

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 269**

51 Int. Cl.:

**D04H 3/04** (2012.01)

**B29C 65/00** (2006.01)

**B29C 70/20** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **16.06.2014 PCT/EP2014/062526**

87 Fecha y número de publicación internacional: **23.12.2015 WO15192867**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.06.2014 E 14730881 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018 EP 3155159**

54 Título: **Un método para producir una capa de refuerzo de fibra continua de esteras de fibra individuales**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**18.07.2018**

73 Titular/es:

**LM WIND POWER INTERNATIONAL  
TECHNOLOGY II APS (100.0%)  
Jupitervej 6  
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**RAMACHANDRAN, DHINAGARAN;  
THADATHAZHATH, SHALU;  
MADURAI, SATHIYAGOPI;  
SUSHIL, ROHIN;  
AITHAL, RAJESH;  
PRIYADARSHINI B, HANNAH;  
BASHA, MOHAMMED IMDAD;  
LUNDSGAARD-LARSEN, CHRISTIAN;  
ØSTERGAARD, RASMUS, C. y  
JACOBSEN, TORBEN, KROGSDAL**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 676 269 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Un método para producir una capa de refuerzo de fibra continua de esteras de fibra individuales

Campo técnico

5 La presente invención se refiere a un método para producir una única capa de fibra que se extiende longitudinalmente ensamblada para usar en un proceso de infusión de resina posterior para fabricar una estructura compuesta reforzada con fibra. La invención se refiere adicionalmente a un método para fabricar una parte de pala de turbina eólica a través de al menos una de dichas capas de fibra ensambladas. La invención se refiere además a una capa de refuerzo de fibra que se extiende longitudinalmente ensamblada para usar en un proceso de infusión de resina posterior para fabricar una estructura compuesta reforzada con fibra.

10 Antecedentes

Las palas de las turbinas eólicas a menudo se fabrican de acuerdo con uno de dos diseños constructivos, a saber, un diseño en el que se pega una delgada capa aerodinámica a un larguero o un diseño donde las tapas de larguero, también llamadas laminados principales, se integran en la cubierta aerodinámica.

15 En el primer diseño, la viga de larguero constituye la estructura de soporte de carga de la pala. La viga del larguero, así como el caparazón aerodinámico o las partes del caparazón se fabrican por separado. El caparazón aerodinámico a menudo se fabrica como dos partes de caparazón, típicamente como una parte de caparazón del lado de presión y una parte de caparazón del lado de succión. Las dos partes del caparazón están pegadas o conectadas de otro modo a la viga de larguero y se pegan entre sí a lo largo de un borde de ataque y un borde posterior de las partes del caparazón. Este diseño tiene la ventaja de que la estructura crítica de transporte de carga se puede fabricar por separado y, por lo tanto, es más fácil de controlar. Además, este diseño permite varios métodos de fabricación diferentes para producir la viga, como moldeo y bobinado de filamentos.

20 En el segundo diseño, las tapas de larguero o laminados principales se integran en el caparazón y se moldean junto con el caparazón aerodinámico. Los laminados principales comprenden típicamente un gran número de capas de fibra en comparación con el resto de la pala y pueden formar un espesamiento local del caparazón de la turbina eólica, al menos con respecto al número de capas de fibra. Por lo tanto, el laminado principal puede formar una inserción de fibra en la pala. En este diseño, los laminados principales constituyen la estructura portadora de carga. Los caparazones de palas están diseñados típicamente con un primer laminado principal integrado en la parte de caparazón lateral de presión y un segundo laminado principal integrado en la parte de caparazón del lado de succión. El primer laminado principal y el segundo laminado principal están conectados típicamente a través de una o más bandas de cizallamiento, que, por ejemplo, pueden tener forma de C o I. Para palas muy largas, los caparazones de pala adicionales a lo largo de al menos una parte de la extensión longitudinal comprenden un primer laminado principal adicional en el caparazón lateral de presión, y un segundo laminado principal adicional en el caparazón lateral de succión. Estos laminados principales adicionales también pueden estar conectados a través de una o más redes de cizallamiento. Este diseño tiene la ventaja de que es más fácil controlar la forma aerodinámica de la pala a través del moldeo de la parte del caparazón de la pala.

25 La infusión al vacío o el moldeo por transferencia de resina asistido por vacío (VARTM) es un método que se emplea típicamente para fabricar estructuras compuestas, tales como palas de aerogeneradores que comprenden un material de matriz reforzado con fibra.

40 Durante el proceso de llenado del molde, se genera un vacío, entendiéndose a este vacío como una presión de succión o presión negativa, a través de salidas de vacío en la cavidad del molde, por lo que el polímero líquido se introduce en la cavidad del molde a través de los canales de entrada para llenar dicha cavidad del molde. Desde los canales de entrada, el polímero se dispersa en todas las direcciones en la cavidad del molde debido a la presión negativa a medida que un frente de flujo se mueve hacia los canales de vacío. Por lo tanto, es importante colocar los canales de entrada y los canales de vacío de forma óptima para obtener un llenado completo de la cavidad del molde. Sin embargo, asegurar la distribución completa del polímero en toda la cavidad del molde es a menudo difícil, y en consecuencia esto a menudo da lugar a los denominados puntos secos, es decir, áreas con material de fibra que no está suficientemente impregnado con resina. Por lo tanto, los puntos secos son áreas donde el material de fibra no está impregnado, y donde puede haber bolsas de aire, que son difíciles o imposibles de eliminar controlando la presión de vacío y una posible sobrepresión en el lado de entrada. En las técnicas de infusión al vacío que emplean una pieza de molde rígida y una pieza de molde elástica en forma de bolsa de vacío, los puntos secos pueden repararse después del proceso de llenado del molde perforando la bolsa en la ubicación respectiva y sacando aire, por ejemplo, por medio de una aguja de jeringa. El polímero líquido se puede inyectar opcionalmente en la ubicación respectiva, y esto puede hacerse, por ejemplo, también por medio de una aguja de jeringa. Este es un proceso tedioso y lento. En el caso de piezas grandes de molde, el personal debe pararse en la bolsa de vacío. Esto no es deseable, especialmente no cuando el polímero no se ha endurecido, ya que puede dar como resultado deformaciones en el material de fibra

insertado y, por lo tanto, en un debilitamiento local de la estructura, que puede provocar, por ejemplo, efectos de pandeo.

5 El moldeado por transferencia de resina (RTM) es un método de fabricación similar a VARTM. En RTM, la resina líquida no se introduce en la cavidad del molde debido a un vacío generado en la cavidad del molde. En cambio, la resina líquida se fuerza hacia la cavidad del molde a través de una sobrepresión en el lado de entrada.

10 En la mayoría de los casos, el polímero o resina aplicado es poliéster, vinil éster o epoxi, pero también puede ser poliuretano (PUR) o policiclopentadieno (pDCPD), y el refuerzo de fibra se basa más a menudo en fibras de vidrio o fibras de carbono. Los epóxicos tienen ventajas con respecto a diversas propiedades, como la contracción durante el curado (que en algunas circunstancias puede conducir a menos arrugas en el laminado), las propiedades eléctricas y las resistencias mecánicas y a la fatiga. Los ésteres de poliéster y vinilo tienen la ventaja de que proporcionan mejores propiedades de unión a los recubrimientos de gel. De ese modo, se puede aplicar un recubrimiento de gel a la superficie exterior del caparazón durante la fabricación de la cubierta aplicando un recubrimiento de gel al molde antes de que el material de refuerzo de fibra se disponga en el molde. Por lo tanto, se pueden evitar diversas operaciones de postmoldeo, como pintar la pala. Además, los poliésteres y los ésteres de vinilo son más baratos que los epóxicos. En consecuencia, el proceso de fabricación puede simplificarse y los costes pueden reducirse.

15 A menudo, las estructuras compuestas comprenden un material de núcleo cubierto con un material reforzado con fibra, tal como una o más capas de polímero reforzado con fibra. El material del núcleo se puede usar como un espaciador entre tales capas para formar una estructura tipo sándwich y típicamente está hecho de un material rígido y ligero con el fin de reducir el peso de la estructura compuesta. Con el fin de asegurar una distribución eficiente de la resina líquida durante el proceso de impregnación, el material del núcleo puede estar provisto de una red de distribución de resina, por ejemplo, proporcionando canales o ranuras en la superficie del material del núcleo.

20 En cuanto a las palas de ejemplo para turbinas eólicas se han vuelto más y más grandes en el transcurso del tiempo y ahora pueden ser de más de 70 metros de largo, la cantidad de material de refuerzo de fibra también ha aumentado. Cuando se fabrican palas con una tapa de larguero, las esteras de fibra que comprenden fibras unidireccionales se disponen como capas a lo largo de toda la longitud del laminado principal con el fin de proporcionar rigidez al laminado principal. Las esteras de fibra se aplican típicamente desde un rollo y se cortan a la longitud deseada. Muchas de las palas reforzadas con fibra de vidrio utilizan vidrio H. Aunque las juntas de chapa que comprenden gotas de chapa están permitidas para el vidrio E, tales juntas de chapa no están permitidas para el vidrio H, ya que una unión superpuesta da lugar a arrugas inaceptables y, por lo tanto, reduce la resistencia. Esto en efecto significa que, si el rollo de estera de fibra termina en una longitud que es más corta que el laminado principal, esta pieza final debe desecharse y se inicia un nuevo rollo. Como ejemplo, si un rollo de vidrio H termina a 25 metros de la raíz para una pala de 47.6 metros, los 25 metros de vidrio H deberán desecharse. El desperdicio resultante del exceso de material de refuerzo de fibra es significativo.

30 Sin embargo, incluso para vidrio E, el uso de la pieza final del rollo de fibra puede presentar problemas, ya que los estudios han indicado que los solapamientos de la chapa interna tienen una caída del 32% en la resistencia en el solapamiento. Además, a menudo se observan arrugas en tales solapamientos. Tales arrugas conducen a variaciones en la rigidez y puntos débiles mecánicos en la pala de la turbina eólica.

#### Divulgación de la invención

40 Es un objeto de la invención proporcionar un nuevo método para fabricar piezas para palas de turbinas eólicas y productos intermedios, y que supere o mejore al menos una de las desventajas de la técnica anterior o que proporcione una alternativa útil.

Según un primer aspecto, la invención proporciona un método para producir una única capa de fibra que se extiende longitudinalmente ensamblada para usar en un proceso de infusión de resina posterior para fabricar una estructura compuesta reforzada con fibra, comprendiendo el método los siguientes pasos:

- 45 a) proporcionar una primera fibra estera que comprende fibras de refuerzo unidireccionales orientadas en una dirección longitudinal de la primera estera de fibra entre dos extremos,
- b) proporcionar una segunda estera de fibra que comprende fibras de refuerzo unidireccionales orientadas en una dirección longitudinal de la segunda estera de fibra entre dos extremos,
- 50 c) disponer la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra para que las fibras unidireccionales de un extremo de la primera estera de fibra unen un extremo de la segunda estera de fibra en un solo plano en un límite común, y

d) empalmar fibras unidireccionales de la primera estera de fibra en dicho extremo de la primera estera de fibra a las fibras unidireccionales de la segunda estera de fibra en dicho un extremo de la segunda estera de fibra con el fin de formar una junta de empalme.

5 Esto proporciona una capa laminada más fuerte en una estructura compuesta final que las capas laminadas convencionales que se fabrican mediante dos o más esteras de fibra no empalmadas antes del proceso de infusión. Además, es posible reducir el número de arrugas en el laminado, disminuyendo así las debilidades mecánicas en la estructura compuesta final aún más. Esto se logra particularmente, ya que la junta de empalme asegura que las dos esteras no se muevan durante un procedimiento de laminado, por ejemplo, cuando se disponen capas de fibra adicionales encima de las capas de fibras ensambladas, o cuando el material de refuerzo de fibra se empaqueta al vacío posteriormente y se infunde.

10 Además, este método tiene la ventaja de que las esteras de refuerzo de fibra en exceso de, por ejemplo, los rodillos pueden utilizarse para formar una sola capa en la estructura compuesta final sin comprometer la resistencia mecánica de la estructura compuesta. Esto puede ser particularmente útil para el vidrio H donde las juntas normalmente no están permitidas. Esto reduce significativamente la cantidad de desechos y reduce los costes de fabricación.

15 Las esteras de fibra son esteras de fibra seca, es decir, esteras de fibra no impregnadas. Por consiguiente, se observa que la invención se refiere a la producción de una única capa de refuerzo de fibra que comprende una pluralidad de esteras de fibra individuales y que después de la producción de la única capa de refuerzo de fibra se impregna con una resina, que posteriormente se endurece o cura para poder para formar la estructura compuesta.

20 El empalme de las esteras de fibra se puede llevar a cabo en el molde, es decir, durante el laminado de la única capa longitudinal, o se puede llevar a cabo en una plataforma que descansa sobre el molde, o se puede llevar a cabo fuera del molde, por ejemplo, para formar un nuevo rollo de material de refuerzo de fibra hecho de esteras de fibra en exceso. El empalme de las esteras de fibra también se puede utilizar para producir telas de fibra que tienen longitudes específicas. Al elegir, por ejemplo, el exceso de esteras de fibra adecuadas, también se puede controlar la posición de la articulación. Los extremos de la estera de fibra empalmada se pueden cortar o recortar para producir una chapa de la longitud específica.

A continuación, las fibras unidireccionales algunas veces se abreviarán como fibras UD.

El empalme en términos de la presente invención significa que las fibras UD de la primera estera de fibra se unen preliminarmente o se unen de otro modo a las fibras UD de la segunda estera de fibra antes de un proceso de infusión de resina posterior.

30 El proceso de infusión puede ser, por ejemplo, moldeo por transferencia de resina (RTM) o moldeo por transferencia de resina asistida por vacío (VARTM).

35 Está claro que la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra comprenden un primer extremo y un segundo extremo. Por lo tanto, el segundo extremo de la primera estera de fibra se puede ensamblar con el primer extremo de la segunda estera de fibra. Se comprende que este proceso se puede continuar de manera que el segundo extremo de la segunda estera de fibra se pueda ensamblar adicionalmente con el primer extremo de una tercera estera de fibra, y así sucesivamente. Por consiguiente, la capa de fibra ensamblada puede comprender una pluralidad de uniones de empalme que comprenden fibras UD empalmadas.

40 Las fibras UD en dicho extremo de la primera estera de fibra y las fibras UD en dicho extremo de la segunda estera de fibra están dispuestas preferiblemente de modo que se solapen entre sí en la dirección longitudinal en una zona longitudinal. Este solapamiento se puede proporcionar de varias maneras. Según una realización preferida, dicho extremo de la primera capa de fibra y dicho extremo de la segunda capa de fibra se cortan gradualmente, donde dichas capas de fibra en la etapa c) están dispuestas de modo que el límite común forma una transición decreciente entre fibras unidireccionales de la primera estera de fibra y las fibras unidireccionales de la segunda estera de fibra en la dirección longitudinal de la única capa de fibra que se extiende longitudinalmente. Esta realización proporciona un límite y un solapamiento de empalme grande, que proporcionan un empalme preliminar fuerte particular entre las dos esteras de fibra.

45 La transición decreciente tiene ventajosamente una relación de grosor a longitud entre 1:50 y 1:5, por ejemplo, alrededor de 1:30.

50 En una realización, se utiliza un adhesivo o agente de pegajosidad para proporcionar dicho corte y empalme. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que el adhesivo solo se usa en una cantidad para inmovilizar las fibras UD en el límite común y no debe formar una región impermeable, lo que perjudicaría el proceso de infusión posterior.

El adhesivo está preferiblemente basado en polvo. El adhesivo a base de polvo puede ser, por ejemplo, un polvo de Neoxil®. Tal realización ha demostrado proporcionar una unión de empalme altamente ventajosa sin perjudicar la humectación de las fibras en un proceso de impregnación posterior.

5 En una realización adicional, la junta de empalme se calienta, por ejemplo, a través del planchado. Esto puede facilitar una unión adhesiva preliminar entre las dos esteras de fibra, por ejemplo, fundiendo un adhesivo a base de polvo, y además el planchado puede proporcionar una unión por fricción entre las esteras de fibra. La unión adhesiva solo proporciona un efecto de unión preliminar y no se proporciona en una cantidad que perjudique la humectación de la capa de fibra ensamblada en el proceso de infusión posterior.

10 En otra realización, la etapa d) comprende la etapa de coser la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra juntas para proporcionar dicho empalme. De este modo, es posible proporcionar una conexión mecánica entre las fibras UD de las dos esteras sin perjudicar la humectación de las fibras en el proceso de infusión posterior.

Las costuras y el empalme adhesivo se pueden usar juntos o por separado.

15 De acuerdo con una realización, un entelado, tal como una cinta de vidrio o una tira de estera de hebra cortada, puede estar dispuesta además a lo largo del límite común de la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra. El entelado puede coserse o adherirse a las dos esteras de fibra con el fin de mejorar el empalme entre las fibras. El entelado puede, por ejemplo, unirse a una superficie de la capa ensamblada, por ejemplo, una superficie superior. El entelado puede ser, por ejemplo, una cinta de vidrio o una estera de hebras cortadas.

20 En otra realización más, las fibras unidireccionales de la primera estera de fibra se presionan contra las fibras unidireccionales de la segunda estera de fibra con el fin de formar una conexión por fricción entre dichas fibras unidireccionales. En consecuencia, las fibras pueden contactarse entre sí y proporcionar una unión por fricción o enredo para proporcionar un empalme adicional entre las fibras. La unión por fricción puede llevarse a cabo antes de la costura de las esteras de fibra.

25 En una realización adicional, la etapa d) comprende el uso de rodillos para presionar entre sí las fibras unidireccionales de la primera estera y la segunda estera de fibra. En una realización, los rodillos se enrollan en la dirección transversal de la estera de fibra ensamblada, es decir, a lo largo de la unión de empalme. Sin embargo, en otra realización, los rodillos están enrollados en la dirección longitudinal. El ancho de los rodillos puede corresponder al ancho de la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra.

30 Los rodillos pueden comprender ventajosamente un primer y un segundo rodillo, por ejemplo, un rodillo superior y un rodillo inferior. El rodillo puede disponerse con un espaciado que corresponde al grosor de las esteras de fibra. Uno de los rodillos puede tener una superficie corrugada o ranurada que se puede usar para alinear las fibras UD, cuando se enrolla en la dirección longitudinal. El ancho de las ondulaciones puede corresponder al ancho de los haces de fibras que comprenden las fibras UD de las esteras de fibra. Los rodillos pueden ser huecos o en forma de tubo. Además, los rodillos pueden estar provistos de aberturas u orificios en la superficie del rodillo. De este modo, es posible aplicar presión de aire o succión a los rodillos. Por ejemplo, es posible aplicar presión de aire a un rodillo y succión al otro. Esto puede facilitar un enlace de fricción entre las fibras UD de las dos esteras formando hebras de fibra sueltas, que están atadas entre sí. La succión puede aplicarse ventajosamente al rodillo con una superficie corrugada o ranurada de manera que se asegure que las fibras entren en las ranuras y que estén alineadas cuando los rodillos se ruedan en la dirección longitudinal.

40 En una realización, dichos extremos de la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra, respectivamente, se cortan en una dirección sustancialmente ortogonal a la dirección longitudinal. En otra realización, dichos extremos uno de la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra, respectivamente, están en ángulo en una dirección sustancialmente ortogonal a la dirección longitudinal. El ángulo puede, por ejemplo, formar un ángulo agudo de 30-85 grados con respecto a la dirección longitudinal. Los extremos también pueden cortarse en un patrón de zig-zag en la dirección transversal de la primera y la segunda esteras de fibra.

45 En una realización ventajosa, las fibras unidireccionales en dichos extremos uno de la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra está descosidas en una zona longitudinal en dichos extremos uno antes de la etapa d). A este respecto, se observa que las esteras de fibra UD normalmente se suturan en la dirección transversal, Por ejemplo, para formar haces de fibras. Sin embargo, por supuesto, se reconoce que lo mismo se puede lograr para las esteras de fibra UD descosidas. Las fibras unidireccionales no unidas se solapan entonces preferiblemente para formar el límite común y posteriormente se empalman entre sí, preferiblemente de modo que las dos capas de fibra se descosen en la zona de solapamiento longitudinal antes mencionada antes de la etapa d).

50 Está claro que las fibras UD no forman necesariamente un límite decreciente después del paso d) en particular si se ha proporcionado una conexión por fricción entre las fibras.

En una realización, las fibras unidireccionales en dichos extremos de la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra están alineadas en la dirección longitudinal a través de medios de alineación, tales como un peine. Esto minimiza las arrugas que a menudo se producen en los límites entre dos esteras de fibra y proporciona una fuerte unión de costura. En consecuencia, cualquier debilidad mecánica también se minimiza en la estructura compuesta final.

5 Las fibras UD de las esteras de fibra son preferiblemente vidrio E, vidrio H o fibras de carbono.

Según un segundo aspecto, la invención proporciona un método para fabricar una parte de pala de turbina eólica, tal como una parte de caparazón de pala, en donde el método de fabricación incluye la colocación de capas de fibra en un molde, donde al menos una de las capas de fibra se produce de acuerdo a cualquiera de los métodos antes mencionados, y en el que una resina se suministra posteriormente a dichas capas de fibra y posteriormente se cura o se endurece para formar una estructura compuesta. La estructura compuesta puede, por ejemplo, fabricarse mediante un procedimiento RTM o VARTM.

10 Por consiguiente, la invención proporciona un método para fabricar una parte de pala de turbina eólica hecha de un material polimérico reforzado con fibra que incluye una matriz de polímero y material de refuerzo de fibra incrustado en la matriz de polímero, en donde el método comprende los pasos de:

15 i) proporcionar una estructura de conformación que comprende una cavidad de molde y que tiene una dirección longitudinal,

ii) colocar una pluralidad de capas de fibra apiladas que se extienden en una dirección longitudinal de la estructura de formación,

iii) proporcionar una resina en la cavidad de molde posteriormente a la etapa ii), y

20 iv) curar o endurecer la resina para formar la estructura compuesta, en la que

al menos una de dicha pluralidad de capas de fibra apiladas es una capa de fibra ensamblada producida de acuerdo con el método mencionado anteriormente.

25 La pluralidad de capas de fibras apiladas comprende preferiblemente fibras UD. El molde es preferiblemente un molde que tiene una forma negativa de la estructura compuesta final. Las capas de fibra están ventajosamente dispuestas en una dirección longitudinal del molde. Por consiguiente, las fibras unidireccionales también están alineadas en la dirección longitudinal.

30 En una realización, la bandeja implica el apilamiento de una pluralidad de capas de fibra, y donde dicha al menos una capa de fibra está intercalada entre dos capas de fibra que no tienen una junta de empalme en la junta de empalme de dicha al menos una capa de fibra ensamblada. Las dos capas de fibra son preferiblemente también esteras de fibra UD.

Por lo tanto, se observa que el método se refiere a un procedimiento de diseño normal, en el que ventajosamente se disponen capas continuas en el molde, y solo se utilizan capas que comprenden esteras de fibra empalmadas para reducir la cantidad de productos de desecho.

35 En una realización, la parte de pala de turbina eólica es una estructura portadora de carga, tal como un laminado principal o una tapa de larguero. El laminado principal o tapa de larguero puede estar integrado en una parte de caparazón de pala, o puede fabricarse como una pieza separada.

40 De acuerdo con un tercer aspecto, la invención proporciona una capa de refuerzo de fibra que se extiende longitudinalmente, ensamblada, fabricada de acuerdo con el método mencionado anteriormente. Por consiguiente, la invención proporciona una capa de refuerzo de fibra que se extiende longitudinalmente ensamblada para uso en un proceso de infusión de resina posterior para fabricar una estructura compuesta reforzada con fibra, comprendiendo la capa de refuerzo de fibra:

- una primera estera de fibra que comprende fibras de refuerzo unidireccionales orientadas en una dirección longitudinal de la primera estera de fibra entre dos extremos (un primer extremo y un segundo extremo),

45 - una segunda estera de fibra que comprende fibras de refuerzo unidireccionales orientadas en una dirección longitudinal de la segunda estera de fibra entre dos extremos (un primer extremo y un segundo extremo), en la que

- la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra están dispuestas de modo que las fibras unidireccionales de un extremo de la primera estera de fibra unen un extremo de la segunda estera de fibra en un único plano en un límite común, y en la que

- 5 - las fibras unidireccionales de la primera estera de fibra en dicho un extremo de la primera estera de fibra se empalma con fibras unidireccionales de la segunda estera de fibra en dicho extremo de la segunda estera de fibra y formando una junta de empalme.

Breve descripción de los dibujos

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

La Figura 1 muestra una turbina eólica,

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

La Figura 3 es una vista en perspectiva esquemática que muestra las capas de fibra de un laminado principal,

La Figura 4 es una vista longitudinal esquemática de las capas de fibra del laminado principal,

La Figura 5 es una vista lateral esquemática de una capa de fibra ensamblada de acuerdo con la invención,

La Figura 6 es una vista superior esquemática de una primera capa de fibra ensamblada de acuerdo con la invención,

- 15 La Figura 7 es una vista superior esquemática de una segunda capa de fibra ensamblada de acuerdo con la invención,

La Figura 8 es una vista superior esquemática de una tercera capa de fibras ensambladas de acuerdo con la invención,

La Figura 9 es una vista superior esquemática de una cuarta capa de fibra ensamblada de acuerdo con la invención,

La Figura 10 es una vista superior esquemática de una quinta capa de fibras ensambladas de acuerdo con la invención,

La Figura 11 es una vista superior esquemática de una sexta capa de fibra ensamblada de acuerdo con la invención,

- 20 La Figura 12 es una vista lateral esquemática de una séptima capa de fibra ensamblada de acuerdo con la invención,

La Figura 13 es un diagrama de flujo que muestra un ejemplo de etapas para producir una capa de fibra ensamblada de acuerdo con la invención,

La Figura 14 muestra una vista esquemática de rodillos para uso en la invención, y

La Figura 15 muestra una vista lateral esquemática de los rodillos.

- 25 Descripción detallada de la invención

La Fig. 1 ilustra una turbina eólica moderna convencional contra el viento de acuerdo con el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un cubo 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el cubo 8, teniendo cada una, una raíz de pala 16 más cercana al cubo y una punta de pala 14 más alejada del cubo 8. El rotor tiene un radio denotado R.

- 30 La Fig. 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala de turbina eólica 10 de acuerdo con la invención. La pala de turbina eólica 10 tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región 30 de raíz más cercana al cubo, una región 34 perfilada o aerodinámica más alejada del núcleo y una región 32 de transición entre la región 30 de raíz y la región 34 aerodinámica. La pala 10 comprende un borde delantero 18 orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el cubo, y un borde posterior 20 que mira en la dirección opuesta al borde delantero 18.
- 35

- La región 34 aerodinámica (también llamada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región 30 de raíz debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que por ejemplo hace que sea más fácil y más seguro para montar la pala 10 en el cubo. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de raíz puede ser constante a lo largo de toda el área 30 de raíz. La región 32 de transición tiene un perfil de transición que cambia gradualmente de la forma circular
- 40

o elíptica de la región 30 de raíz al perfil aerodinámico de la región 34 aerodinámica. La longitud de cuerda de la región 32 de transición aumenta típicamente al aumentar la distancia  $r$  desde el cubo. La región aerodinámica 34 tiene un perfil aerodinámico con una cuerda que se extiende entre el borde delantero 18 y el borde posterior 20 de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye al aumentar la distancia  $r$  desde el centro.

5 Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición, donde la pala 10 tiene su longitud de cuerda más grande. El hombro 40 se proporciona típicamente en el límite entre la región 32 de transición y la región 34 aerodinámica.

10 Se debe notar que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, ya que la pala puede estar alabeada y/o curvada (es decir, predoblada), proporcionando así el plano de cuerda con un curso alabeado y/o curvado, siendo este el caso más frecuente para compensar la velocidad local de la pala que depende del radio del cubo.

La pala se fabrica típicamente a partir de una parte 36 de caparazón lateral de presión y una parte 38 de caparazón lateral de succión que se pegan entre sí a lo largo de líneas de unión en el borde anterior 18 y el borde posterior de la pala 20.

15 En lo que sigue, la invención se explica con respecto a la fabricación de la parte 36 de caparazón lateral de presión o la parte 38 de caparazón lateral de succión.

20 Como se muestra en la FIG. 3, la parte 38 de caparazón lateral de succión comprende una tapa de larguero o laminado principal 50, que se extiende en la dirección longitudinal de la parte de caparazón lateral de succión sustancialmente a lo largo de toda la longitud de la parte 38 de caparazón lateral de succión. El laminado principal 50 comprende una pluralidad de capas o esteras 52 de fibras que comprenden fibras unidireccionales (fibras UD), típicamente más de veinte capas de fibras. Las esteras de fibra se aplican típicamente a partir de un rollo en forma seca y se cortan a la longitud deseada. El laminado de fibra se empaqueta luego en vacío y se infunde con una resina, que finalmente se cura para formar una estructura compuesta. Muchas de las palas reforzadas con fibra de vidrio utilizan vidrio H. Si bien las juntas de chapa que comprenden gotas de capas están permitidas para el vidrio E, tales juntas de chapa no están permitidas para el vidrio H. Esto en efecto significa que, si el rollo de estera de fibra termina en una longitud que es más corta que el laminado principal, esta pieza final tendrá que ser descartada y se iniciará un nuevo rollo. Como ejemplo, si un rollo de vidrio H termina a 25 metros de la raíz para una pala de 47.6 metros, los 25 metros de vidrio H deberán desecharse. El desperdicio resultante del exceso de material de refuerzo de fibra es significativo.

30 La presente invención como se muestra en la FIG. 4 resuelve este problema produciendo la capa 52' de fibra ensamblada, que comprende al menos una primera estera 54 de fibra y una segunda estera 55 de fibra, donde las fibras UD se empalman en los extremos de las dos esteras 54, 55 de fibra para formar una capa 52' de fibra ensamblada. Las dos esteras 54, 55 de fibra están dispuestas en un solo plano de manera que la capa 52' ensamblada forma una sola capa sin gotas de chapa. Esto proporciona una capa laminada más fuerte en una estructura compuesta final que las capas laminadas convencionales que se fabrican mediante dos o más esteras de fibra no empalmadas antes del proceso de infusión. Además, es posible reducir el número de arrugas en el laminado, lo que disminuirá aún más las debilidades mecánicas en la estructura compuesta final. Esto se logra particularmente, ya que la junta de empalme asegura que las dos esteras no se muevan durante un procedimiento de laminado, por ejemplo, cuando se disponen capas de fibra adicionales encima de las capas de fibras ensambladas, o cuando el material de refuerzo de fibra se empaqueta al vacío posteriormente y se infunde. Como se ve en la FIG. 4, la capa 52' de fibra ensamblada o al menos la región de ensamblaje está intercalada entre dos capas 52 de fibras continuas, que no tienen un empalme en la región de empalme de la capa 52' de fibra ensamblada.

45 De acuerdo con una realización preferida mostrada en la FIG. 5, las fibras UD de la primera estera 54 de fibra y las fibras UD de la segunda estera 55 de fibra se cortan gradualmente de manera que las fibras UD de las dos esteras 54, 55 de fibra se unen entre sí en un límite común 56, que forma una transición decreciente entre las fibras UD de las dos esteras 54, 55. Las fibras UD de las dos esteras de fibra se empalman entre sí a través de una conexión preliminar, tal como mediante un adhesivo, costura o una conexión por fricción. La capa 52' de fibra ensamblada se proporciona en general en forma seca, es decir, no impregnada, y es importante que el empalme o la conexión preliminar no perjudique un proceso de infusión de resina posterior. Por consiguiente, la conexión preliminar solo se establece para asegurar que las fibras UD no se arruguen y que las dos esteras 54, 55 de fibra no se muevan durante el laminado o el proceso posterior de empaquetado e infusión al vacío. Con el fin de proporcionar un límite 56 común largo relativo y una transición suave entre las fibras UD de las dos esteras 54, 55 de fibra, la relación de grosor a longitud está entre 1:50 y 1:5, ventajosamente alrededor de 1:30.

55 La Figura 6 ilustra una vista superior de una primera realización de una capa 52' ensamblada de acuerdo con la invención. Las fibras UD se cortan ortogonalmente a la dirección longitudinal de la capa 52' ensamblada, y los extremos se cortan gradualmente de manera que se forma una transición decreciente entre las fibras UD de las dos esteras 54, 55 en la dirección longitudinal de la capa ensamblada.

La Fig. 7 ilustra una vista desde arriba de una segunda realización de una capa ensamblada de acuerdo con la invención, donde las fibras UD de una primera estera 154 de fibra se empalman con fibras UD de una segunda estera 155 de fibra. Las fibras UD se cortan de modo que la cara del extremo esté en ángulo en comparación con la dirección transversal de la estera de fibra ensamblada. El ángulo puede ser, por ejemplo, aproximadamente 10 grados con respecto a la dirección transversal o, de forma equivalente, 80 grados con respecto a la dirección longitudinal. Los extremos se cortan adicionalmente de modo que se forma una transición de estrechamiento entre las fibras UD de las dos esteras 154, 155 en la dirección longitudinal de la capa de fibra ensamblada.

La Fig. 8 ilustra una vista desde arriba de una tercera realización de una capa ensamblada de acuerdo con la invención, donde las fibras UD de una primera estera 254 de fibra están empalmadas con fibras UD de una segunda estera 255 de fibra. Las fibras UD se cortan de modo que los extremos se enfrentan en la dirección transversal formando un patrón en zigzag. Los extremos se cortan adicionalmente de modo que se forma una transición decreciente entre las fibras UD de las dos esteras 254, 255 en la dirección longitudinal de la capa de fibras ensamblada.

Debe mencionarse que es posible combinar las diversas realizaciones para el ángulo de corte. Por ejemplo, es posible proporcionar una combinación de las realizaciones mostradas en las Figs. 7 y 8 al tener un patrón en zigzag a lo largo de un ángulo inclinado. Tal realización puede distribuir cualquier posible pequeña variación sobre una distancia longitudinal más larga de las esteras de fibra.

La Fig. 9 ilustra una vista superior de una cuarta realización de una capa ensamblada de acuerdo con la invención, donde las fibras UD de una primera estera 354 de fibra se empalma con fibras UD de una segunda estera 355 de fibra. Las fibras UD de la primera estera 354 de fibra y las fibras UD de la segunda estera 355 de fibra se muestran cortadas decrecientemente de forma que las fibras UD de las dos esteras 354, 355 de fibra se unen en un límite común, que forma una transición decreciente entre las fibras UD de las dos esteras 354, 355 en la dirección longitudinal. El empalme es en esta realización facilitado por una doble costura 360.

La Fig. 10 ilustra una vista desde arriba de una quinta realización de una capa ensamblada de acuerdo con la invención, donde las fibras UD de una primera estera 454 de fibra están empalmadas con fibras UD de una segunda estera 455 de fibra. Las fibras UD de la primera estera 454 de fibra y las fibras UD de la segunda estera 455 de fibra se muestran cortadas decrecientemente de forma que las fibras UD de las dos esteras 454, 455 de fibra se unen en un límite común, que forma una transición decreciente entre las fibras UD de las dos esteras 454, 455 en la dirección longitudinal. El empalme es facilitado en esta realización por una única línea de costura 460.

La Fig. 11 ilustra una vista desde arriba de una sexta realización de una capa ensamblada de acuerdo con la invención, donde las fibras UD de una primera 554 estera de fibra están empalmadas con fibras UD de una segunda estera 555 de fibra. Las fibras UD de la primera estera 554 de fibra y las fibras UD de la segunda estera 555 de fibra se muestran cortadas decrecientemente de forma que las fibras UD de las dos esteras 554, 555 de fibra se unen en un límite común, que forma una transición decreciente entre las fibras UD de las dos esteras 554, 555 en la dirección longitudinal. El empalme es en esta realización facilitado por una costura 560 en zigzag.

Aunque las realizaciones se muestran como la realización preferida con una transición decreciente entre ellas, se reconoce que el límite común no tiene que ser necesariamente estrechado. Sin embargo, en general, las fibras UD de las dos esteras se deben solapar en la dirección longitudinal de manera que se pueda lograr el empalme.

Además, se reconoce que es posible combinar los métodos de costura mostrados en las Figs. 9-11, por ejemplo, combinando la costura en zigzag con la costura simple o la costura doble.

Sin embargo, también es posible lograr un empalme de las fibras a través de una junta a tope como límite entre las fibras UD de las dos esteras de fibra como se muestra en la FIG. 12. En esta realización, las fibras UD de una primera estera 654 de fibra están empalmadas con fibras UD de una segunda estera 655 de fibra a través de un entelado 670. El entelado puede ser, por ejemplo, una cinta de vidrio o una estera de hebras cortadas. El entelado puede estar conectado a las dos esteras de fibra a través de costuras, una conexión por fricción, un adhesivo o una combinación de estos.

La Figura 13 muestra un ejemplo de los pasos implicados en la producción de una capa 752' de fibra ensamblada de acuerdo con la invención. En un primer paso 700, una primera estera 754 de fibra que comprende haces de fibras 774 UD, que están cosidas 784 en la dirección transversal, está descosida en una región de extremo de la primera estera 754 de fibra. La extensión longitudinal de la región que se va a descoser puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 10 cm. En una segunda etapa 710, el extremo de la primera capa 754 de fibra se corta decrecientemente. En un tercer paso, las fibras UD se peinan y alinean de tal manera que se garantiza que los hilos se extiendan en la dirección longitudinal.

En una cuarta etapa 730, una segunda estera 755 de fibra que comprende haces de fibras UD 775, que están cosidas 785 en la dirección transversal, está descosida en una región extrema de la segunda estera 755 de fibra. La extensión

longitudinal de la región que se va a descoser puede ser, por ejemplo, de aproximadamente 10 cm. En una quinta etapa 740, el extremo de la segunda capa 755 de fibra se corta decrecientemente. En un sexto paso, las fibras UD se peinan y alinean de manera que se garantiza que los hilos se extiendan en la dirección longitudinal.

5 En un séptimo paso 760, se aplica un polvo Neoxil® 788 a las fibras UD descosidas de la primera estera 754 de fibra. La segunda estera 755 de fibra está entonces en una octava etapa 770 dispuesta de modo que las fibras UD descosidas de la segunda estera 755 de fibras se solapan con las fibras UD descosidas de la primera estera 754 de fibra. En una novena etapa 780, las fibras UD traslapadas descosidas se calientan y planchan de manera que el polvo Neoxil® se funde y proporciona un empalme entre las fibras UD de las dos esteras 754, 755 y se forma la capa de fibras ensambladas 752'

10 Mientras que el método de producción de la capa de fibra ensamblada de acuerdo con la invención se muestra para el empalme que se lleva a cabo mediante el uso de un polvo adhesivo, se reconoce que los pasos de empalme también se pueden llevar a cabo mediante otros adhesivos, costuras, conexión por fricción o una combinación de estos.

15 La Fig. 14 muestra una vista frontal esquemática y la Fig. 15 muestra una vista lateral esquemática de un sistema de rodillos, que puede usarse para proporcionar una conexión por fricción entre las fibras UD de una primera estera 854 de fibras y una segunda estera de fibras 855. El sistema de rodillos comprende un primer rodillo 890 y un segundo rodillo 895. El primer rodillo 890 tiene una superficie corrugada con una serie de crestas 891. El primer rodillo es hueco y comprende varios orificios 892 en la superficie. El segundo rodillo también es hueco y comprende varios orificios 896 en la superficie. El sistema de rodillo hace posible aplicar aire presurizado a una entrada 897 del segundo rodillo y aplicar la succión 893 al interior hueco del primer rodillo. La emisión de aire a través de los orificios 896 del segundo rodillo 895 crea hebras de fibra sueltas a las fibras UD descosidas, mientras que la succión a través de los orificios 892 asegura que las hebras estén alineadas en las crestas 891 del primer rodillo 890. La distancia entre los dos rodillos 890 se establece de acuerdo con el grosor de las esteras 854, 855 de fibra. El ancho y la profundidad de las crestas 891 del primer rodillo 890 se establecen de acuerdo con el tamaño del haz de fibras UD transversal deseado. Los rodillos 890 y 895 se enrollan a lo largo de las fibras UD de las dos esteras 854, 855 de fibra en la dirección longitudinal y pueden enrollarse hacia adelante y hacia atrás durante un tiempo predeterminado o hasta que se consigue una conexión de fricción suficiente.

La invención se ha descrito con referencia a realizaciones ventajosas. Sin embargo, el alcance de la invención no se limita a las realizaciones ilustradas, y las alteraciones y modificaciones se pueden llevar a cabo sin desviarse del alcance de la invención.

30 Lista de números de referencia

2	Turbina eólica
4	Torre
6	Góndola
8	cubo
10	pala
14	Punta de pala
16	Raíz de pala
18	Borde de ataque
20	Borde de fuga
30	Región de raíz
32	Región de transición

ES 2 676 269 T3

34	región aerodinámica
36	Parte del caparazón lateral de presión
38	Parte del caparazón lateral de succión
40	hombro
50	Tapa de larguero /laminado principal
52	Capas de fibra
52'	Capa de fibra ensamblada
54, 154, 254, 354, 454, 554, 654, 754, 854	Primera estera de fibra
55, 155, 255, 355, 455, 555, 655, 755, 855	Segunda estera de fibra
56	Límite común
360, 460, 560	costuras
670	entelado
700, 710, 720, 730, 740, 750, 760, 770, 780	pasos
774, 775	Fibras unidireccionales
784, 785	costuras
788	Polvo adhesivo
890	Primer rodillo
891	crestas
892	orificios
893	succión
895	Segundo rodillo
896	orificios
897	entrada
$r$	Radio local, distancia radial desde la raíz de la pala
$L$	Longitud de la pala

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para producir una única capa de fibra que se extiende longitudinalmente ensamblada para usar en un proceso de infusión de resina posterior para fabricar una estructura compuesta reforzada con fibra, comprendiendo el método los siguientes pasos:
- 5 a) proporcionar una primera estera de fibra que comprende fibras de refuerzo unidireccionales orientadas en una dirección longitudinal de la primera estera de fibra entre dos extremos,
- b) proporcionar una segunda estera de fibra que comprende fibras de refuerzo unidireccionales orientadas en una dirección longitudinal de la segunda estera de fibra entre dos extremos,
- 10 c) disponer la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra de modo que las fibras unidireccionales de un extremo de la primera estera de fibra unen un extremo de la segunda estera de fibra en un solo plano en un límite común, y
- d) empalmar fibras unidireccionales de la primera estera de fibra en dicho un extremo de la primera estera de fibra a fibras unidireccionales de la segunda estera de fibra en dicho un extremo de la segunda estera de fibra con el fin de formar una junta de empalme.
- 15 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, en el que dicho un extremo de la primera capa de fibra y dicho un extremo de la segunda capa de fibra se cortan decrecientemente, y en el que dichas capas de fibra en la etapa c) están dispuestas de modo que el límite común forma una transición decreciente entre las fibras unidireccionales de la primera estera de fibras y las fibras unidireccionales de la segunda estera de fibras en la dirección longitudinal de la única capa continua de fibras que se extiende longitudinalmente.
- 20 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 2, en el que la transición decreciente tiene una relación de grosor a longitud que está entre 1:50 y 1:5, por ejemplo, alrededor de la 1:30.
4. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa d) comprende el uso de un adhesivo para proporcionar dicho empalme.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el adhesivo está basado en polvo.
- 25 6. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la junta de empalme se calienta, por ejemplo, a través del planchado.
7. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la etapa d) comprende la etapa de coser la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra juntas para proporcionar dicho empalme.
- 30 8. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las fibras unidireccionales adicionales de la primera estera de fibra se presionan contra las fibras unidireccionales de la segunda estera de fibra con el fin de formar una conexión por fricción entre dichas fibras unidireccionales.
9. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la etapa d) comprende el uso de rodillos para presionar entre sí las fibras unidireccionales de la primera estera y la segunda estera de fibra.
- 35 10. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las fibras unidireccionales en dicho un extremo de la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra están descosidas en una zona longitudinal en dichos extremos uno antes de la etapa d).
11. Un método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que las fibras unidireccionales en dicho un extremo de la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra están alineados en la dirección longitudinal a través de medios de alineación, tales como un peine.
- 40 12. Un método para fabricar una parte de pala de turbina eólica, tal como una parte de caparazón de cuchilla, donde el método de fabricación incluye el laminado de las capas de fibra en un molde, en donde al menos una de las capas de fibra se produce según cualquiera de los métodos de acuerdo con las reivindicaciones 1 a 11, y en las que a continuación se suministra una resina a dichas capas de fibra y posteriormente se cura o se endurece para formar una estructura compuesta.
- 45 13. Un método para fabricar una parte de pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 12, en el que el laminado implica apilar una pluralidad de capas de fibra, y donde dicha al menos una capa de fibra está intercalada

entre dos capas de fibra que no tienen una junta de empalme en la junta de empalme de dicha al menos una capa de fibra.

5 14. Un método de fabricación de una pieza de pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 12 o 13, en el que la parte de pala de turbina eólica es una estructura portadora de carga, tal como un laminado principal o una tapa de larguero.

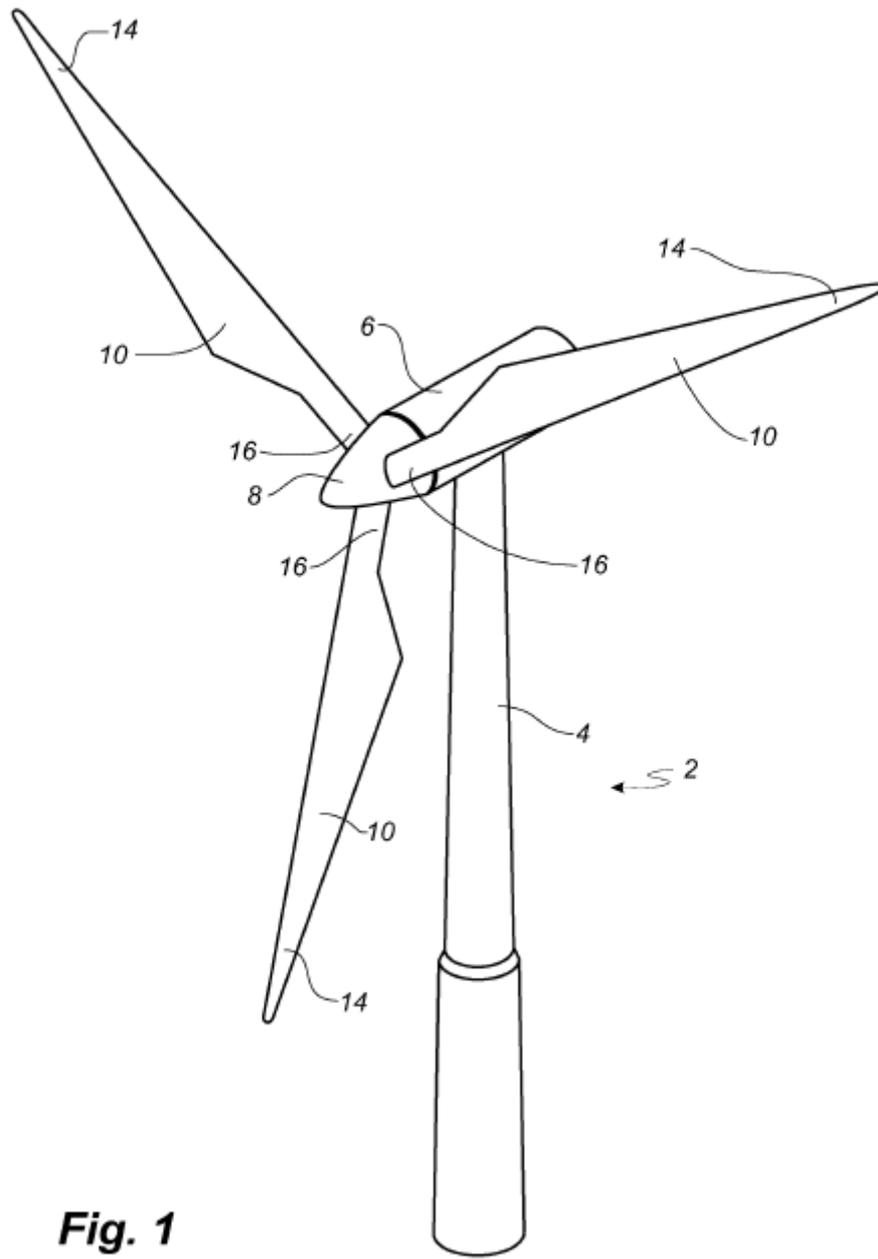
15. Una capa de refuerzo de fibra que se extiende longitudinalmente ensamblada para usar en un proceso de infusión de resina posterior para fabricar una estructura compuesta reforzada con fibra, comprendiendo la capa de refuerzo de fibra:

10 - una primera estera de fibra que comprende fibras de refuerzo unidireccionales orientadas en una dirección longitudinal de la primera estera de fibras entre dos extremos,

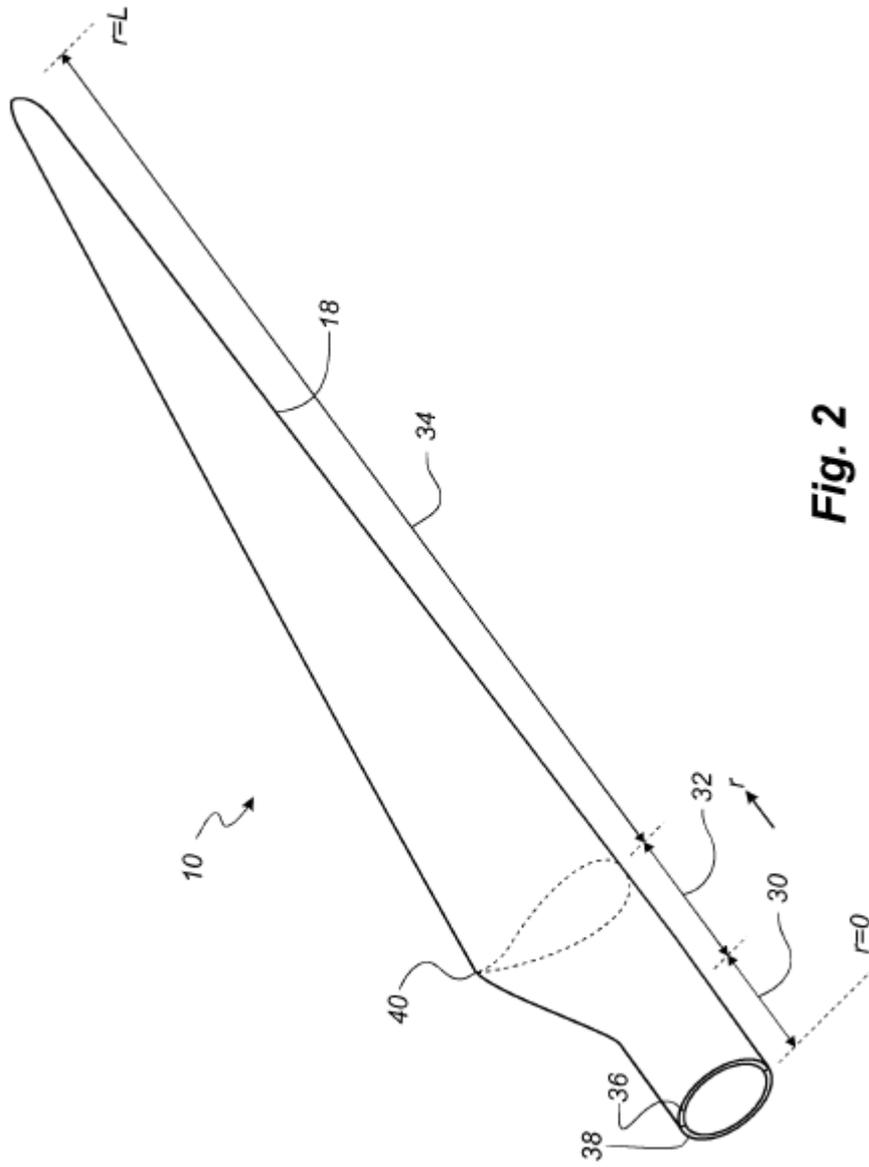
- una segunda estera de fibra que comprende fibras de refuerzo unidireccionales orientadas en una dirección longitudinal de la segunda estera de fibra entre dos extremos, en la que

15 - la primera estera de fibra y la segunda estera de fibra están dispuestas de modo que las fibras unidireccionales de un extremo de la primera estera de fibra unen un extremo de la segunda estera de fibra en un solo plano en un límite común, y en el que

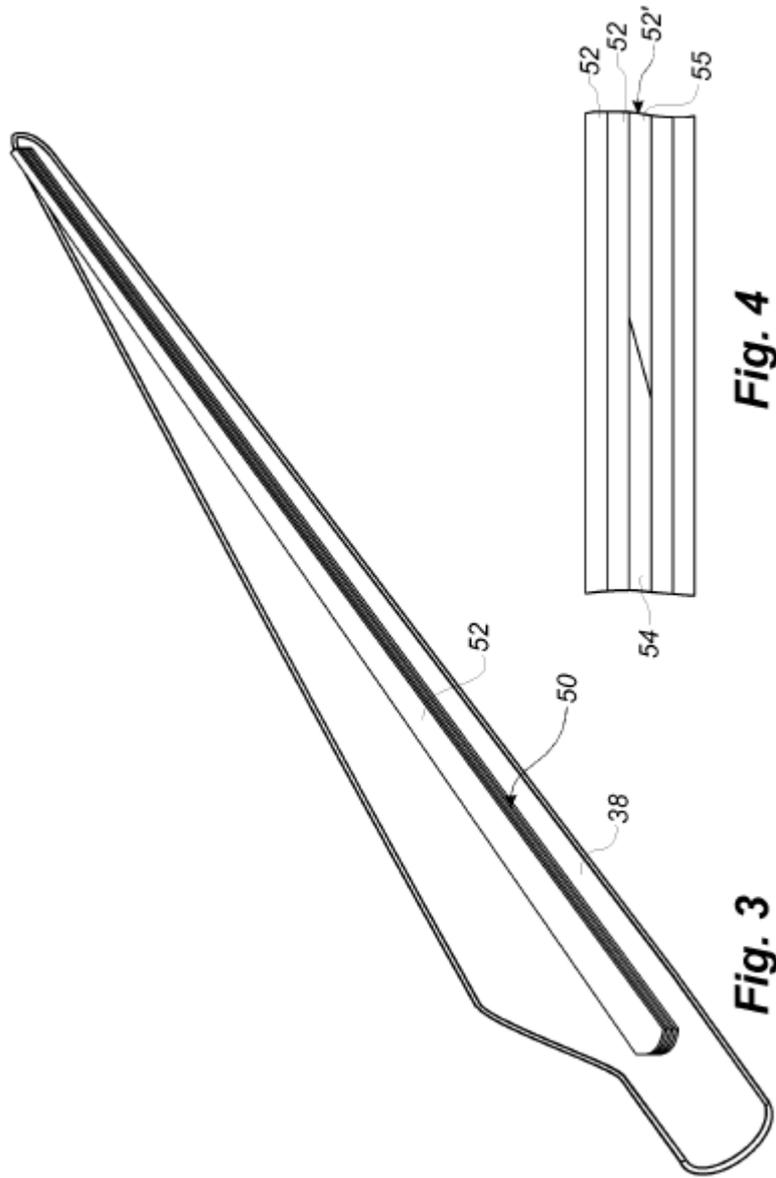
- las fibras unidireccionales de la primera estera de fibra en dicho un extremo de la primera estera de fibra se empalma con fibras unidireccionales de la segunda estera de fibra en dicho un extremo de la segunda estera de fibra y forma una unión de empalme.

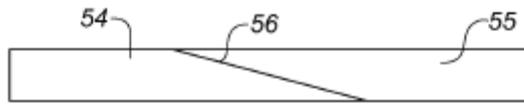


**Fig. 1**

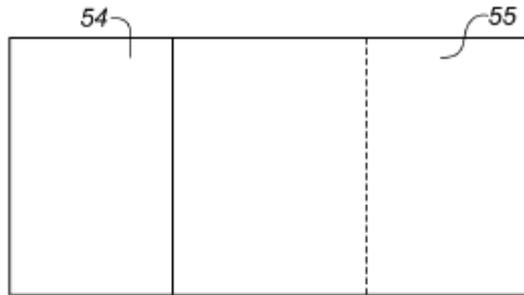


**Fig. 2**

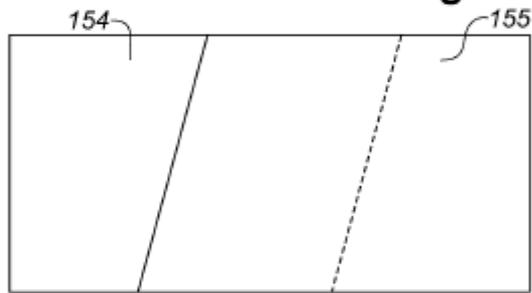




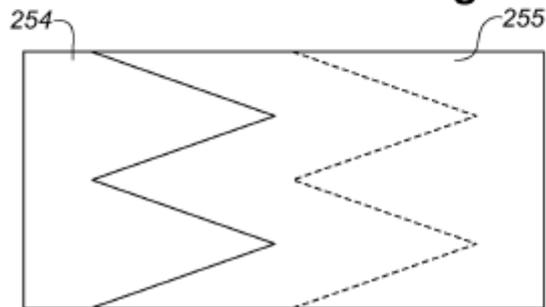
**Fig. 5**



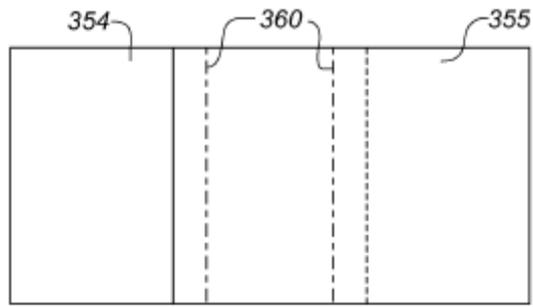
**Fig. 6**



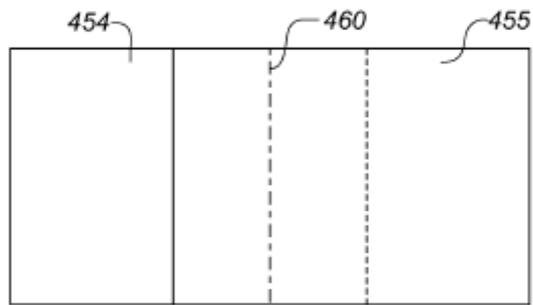
**Fig. 7**



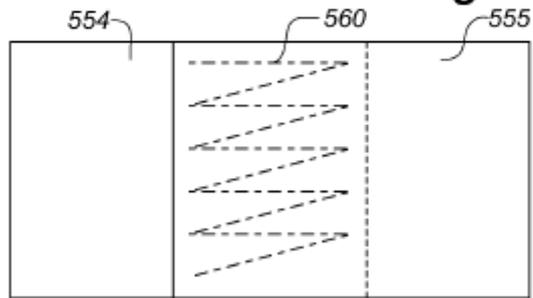
**Fig. 8**



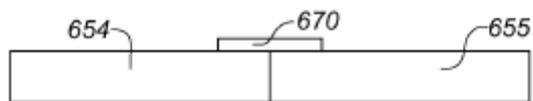
**Fig. 9**



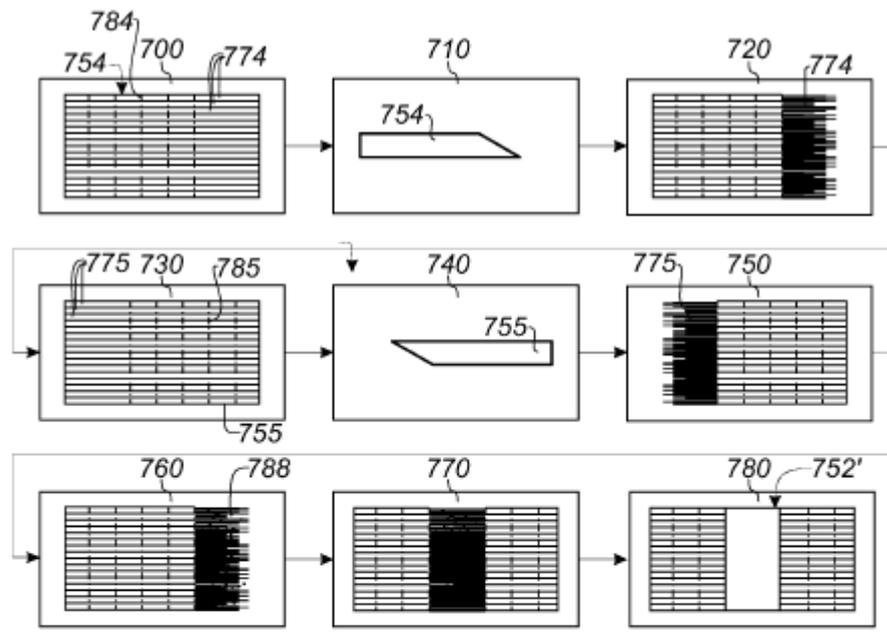
**Fig. 10**



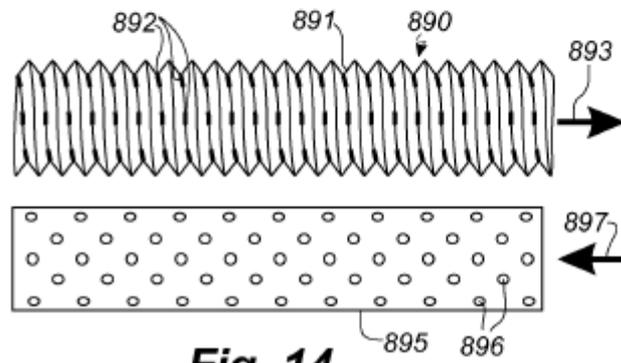
**Fig. 11**



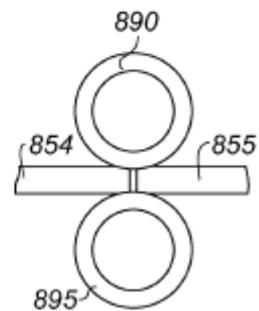
**Fig. 12**



**Fig. 13**



**Fig. 14**



**Fig. 15**