo cortadas. Una primera realización de una cuerda 160 de acuerdo con la invención se representa en la figura 4. La cuerda 60 de relleno comprende fibras 162 de refuerzo cortadas contenidas en medios de sujeción en forma de un tubo 164 de malla. Las fibras 162 de refuerzo cortadas tienen una orientación al azar, por lo cual las fibras no están tan densamente apretadas. Por tanto, las cuerdas 162 con fibras cortadas facilitan las aberturas desde la circunferencia de la cuerda al núcleo de la cuerda y aseguran el secado correcto a través de la cuerda entera, cuando se utilizan en un proceso de infusión para la fabricación de la pala 10 de la turbina eólica u otra estructura compuesta. Además, las fibras 162 cortadas orientadas al azar asegurarán que al menos un número de fibras 162 están orientadas con un componente en la dirección transversal. Por consiguiente, las fibras 162 cortadas contribuyen a la fuerza transversal y aumentan la capacidad de la junta en la que la cuerda 160 de relleno se utiliza como material de relleno.

Las fibras 162 de relleno cortadas están hechas de las fibras de vidrio. Las fibras de refuerzo cortadas tienen de manera ventajosa una longitud media de 25 mm, que se ha demostrado que proporciona una orientación al azar suficiente de las fibras 162 de refuerzo cortadas para asegurar el secado correcto y proporcionar fuerza transversal a una junta en la que la cuerda 160 se utiliza como material de relleno.

El tubo 164 de malla alrededor de las fibras 162 cortadas está hecho de manera ventajosa de un material polimérico. El material polimérico puede ser soluble en resina de modo que la malla en el proceso de infusión se disuelve y se hace parte del material matriz de la estructura compuesta final. El tamaño de máscara del tubo 164 de malla puede ser de cualquier tamaño deseado, pero debe en general ser suficientemente largo para que la resina penetre y para que las fibras cortadas sobresalgan a través, y suficientemente pequeño para asegurar que las fibras 162 cortadas se conservan dentro del tubo 164 de malla.

La figura 5 muestra una segunda realización de una cuerda 260 de relleno de acuerdo con la invención. En esta realización, las fibras 262 de refuerzo cortadas están unidas o envueltas alrededor de unos medios 264 de sujeción en forma de una fibra o filamento del núcleo. Adicionalmente, un material adhesivo puede aplicarse a las fibras 262 de refuerzo cortadas para asegurar que están sujetas en el filamento 264 del núcleo. La cuerda de relleno puede comprender también elementos del núcleo flexibles adicionales como se muestra en la figura 9. Los filamentos del núcleo pueden estar cosidos, retorcidos o tejidos de manera que la resina es capaz de entrar en el núcleo para una humectación completa durante la infusión. Las fibras de refuerzo cortadas pueden estar cosidas, envueltas o tejidas junto con los filamentos del núcleo, de modo que se proporciona una cuerda "suave" como se muestra en la figura 9.

En todavía otra realización, no mostrada en las figuras, la cuerda de relleno comprende unos medios de sujeción en forma de un agente de adhesividad solo. El agente de adhesividad asegura que las fibras cortadas se sujetan en la forma de cuerda deseada. También es posible utilizar una combinación de un agente de adhesividad y un tubo de malla como medios de sujeción.

5 Hay diversas maneras para fabricar una cuerda de relleno de acuerdo con la invención. Un aparato 70 para fabricar una cuerda de relleno tal que generalmente comprende un dispositivo 75 de corte, un dispositivo 80 de relleno y un dispositivo 90 de formación de cuerda como se muestra muy esquemáticamente en la figura 6. El dispositivo 75 de corte (o cortador) trocea o corta fibras de relleno en fibras de relleno cortadas de una longitud o un intervalo de longitud predeterminado. El dispositivo 80 de relleno está adaptado para recibir las fibras cortadas desde el cortador 10 75 e introducir las fibras cortadas en el dispositivo 90 de formación de cuerda. El dispositivo 90 de formación de cuerda forma la cuerda y proporciona medios de sujeción para las fibras cortadas de modo que asegura que las fibras cortadas están en la forma de cuerda deseada. En principio, no forma parte del aparato reivindicado, el dispositivo de corte puede omitirse del aparato si las fibras cortadas pueden comprarse o producirse de otra manera por separado. En este caso, las fibras cortadas están simplemente introducidas en el dispositivo de relleno.

15 La figura 7 muestra una realización de un aparato 170 de acuerdo con la invención para fabricar cuerdas 160 de relleno de acuerdo con la primera realización mostrada en la figura 4. El aparato 170 comprende un dispositivo de corte, que comprende una entrada en forma de un embudo 176 en el que se disponen palas, cuchillos, una trituradora o similares (no se muestra). Fibras 177 largas de refuerzo, por ejemplo de vellón de fibras o cuerdas de fibra unidireccional, se introducen en el embudo 176 y las fibras 177 largas se cortan en fibras de un intervalo de longitud predeterminado, por ejemplo alrededor de 25 mm. También es posible utilizar el exceso de vidrio del procedimiento de diseño para la fabricación de la pala de turbina eólica. También es posible utilizar vidrio desechado de una fabricación errónea de una estructura compuesta, en particular si la resina curada puede eliminarse del vidrio desechado.

25 Las fibras cortadas se introducen en un dispositivo 180 de relleno. El dispositivo 180 de relleno puede por ejemplo comprender un dispositivo 181 compactador, por ejemplo un compactador de husillo. Las fibras cortadas avanzan en una estructura tubular por el compactador 181 de husillo. La estructura tubular puede comprender una parte 182 de sección decreciente para además compactar las fibras cortadas y comprimir las fibras cortadas para el diámetro de cuerda deseado. En general, las fibras cortadas tienen una orientación al azar desde el corte y compresión de las fibras cortadas. Sin embargo, el dispositivo 180 de relleno puede comprender adicionalmente una boquilla 183 para 30 facilitar la aleatoriedad adicional de la orientación de las fibras cortadas. La boquilla 183 puede por ejemplo estar rotando para asegurar que las fibras cortadas obtienen diferentes orientaciones.

El dispositivo de formación de cuerda comprende una máquina 191 de trenzado que trenza fibras o hilos poliméricos en un tubo de malla alrededor de las fibras cortadas, formando así la cuerda 160 de relleno. El aparato puede comprender además un dispositivo de extracción para extraer continuamente la cuerda, y puede comprender 35 adicionalmente una máquina bobinadora para enrollar la cuerda en un rollo.

La figura 8 muestra una segunda realización de un aparato 270 para fabricar una cuerda de relleno de acuerdo con la presente invención, en la que los números de referencia similares se refieren a partes similares de la realización mostradas en la figura 7. Por tanto, solo se describirán las diferencias entre las dos realizaciones. En esta 40 realización, el dispositivo de formación de cuerda del aparato 270 comprende un baño de agente de adhesividad o baño de resina. Las fibras cortadas se impulsan a través del baño, por ejemplo en un tubo estructurado abierto. El agente de adhesividad asegura que las fibras cortadas se conservan en la forma 360 de cuerda.

Sin embargo, una cuerda de relleno que utiliza un agente de adhesividad como medios de sujeción puede también fabricarse en una manera mucho más fácil. El agente de adhesividad puede simplemente aplicarse a las fibras cortadas antes de que se compacten en la forma de cuerda. El agente de adhesividad hará que las fibras cortadas 45 se adhieran entre sí y todavía son capaces de doblarse y compactarse para formar la cuerda con fibras cortadas orientadas al azar. El agente de adhesividad puede por ejemplo ser una resina termoplástica. Es suficiente proporcionar 1% por volumen de la cuerda finalizada de modo que el agente de adhesividad se dispersa a través de la cuerda como se muestra en la figura 10 con puntos blancos. De acuerdo con una realización ventajosa, el agente de adhesividad puede rellenar el 0.5-10% o 0.5-5% por volumen de la cuerda finalizada. De acuerdo con otra 50 realización, no mostrada, las fibras de refuerzo cortadas orientadas al azar están enredadas o entrelazadas de modo que mantienen la forma de cuerda. Este enredo se obtiene a través de las fibras cortadas orientadas al azar y no a través de torsión o similares.

La invención se ha descrito con referencia a realizaciones ventajosas. Sin embargo, el alcance de la invención no se limita a la realización descrita y pueden llevarse a cabo alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de la 55 invención. La invención ha sido por ejemplo descrita en relación con una pala de turbina eólica que comprende una estructura que soporta carga integrada en el revestimiento de pala. Sin embargo, las cuerdas de relleno de acuerdo con la invención pueden aplicarse también a palas de turbina eólica que comprenden un larguero central o larguerillo como la estructura que soporta carga con un revestimiento aerodinámico unido al larguero. Las cuerdas de relleno pueden aplicarse también a otras estructuras compuestas, donde las cuerdas de relleno son importantes.

Lista de números de referencia

2	turbina eólica
4	torre
6	góndola
8	cilindro
10	pala
14	extremo de pala
16	encastre de pala
18	borde de ataque
20	borde de salida
22	eje de inclinación
30	zona radicular
32	zona de transición
34	zona aerodinámica
36	parte de revestimiento de lado de presión
38	parte de revestimiento de lado de succión
40	reborde
41	estructura laminada principal / tapa de larguero del lado de presión
42	capas de fibra
43	material del núcleo intercalado
45	estructura laminada principal / tapa de larguero del lado de succión
46	capas de fibra
47	material del núcleo intercalado
50	primera red de cizalladura
51	material del núcleo intercalado o primera red de cizalladura
52	capa(s) de revestimiento
55	segunda red de cizalladura
56	material del núcleo intercalado o segunda red de cizalladura
57	capa(s) de revestimiento
60, 160, 260, 360	cuerda(s) de relleno
162, 262	fibras de refuerzo cortadas
164, 264	medios de sujeción
70	aparato para fabricar cuerdas
75	dispositivo de corte
80, 180, 280	dispositivo de relleno

90	dispositivo de formación de cuerda
176, 276	canal de introducción
177, 277	fibras largas
181, 281	dispositivo compactador / compactador de husillo
182, 282	parte de sección
183, 283	boquilla
191	máquina de trenzado
291	baño de agente de adhesividad

REIVINDICACIONES

1. Una cuerda (60, 160, 260, 360) para juntas de refuerzo en estructuras compuestas de refuerzo de fibra, en la que la cuerda (60, 160, 260, 360) comprende:
 - fibras (162, 262) de refuerzo cortadas en forma de fibras de vidrio, y
- 5
 - medios (164, 264) de sujeción para sujetar las fibras (162, 262) cortas en una forma de cuerda, en la que las fibras de vidrio tienen una longitud media entre 0.5 cm y 5 cm, caracterizado porque las fibras de vidrio tienen predominantemente una orientación al azar.
2. Una cuerda (60, 160, 260, 360) de acuerdo con la reivindicación 1, en la que dichas fibras (162, 262) de refuerzo cortadas orientadas al azar están enredadas.
- 10 3. Una cuerda (60, 160, 260, 360) de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en la que los medios (164, 264) de sujeción son un tubo de estructura abierta, tal como un tubo de malla, y en la que las fibras (162, 262) cortas están conservadas en el tubo.
4. Una cuerda (60, 160, 260, 360) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que los medios (164, 264) de sujeción son un agente de adhesividad.
- 15 5. Una cuerda (60, 160, 260, 360) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la longitud media de las fibras cortadas es entre 1 cm y 4 cm, de manera ventajosa alrededor de 2.5 cm.
6. Una cuerda (60, 160, 260, 360) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la cuerda (60, 160, 260, 360) tiene un diámetro de al menos 5 mm.
- 20 7. El uso de una cuerda (60, 160, 260, 360) de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1-6 como un material de relleno en una estructura compuesta o para prevenir la formación de reservas de resina en un proceso de moldeado de transferencia de resina para la fabricación de una estructura compuesta.
8. Una estructura compuesta, tal como una pala de turbina eólica, hecha de un material de refuerzo de fibra integrado en una matriz polimérica y que comprende una cuerda (60, 160, 260, 360) de acuerdo con la reivindicación 1-6, estando integrada la cuerda (60, 160, 260, 360) en la matriz polimérica, por ejemplo, estando dispuesta la
- 25 cuerda (60, 160, 260, 360) a o en una junta de la estructura compuesta.
9. Un método de fabricación de una cuerda (60, 160, 260, 360) que comprende fibras (162, 262) de refuerzo cortadas, comprendiendo el método las etapas de:
 - a) proporcionar fibras (162, 262) de refuerzo cortadas, en forma de fibras de vidrio, que predominantemente tienen una orientación al azar, y que tienen una longitud media entre 0.5 cm y 5 cm,
 - 30 b) proporcionar medios de sujeción para sujetar las fibras (162, 262) de refuerzo cortadas, y
 - c) formar las fibras (162, 262) de refuerzo cortadas y los medios de sujeción a una cuerda (60, 160, 260, 360) con las fibras de vidrio que tienen predominantemente una orientación al azar, caracterizado porque en la que la etapa a) comprende cortar un material de refuerzo de fibra en fibras (162, 262) de refuerzo cortadas.
10. Un método de acuerdo con la reivindicación 9, en el que las etapas b) y/o c) comprenden la etapa de introducir el
- 35 material (162, 262) de refuerzo cortado en un tubo de malla.
11. Un sistema que comprende material de refuerzo de fibras de vidrio y un aparato (70) para fabricar una cuerda (60, 160, 260, 360) que comprende fibras (162, 262) de refuerzo cortadas, en el que el aparato comprende:
 - un dispositivo (75) de corte para cortar el material de refuerzo de fibra de vidrio en fibras (162, 262) de refuerzo cortadas, que tienen una longitud media de entre 0.5 cm y 5 cm,
 - 40 - un dispositivo (90) de formación de cuerda para proporcionar medios de sujeción para conservar las fibras (162, 262) de refuerzo cortadas y formar las fibras (162, 262) de refuerzo cortadas a una forma de cuerda, y
 - un dispositivo (80, 180, 280) de relleno para introducir las fibras (162, 262) de refuerzo cortadas en el dispositivo (90) de formación de cuerda, en el que el dispositivo (80, 180, 280) de relleno se adapta para recibir dichas fibras (162, 262) de refuerzo cortadas desde el dispositivo (75) de corte, en el que el dispositivo (80, 180, 280) de relleno
 - 45 está además conectado a la máquina de formación de cuerda de modo que introduce dichas fibras (162, 262) de refuerzo cortadas en dicha máquina formadora de cuerdas, y en el que el aparato comprende además medios para orientar al azar las fibras de refuerzo cortadas.
12. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 11 en el que el dispositivo de formación de cuerda comprende un dispositivo de trenzado para trenzar uno o más cables de envoltura alrededor de las fibras de refuerzo cortadas.

13. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11-12, en el que el dispositivo de introducción comprende un compactador de husillo para compactar las fibras de refuerzo cortadas.

14. Un sistema de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 11-13, en el que el dispositivo de relleno comprende además una boquilla orientada de forma variable, por ejemplo, giratoria para además aleatorizar la orientación de las fibras de refuerzo cortadas introducidas en el dispositivo de formación de cuerda.

5

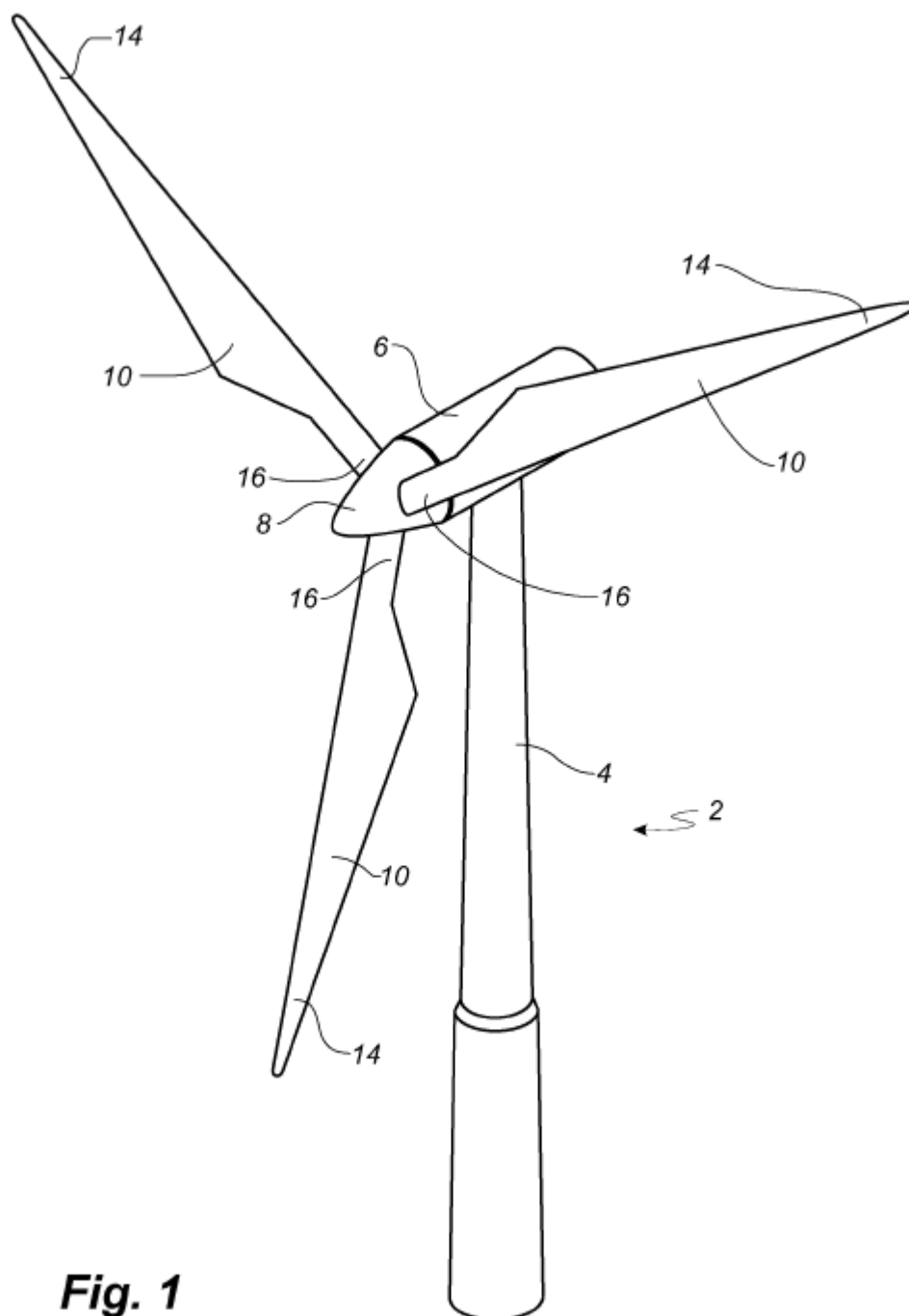


Fig. 1

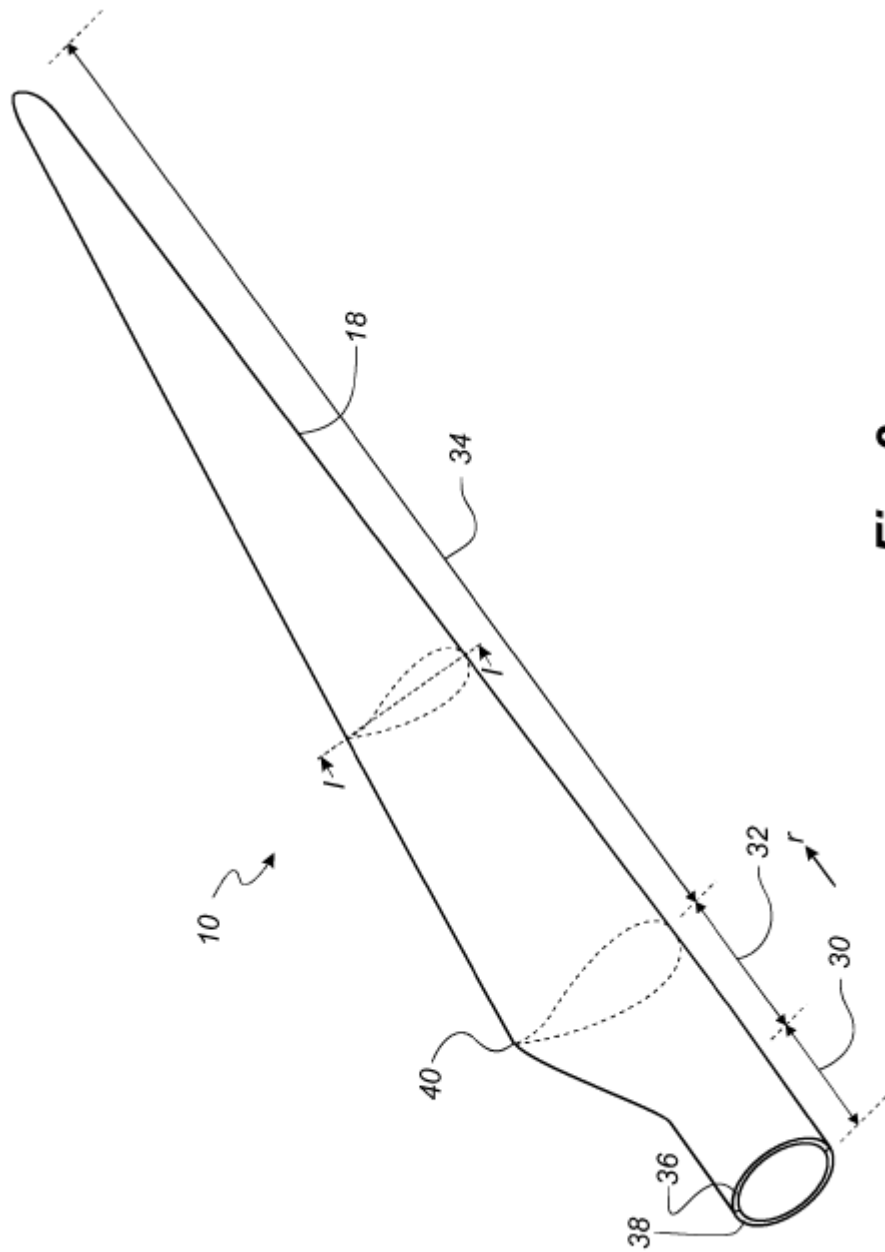


Fig. 2

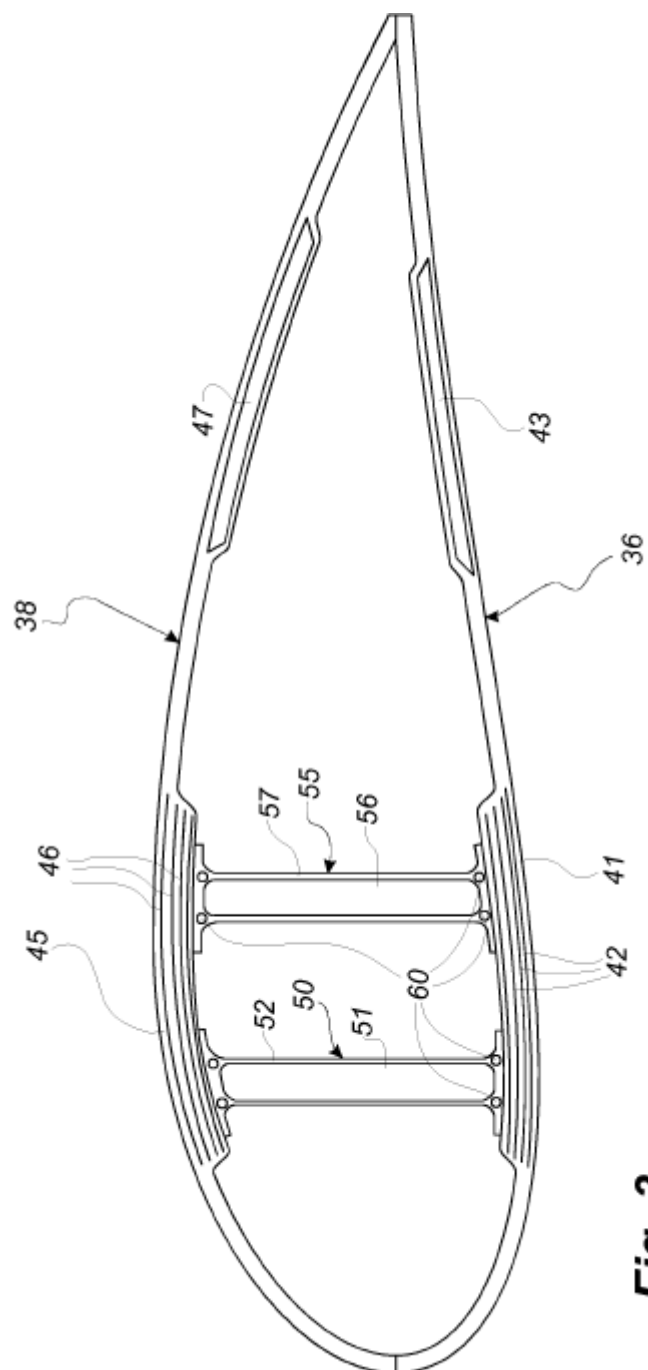


Fig. 3

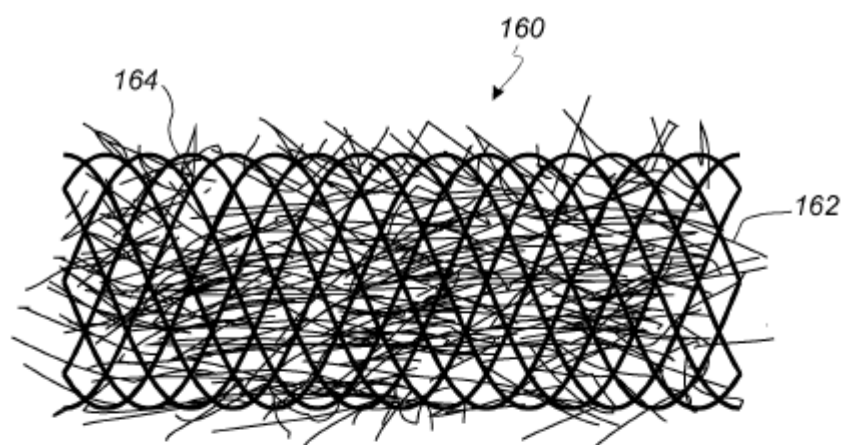


Fig. 4

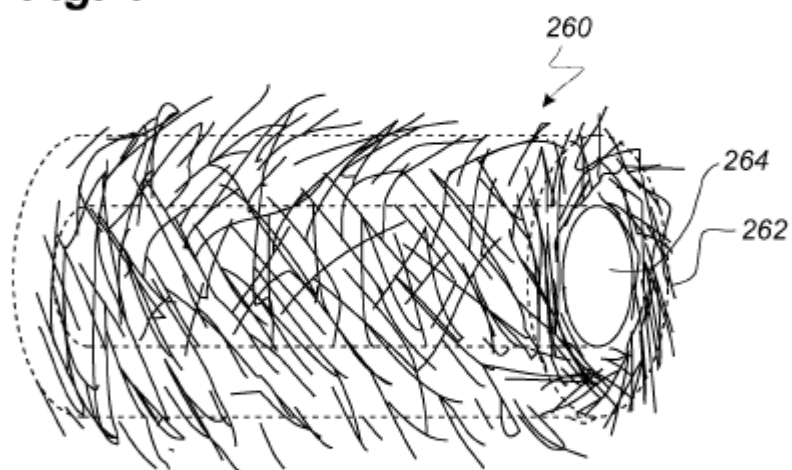


Fig. 5

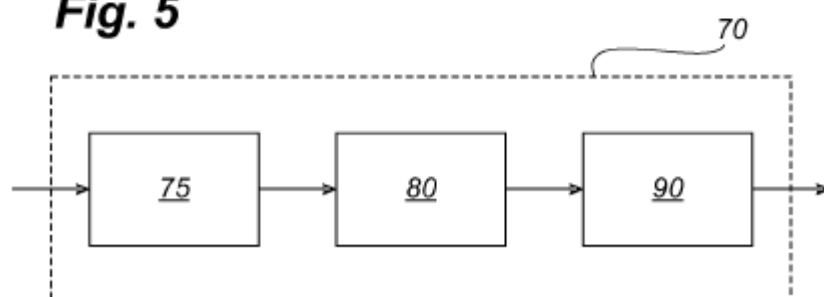


Fig. 6

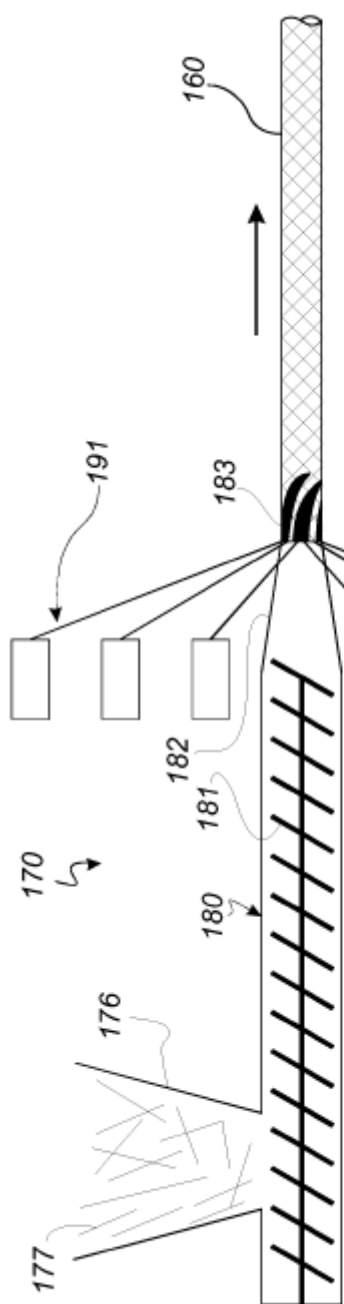


Fig. 7

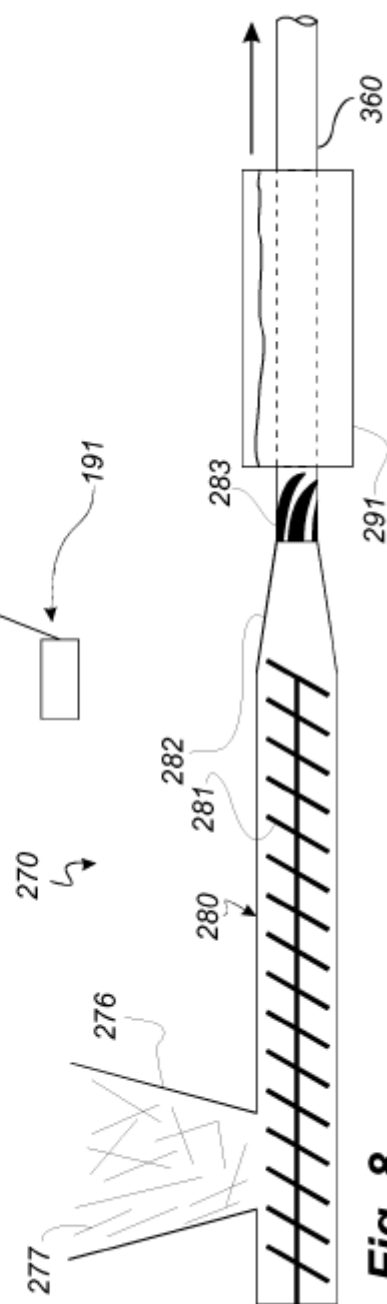


Fig. 8

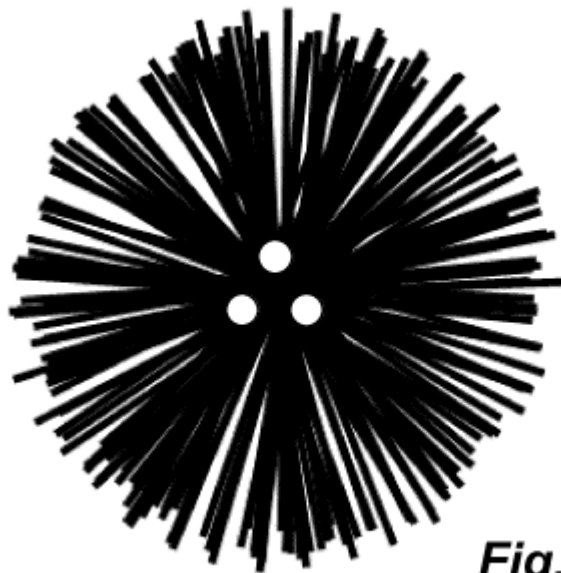


Fig. 9

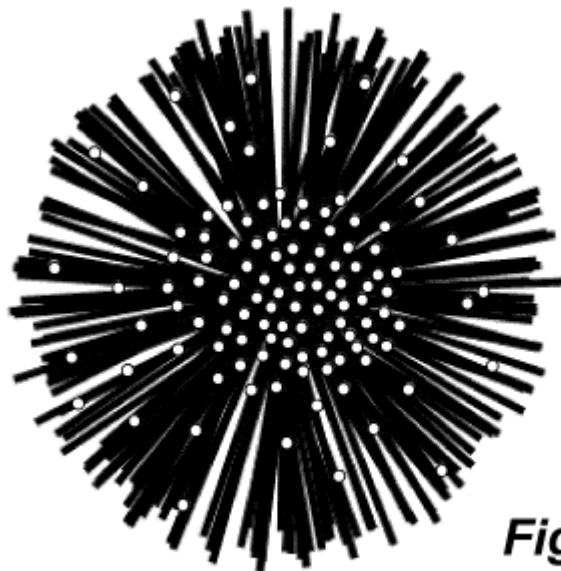


Fig. 10