

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 853 374**

51 Int. Cl.:

B29C 70/34 (2006.01)

B29C 70/44 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

F03D 1/06 (2006.01)

B29L 31/08 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.01.2015 PCT/EP2015/051944**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2015 WO15114098**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2015 E 15702240 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.12.2020 EP 3099471**

54 Título: **Método para fabricar una pieza de pala de aerogenerador en dos pasos**

30 Prioridad:

31.01.2014 EP 14153437

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

15.09.2021

73 Titular/es:

LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)

Jupitervej 6

6000 Kolding , DK

72 Inventor/es:

ØSTERGAARD, RASMUS C;

NIELSEN, LARS y

JESPERSEN, KLAVS

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 853 374 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

Método para fabricar una pieza de pala de aerogenerador en dos pasos

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de una pala de aerogenerador y productos intermedios de una pala de aerogenerador.

Antecedentes de la invención

Las palas de los aerogeneradores a menudo se fabrican según uno de dos diseños de construcción, a saber, un diseño en el que una delgada carcasa aerodinámica se pega a una viga de larguero, o un diseño donde las tapas de larguero, también llamadas laminados principales, se integran en la carcasa aerodinámica.

10 En el primer diseño, la viga de larguero constituye la estructura de soporte de carga de la pala. La viga de larguero, así como la carcasa aerodinámica o las piezas de la carcasa se fabrican por separado. La carcasa aerodinámica se fabrica a menudo como dos piezas de carcasa, típicamente como una pieza de carcasa del lado de presión y una pieza de carcasa del lado de succión. Las dos piezas de la carcasa están pegadas o conectadas de otro modo a la viga de larguero y además se pegan entre sí a lo largo de un borde de ataque y un borde de salida de las piezas de la carcasa. Este diseño tiene la ventaja de que la estructura portadora de carga crítica puede fabricarse por separado y, por lo tanto, es más fácil de controlar. Además, este diseño permite varios métodos de fabricación diferentes para producir la viga, tales como moldeo y bobinado de filamentos.

15 En el segundo diseño, las tapas de larguero o laminados principales están integrados en la carcasa y se moldean junto con la carcasa aerodinámica. Los laminados principales comprenden típicamente un gran número de capas de fibra en comparación con el resto de la pala y pueden formar un engrosamiento local de la carcasa del aerogenerador, al menos con respecto al número de capas de fibra. Por tanto, el laminado principal puede formar una inserción de fibra en la pala.

25] En este diseño, los laminados principales constituyen la estructura portadora de carga. Las carcasas de las palas se diseñan típicamente con un primer laminado principal integrado en la pieza de la carcasa del lado de presión y un segundo laminado principal integrado en la pieza de la carcasa 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 de I. Para palas muy largas, las carcasas de pala más a lo largo de al menos una parte de la extensión longitudinal comprenden un primer laminado principal adicional en la carcasa del lado de presión y un segundo laminado principal adicional en la carcasa del lado de succión. Estos laminados principales adicionales también pueden conectarse a través de una o más bandas de cizallamiento. Este diseño tiene la ventaja de que es más fácil controlar la forma aerodinámica de la pala mediante el moldeo de la pieza de la carcasa de la pala.

30 La infusión al vacío o VARTM (moldeo por transferencia de resina asistida por vacío) 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.

35 Durante el proceso de llenado del molde, se genera un vacío, entendiéndose dicho vacío en este contexto como una presión baja o una 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 tanto, es importante posicionar los canales de entrada y los canales de vacío de manera óptima para obtener un llenado completo de la cavidad del molde. Sin embargo, a menudo es difícil asegurar una distribución completa del polímero en toda la cavidad del molde y, por consiguiente, esto a menudo da como resultado los denominados puntos secos, es decir, áreas con material de fibra que no están suficientemente impregnadas con resina. Por tanto, los puntos secos son zonas en las que 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 parte de molde rígida y una parte de molde resiliente 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 extrayendo aire, por ejemplo, por medio de una aguja de jeringa. Opcionalmente, el polímero líquido se puede inyectar en la ubicación respectiva, y esto se puede hacer, por ejemplo, también por medio de una aguja de jeringa. Este es un proceso tedioso y que requiere mucho tiempo. En el caso de piezas de molde grandes, el personal debe pararse sobre 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, un debilitamiento local de la estructura, lo que puede provocar, por ejemplo, efectos de pandeo.

40 En la mayoría de los casos, el polímero o la resina aplicada es poliéster, éster de vinilo o epoxi, pero también puede ser PUR o pDCPD, y el refuerzo de fibra se basa más a menudo en fibras de vidrio o fibras de carbono. Los epoxis tienen ventajas con respecto a varias propiedades, tales como la contracción durante el curado (que en algunas

circunstancias puede conducir a menos arrugas en el laminado), propiedades eléctricas y resistencia mecánica y a la fatiga. El poliéster y los ésteres de vinilo tienen la ventaja de que proporcionan mejores propiedades de unión que los revestimientos gelatinosos.

5 De este modo, se puede aplicar un revestimiento gelatinoso a la superficie exterior la carcasa durante la fabricación de la carcasa aplicando un revestimiento gelatinoso al molde antes de que el material de refuerzo de fibra se disponga en el molde. Por tanto, se pueden evitar varias operaciones posteriores al moldeo, tales como pintar la pala. Además, los poliésteres y ésteres de vinilo son más baratos que los epoxis. En consecuencia, el proceso de fabricación puede simplificarse y los costes pueden reducirse.

10 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 de sándwich y típicamente está hecho de un material rígido y liviano para reducir el peso de la estructura compuesta. Para 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.

15 Como, por ejemplo, las palas de los aerogeneradores se han hecho cada vez más grandes con el paso del tiempo y ahora pueden tener más de 70 metros de largo, el tiempo de impregnación relacionado con la fabricación de tales palas ha aumentado, ya que se debe impregnar más material de fibra con polímero. Además, el proceso de infusión se ha vuelto más complicado, ya que la impregnación de elementos de carcasa grandes, tales como palas, requiere el control de los frentes de flujo para evitar puntos secos, dicho control puede, por ejemplo, incluir un control en
20 función del tiempo de los canales de entrada y los canales de vacío. Esto aumenta el tiempo necesario para extraer o inyectar polímero. Como resultado, el polímero tiene que permanecer líquido durante más tiempo, lo que normalmente también da como resultado un aumento del tiempo de curado.

25 El moldeo por transferencia de resina (RTM) es un método de fabricación que es similar al VARTM. En RTM, la resina líquida no se introduce en la cavidad del molde debido al vacío generado en la cavidad del molde. En su lugar, la resina líquida se fuerza a la cavidad del molde a través de una sobrepresión en el lado de entrada.

30 El moldeo preimpregnado es un método en el que las fibras de refuerzo se impregnan previamente con una resina catalizada previamente. La resina es típicamente sólida o casi sólida a temperatura ambiente. Los preimpregnados se disponen a mano o a máquina sobre la superficie de un molde, se embolsan al vacío y luego se calientan a una temperatura en la que se permite que la resina refluya y finalmente se cure. Este método tiene la principal ventaja de que el contenido de resina en el material de fibra se establece con precisión de antemano. Los preimpregnados son fáciles y limpios de trabajar y hacen factible la automatización y el ahorro de mano de obra. La desventaja de los preimpregnados es que el coste del material es más alto que el de las fibras no impregnadas. Además, el material del núcleo debe estar hecho de un material que sea capaz de soportar las temperaturas del proceso necesarias para llevar la resina a reflujo. El moldeo preimpregnado se puede utilizar tanto en conexión con un proceso RTM como
35 VARTM.

Además, es posible fabricar molduras huecas en una pieza mediante el uso de piezas de molde exteriores y un núcleo de molde. Tal método se describe, por ejemplo, en el documento EP 1 310 351 y se puede combinar fácilmente con RTM, VARTM y moldeo preimpregnado.

40 Además, se conoce la fabricación de palas con dos o más tipos diferentes de material de fibra. El documento WO 2003/078832 describe una pala de aerogenerador de polímero reforzado con fibra que incluye un primer tipo de fibras, tales como fibras de vidrio, de una primera rigidez y un segundo tipo de fibras, tales como fibras de carbono, de diferente rigidez. En una región de transición entre los dos tipos de fibras, la relación cuantitativa de los dos tipos de fibras varía continuamente en la dirección longitudinal de la pala. En una realización preferida descrita, el laminado comprende una pluralidad de capas, y los límites entre las capas que tienen los primeros tipos de fibras y
45 las capas que tienen los segundos tipos de fibras se desplazan mutuamente en la dirección longitudinal de la pala de modo que se logra una transición cónica escalonada. Sin embargo, se ha encontrado que tal transición no es mecánicamente fuerte. Para compensar las concentraciones de tensión cuando se utilizan fibras de refuerzo con diferente módulo E en compuestos, es posible proporcionar un engrosamiento local en el área de transición entre las dos fibras diferentes y, por lo tanto, limitar el riesgo de fallo debido a concentraciones de tensión. Sin embargo, un
50 inconveniente de tal solución es el aumento de peso debido al mayor uso de fibras, por ejemplo, fibras de vidrio, en la zona de transición entre las fibras de vidrio y las fibras de carbono.

El documento US 2012/0009070 describe un método de preparación de un miembro de carcasa de pala de aerogenerador mediante el uso de material laminado reforzado con fibra curado previamente. En una realización, se describe un proceso de infusión por pasos, en el que se infunden capas individuales en secuencia.

55 El documento WO 2012/149939 describe un método para preparar un laminado compuesto híbrido de capas de material reforzado con fibras de diferentes viscosidades de resina, donde las primeras capas se impregnan previamente con una primera resina que tiene una primera viscosidad y las segundas capas se impregnan con una resina de una segunda viscosidad.

El documento WO 2013/010979 describe una pala de aerogenerador que tiene diferentes tipos de fibras con una transición a modo de bufanda entre los diferentes tipos de fibras.

El documento US 2012/0082558 describe una pala de aerogenerador modular, donde las piezas se unen entre sí a lo largo de líneas de unión. En una realización, las líneas de unión se forman como juntas de doble bufanda.

5 Además, se conoce a partir del documento WO 2013/113817 fabricar una pieza de la carcasa de la pala en un sistema de molde y transferir las piezas de la carcasa de la pala curadas a una estación de moldeo posterior que comprende cunas para transportar las piezas de la carcasa curadas para un tratamiento adicional, tal como pegar las piezas de la carcasa entre sí para formar la carcasa aerodinámica de una pala de aerogenerador acabada. El método asegura que el tiempo del ciclo del molde se mantenga lo más corto posible, lo que permite un uso máximo efectivo del molde. El método es particularmente adecuado para palas que tienen una longitud de 40 a 50 metros, ya que el proceso de colocación para palas de tal longitud toma aproximadamente un tercio del tiempo total de producción, que comprende disposición, infusión y ensamblaje de moldeo posterior y otras operaciones de moldeo posterior. Esto permite un proceso de fabricación continuo, donde el sistema de molde y el sistema de posterior al moldeo se utilizan en todo momento. Sin embargo, para palas más largas, tales como palas que tienen una longitud de 60 a 80 metros o incluso más, el tiempo de colocación ocupa una parte mucho mayor del tiempo total de producción, por lo que el sistema de moldeo posterior tiene mucho tiempo de inactividad.

Es un objeto de la invención obtener un nuevo método para fabricar tales palas de aerogenerador y productos intermedios, y que supere o mejore al menos una de las desventajas de la técnica anterior o que proporcione una alternativa útil.

20 **Compendio de la invención**

Según un aspecto, que no forma parte de la presente invención, se proporciona una pala de aerogenerador que tiene una dirección longitudinal entre un extremo de raíz y un extremo de punta, en el que la pala de aerogenerador comprende al menos un componente de pala de aerogenerador hecho de material compuesto fibroso y que comprende un primer tipo de fibras de refuerzo que tienen un primer módulo elástico, y un segundo tipo de fibras de refuerzo y un segundo módulo elástico, en donde el componente de pala de aerogenerador comprende un espesor entre una primera superficie y una segunda superficie, en donde la proporción entre el primer tipo de fibras de refuerzo y el segundo tipo de fibras de refuerzo cambia gradualmente en una primera dirección de la pala del aerogenerador de modo que el módulo elástico cambie gradualmente en dicha primera dirección, en donde dicho cambio gradual en la primera dirección es proporcionado por: una primera sección de espesor, donde las fibras de refuerzo del primer tipo a lo largo de un primer límite común se estrechan hacia la primera superficie del componente de pala de aerogenerador en la primera dirección, y las fibras de refuerzo del segundo tipo se estrechan hacia la segunda superficie del componente de pala de aerogenerador en una dirección opuesta a la primera dirección, y una segunda sección de espesor, donde las fibras de refuerzo del primer tipo a lo largo de un segundo límite común se estrechan hacia la segunda superficie del componente del aerogenerador en la primera dirección, y las fibras de refuerzo del segundo tipo se estrechan hacia la primera superficie del componente del aerogenerador en una dirección opuesta a la primera dirección, y en donde el primer tipo de fibras y el segundo tipo de fibras están incrustadas en una matriz de polímero común.

Por consiguiente, se ve que la transición gradual se proporciona por una sección combinada de doble espesor cónico con fibras de refuerzo del primer tipo intercaladas entre fibras de refuerzo del segundo tipo o viceversa. Aunque esto aumenta la complejidad del procedimiento de colocación de fibras, esta realización proporciona una transición de rigidez más fuerte del componente de aerogenerador entre los dos tipos de fibras, y además la transición puede ser más corta que los componentes de aerogenerador de la técnica anterior que tienen una única sección cónica. Además, está claro que el doble estrechamiento se proporciona durante la colocación y que el material de refuerzo se impregna con una resina de polímero y luego se cura o endurece de modo que los dos tipos de fibras de refuerzo se incrusten en una matriz de polímero común. Esto tiene la ventaja de reducir las concentraciones de tensión y, en particular, la tasa de liberación de energía en el límite común entre los dos tipos de fibra, especialmente en comparación con las piezas unidas en una línea de unión.

Ventajosamente, el primer límite común y el segundo límite común convergen en la primera dirección o en una dirección opuesta a la primera dirección, más ventajosamente en la dirección opuesta a la primera dirección.

50 Preferiblemente, la primera dirección es la dirección longitudinal de la pala. Por consiguiente, se ve que la transición de rigidez gradual se proporciona en la dirección longitudinal de la pala. Típicamente, el tipo de fibra con el módulo E más alto se dispone en el exterior lo más cerca de la punta, y el tipo de fibra con el módulo E más bajo se dispone en el interior lo más cerca de la raíz. Sin embargo, en las realizaciones que emplean una transición de fibras de vidrio a fibras de carbono, el extremo de la punta se puede reforzar con fibras de vidrio solo por razones de protección contra rayos. Por consiguiente, la pala puede tener una segunda transición de fibras de carbono a fibras de vidrio cerca del extremo de la punta.

Según una realización ventajosa, la primera sección de espesor y la segunda sección de espesor tienen un límite de superficie común entre la primera superficie y la segunda superficie del componente de pala de aerogenerador. Por tanto, se ve que las dos secciones de espesor están superpuestas una encima de la otra.

5 Ventajosamente, las secciones cónicas de la primera sección de espesor y el segundo espesor coinciden en el límite de la superficie común. En otras palabras, las dos secciones cónicas formadas por los dos límites comunes convergen en un punto de vértice común.

10 En una realización, la primera sección de espesor y/o la segunda sección de espesor comprende un estrechamiento escalonado entre capas que comprenden las fibras de refuerzo del primer tipo y las fibras de refuerzo del segundo tipo. Por consiguiente, se ve que la transición gradual a través del procedimiento colocación se proporciona como una transición similar a una junta de doble derivación entre los dos tipos de fibras.

15 Sin embargo, en una segunda realización preferida, la primera sección de espesor y/o la segunda sección de espesor comprenden un estrechamiento continuo entre capas que comprenden las fibras de refuerzo del primer tipo y las fibras de refuerzo del segundo tipo. Por consiguiente, se ve que la transición gradual a través del procedimiento de colocación se proporciona como una transición similar a una unión de doble bufanda entre los dos tipos de fibras. Además, está claro que las capas individuales que comprenden fibras necesitan ser estrechadas en las secciones de los extremos de las mismas.

Preferiblemente, el componente del aerogenerador es una estructura portadora de carga, tal como un larguero o un casquete de larguero.

20 Según una realización ventajosa, el primer tipo de fibras de refuerzo son fibras de vidrio. El segundo tipo de fibras de refuerzo pueden ser, por ejemplo, fibras de carbono o un híbrido de fibras de carbono y fibras de vidrio.

En una realización, el componente de pala de aerogenerador comprende una primera sección, en donde el material compuesto fibroso está reforzado principalmente por las fibras de refuerzo del primer tipo, y una segunda sección, en donde el material compuesto fibroso está reforzado principalmente por las fibras de refuerzo del segundo tipo, y en donde el cambio gradual está dispuesto entre la primera sección y la segunda sección.

25 Las fibras de refuerzo del primer tipo y las fibras de refuerzo del segundo tipo están preferiblemente dispuestas de modo que las fibras de refuerzo del primer tipo estén ubicadas lo más cerca del extremo de la raíz de la pala de aerogenerador y las fibras de refuerzo del segundo tipo estén ubicadas lo más cerca del extremo de la punta de la pala, y de modo que el módulo elástico aumente hacia la punta.

30 En otra realización ventajosa, la pala de aerogenerador comprende además una transición gradual que comprende una sección cónica entre las fibras de refuerzo del primer tipo y las fibras de refuerzo del tercer tipo incrustadas en una matriz de polímero adicional, diferente de la matriz de polímero común. El refuerzo del tercer tipo puede ser, por ejemplo, fibras de vidrio.

35 La matriz de polímero común puede ser ventajosamente un éster de vinilo o epoxi endurecido o curado. La matriz de polímero adicional puede ser un poliéster endurecido o curado. Por consiguiente, es posible prefabricar una primera pieza con menor resistencia y rigidez utilizando material más barato y fabricando la pieza portadora de carga con fibras más rígidas y una matriz más resistente.

40 Ventajosamente, el componente que comprende las fibras de refuerzo del tercer tipo incrustadas en la matriz de polímero adicional comprende un laminado de extremo de raíz. Por consiguiente, la transición a las fibras del primer tipo puede establecerse entre el laminado del extremo de la raíz y la tapa del larguero de la pala de aerogenerador. El componente que comprende las fibras del tercer tipo puede comprender además una pieza de carcasa aerodinámica de la pala del aerogenerador. La tapa del larguero se puede adherir, por ejemplo, a través de la matriz de polímero común, a la carcasa aerodinámica.

45 En el mismo aspecto, también se proporciona un método de fabricación de un componente de pala de aerogenerador de una pala de aerogenerador que tiene una dirección longitudinal entre un extremo de raíz y un extremo de punta, en donde el componente de pala de aerogenerador comprende un espesor entre una primera superficie y una segunda superficie, en donde el método comprende los pasos de:

a) construir una primera sección de espesor:

- 50 i) disponiendo una serie de primeras capas de fibras que comprenden fibras de refuerzo de un primer tipo, y
- ii) disponiendo una serie de segundas capas de fibras que comprenden fibras de refuerzo de un segundo tipo, en donde

- las primeras capas y las segundas capas están dispuestas de modo que las primeras capas de fibras a lo largo de un primer límite común se estrechen hacia la primera superficie del componente de la pala del aerogenerador en una primera dirección, y las segundas capas de

fibras se estrechen hacia la segunda superficie del componente de pala de aerogenerador en una dirección opuesta a la primera dirección, y

b) construir una segunda sección de espesor:

5 i) disponiendo una serie de primeras capas de fibras adicionales que comprenden fibras de refuerzo del primer tipo, y

ii) disponiendo una serie de segundas capas de fibras adicionales que comprenden fibras de refuerzo del segundo tipo, en donde

10 - las primeras capas de fibras adicionales y las segundas capas de fibras adicionales están dispuestas de modo que las primeras capas de fibras adicionales a lo largo de un segundo límite común se estrechen hacia la segunda superficie del componente de pala de aerogenerador en la primera dirección, y las segundas capas de fibras adicionales se estrechen hacia la primera superficie del componente de pala de aerogenerador en una dirección opuesta a la primera dirección, y

15 c) suministrar una resina de polímero común a la primera sección de espesor y la segunda sección de espesor, y

d) curar o endurecer la resina de polímero común para incrustar las fibras de refuerzo del primer tipo y las fibras de refuerzo del segundo tipo en una matriz de polímero común.

20 Por consiguiente, se proporciona una transición gradual mediante un doble estrechamiento con fibras de refuerzo del primer tipo intercaladas entre fibras de refuerzo del segundo tipo o viceversa. Aunque esto aumenta la complejidad del procedimiento de colocación de fibras, esta realización proporciona una transición de rigidez más fuerte del componente de aerogenerador, ya que los dos tipos de fibras de refuerzo y el límite entre las fibras están incrustados en la misma matriz de polímero. Además, la transición puede ser más corta que los componentes de aerogenerador de la técnica anterior que tienen una única sección cónica.

25 La resina de polímero se puede suministrar simultáneamente con los pasos a) y b), por ejemplo, a través de preimpregnados. Sin embargo, ventajosamente, las capas de fibras se disponen en forma seca y posteriormente se suministra una resina líquida. La resina puede, por ejemplo, inyectarse a través de un método VARTM.

Preferiblemente, la primera sección de espesor comprende una pluralidad de capas de fibras, en donde el primer límite común está formado por límites entre las primeras capas de fibras y las segundas capas de fibras se desplazan mutuamente en la primera dirección de la pala de aerogenerador.

30 De manera similar, la segunda sección de espesor puede comprender una pluralidad de capas de fibras adicionales, en donde el segundo límite común está formado por límites entre las primeras capas de fibras adicionales y las segundas capas de fibras adicionales se desplazan mutuamente en la primera dirección de la pala del aerogenerador.

35 Ventajosamente, los extremos de la pluralidad de capas de fibras se estrechan en el límite común. Por consiguiente, el límite común se proporciona como un estrechamiento continuo, que proporciona la transición más fuerte. Por tanto, las primeras capas de fibras y las segundas capas de fibras pueden formar un límite común correspondiente a una unión de doble bufanda. En una realización alternativa, los extremos de la pluralidad de capas no se estrechan. Por consiguiente, las secciones cónicas forman juntas de solape, preferiblemente una junta de solape doble.

40 La invención proporciona un método para fabricar una parte de una pala de aerogenerador según la reivindicación 1, el método que comprende los pasos de:

colocar un material de fibra primaria en un molde;

infundir dicho material de fibra primaria con una resina primaria;

curar sustancialmente dicha resina primaria en dicho material de fibra primaria para formar un elemento de pala curado;

45 colocar un material de fibra secundaria encima de al menos una parte de dicho elemento de pala curado;

infundir dicho material de fibra secundaria con una resina secundaria diferente a dicha resina primaria, en donde dicha resina secundaria tiene un nivel de resistencia más alto que dicha resina primaria; y

curar dicha resina secundaria en dicho material de fibra secundaria para formar una sección reforzada integrada en dicho elemento de pala curado.

5 Por lo tanto, se ve que la pieza de pala curada puede fabricarse primero con un material de fibra primaria y un material de matriz de resistencia relativamente baja y, por tanto, según un método de producción de coste relativamente bajo, mientras que la sección de refuerzo integrada crítica puede disponerse posteriormente con material de fibra secundaria y un material de matriz de mayor resistencia. Además, la producción de la pieza de pala curada puede fabricarse con una forma especial, por ejemplo, con un rebaje, de modo que el material de fibra secundaria pueda disponerse más fácilmente sin arrugarse. El nivel de resistencia se refiere preferiblemente a la resistencia a la tracción.

Se observa que los dos aspectos utilizan términos ligeramente diferentes. Sin embargo, preferiblemente se aplica lo siguiente:

Aspecto I	Aspecto II
Fibras de refuerzo del primer tipo	Pieza del material de fibra secundaria
Fibras de refuerzo del segundo tipo	Pieza del material de fibra secundaria
Fibras de refuerzo del tercer tipo	Material de fibra primaria
Matriz de polímero común	Resina secundaria
Matriz de polímero adicional	Resina primaria

10 El elemento de pala curado comprende una pieza de carcasa aerodinámica de la pala. Además, el elemento de pala curado puede comprender ventajosamente un laminado de extremo de raíz. La sección reforzada integrada forma al menos una parte de una tapa de larguero o viga de larguero del aerogenerador.

15 Preferiblemente, dicha resina primaria comprende una resina de resistencia relativamente baja, por ejemplo, poliéster.

Preferiblemente, dicha resina secundaria comprende una resina de resistencia relativamente alta, por ejemplo éster de vinilo, epoxi, poliuretano, una resina híbrida.

Preferiblemente, dicha resina primaria y/o dicha resina secundaria comprenden resinas curadas a temperatura ambiente.

20 Preferiblemente, dicho material de fibra primaria es diferente a dicho material de fibra secundaria.

Preferiblemente, dicho material de fibra secundaria comprende fibras que tienen un mayor nivel de rigidez que las fibras de dicho material de fibra primaria.

Preferiblemente, dichas fibras de dicho material de fibra secundaria tienen un módulo elástico o un nivel de rigidez al menos un 20% mayor que dichas fibras de dicho material de fibra primaria.

25 Preferiblemente, dichas fibras de dicho material de fibra primaria tienen un módulo elástico de menos de 50000 MPa, y en donde dichas fibras de dicho material de fibra secundaria tienen un módulo elástico superior a 53000 MPa y más preferiblemente superior a 60000 MPa.

Preferiblemente, dicho material de fibra primaria es un material de fibra de vidrio, por ejemplo, vidrio E, vidrio H.

30 Preferiblemente, dicho material de fibra secundaria se selecciona de uno o más de los siguientes: vidrio H, fibra de carbono, fibra de acero.

Se entenderá que el material de fibra secundaria se puede proporcionar como un híbrido de cualquier combinación de materiales de rigidez relativamente alta. Un híbrido de carbono y vidrio puede ser particularmente ventajoso.

35 Preferiblemente, el método comprende el paso de, después de colocar dicho material de fibra primaria, aplicar una bolsa de vacío primaria sobre dicho material de fibra primaria, y en donde dicho paso de infundir dicho material de fibra primaria con una resina primaria comprende un proceso de infusión de vacío. Por tanto, la parte curada de la pala se puede prefabricar en un primer paso utilizando, por ejemplo, Moldeo por Transferencia de Resina Asistido al Vacío (VARTM).

Preferiblemente, el método comprende el paso de, después de curar dicha resina primaria, retirar dicha bolsa de vacío primaria antes de colocar dicho material de fibra secundaria.

Preferiblemente, el método comprende el paso de, después de colocar dicho material de fibra secundaria, aplicar una bolsa de vacío secundaria sobre dicho material de fibra secundaria, y en donde dicho paso de infundir dicho material de fibra secundaria con una resina secundaria comprende un proceso de infusión al vacío. Por tanto, la sección reforzada integrada crítica se fabrica posteriormente a través de un proceso de moldeo correspondiente.

- 5 Preferiblemente, el método comprende el paso de, después de curar dicha resina secundaria, retirar dicha bolsa de vacío secundaria.

10 Preferiblemente, el método comprende el paso de, después de curar dicha resina primaria en dicho material de fibra primaria para formar un elemento de pala curado, retirar dicho elemento de pala curado de dicho molde y transferir dicho elemento de pala curado a un soporte secundario. Dado que el material de fibra secundaria está dispuesto en la pieza de la pala curada, no es necesario que la pieza de la pala todavía ocupe el molde. En cambio, es posible mover la pieza de la pala curada al soporte y continuar el proceso de colocación allí. Esto puede ser particularmente relevante, si la pieza de la pala curada, por ejemplo, forma parte de la carcasa aerodinámica de la pala. Por tanto, el tiempo de moldeo puede reducirse, lo que puede incrementar el rendimiento de la instalación de fabricación. Esto es particularmente relevante para palas relativamente largas, por ejemplo, palas que tienen una longitud de pala de al menos 60 metros, ya que el proceso de colocación ocupa una gran parte del tiempo total de fabricación. Por consiguiente, es eficaz si parte del procedimiento de colocación y la infusión subsiguiente pueden trasladarse al soporte secundario.

El soporte secundario puede comprender un molde secundario, una mesa de soporte, una cuna de soporte, un marco, etc., por ejemplo, un sistema de moldeo posterior como se describe en el documento WO 2013/113817.

20 Preferiblemente, dicho paso de colocar dicho material de fibra primaria comprende disponer dicho material de fibra primaria en dicho molde para definir un rebaje para recibir una sección de refuerzo, y en donde dicho paso de colocar dicho material de fibra secundaria comprende disponer dicho material de fibra secundaria en dicho rebaje. Por tanto, el material secundario puede disponerse dentro de dicho rebaje, lo que simplificará el procedimiento de colocación y asegurará que se obtenga una transición adecuada desde la pieza de pala curada a la sección de refuerzo formada integralmente.

25 Preferiblemente, dichos pasos de colocación de material de fibra están dispuestos de manera que dicho elemento de pala curado comprenda al menos una parte de una carcasa de pala de aerogenerador, y dicha sección reforzada en dicho elemento de pala curado comprenda una sección laminada principal de dicha carcasa de pala de aerogenerador. Además, el elemento de pala curado puede comprender un laminado de extremo de raíz.

30 Preferiblemente, el método comprende el paso de tratar una superficie de dicha al menos una parte de dicho elemento de pala curado antes de dicho paso de colocar dicho material de fibra secundaria, en donde dicho paso de tratamiento actúa para aumentar la unión entre dicha sección reforzada y dicho elemento de pala curado después de dicho paso de curado de dicha resina secundaria. Esto puede mejorar la unión mecánica entre las dos piezas. Preferiblemente, dicho paso de tratamiento comprende un pulido de la superficie, una aplicación de imprimación, una aplicación de capa despegable durante la infusión (para dejar un patrón de superficie) y la aplicación de una capa de adhesión (por ejemplo, una tela impregnada con una solución preimpregnada).

35 Adicional o alternativamente, dicho paso de colocar dicho material de fibra secundaria comprende disponer dicho material de fibra secundaria para formar una pestaña estructural de dicho elemento de pala curado, por ejemplo, una pestaña adhesiva, en donde dicho paso de curar dicho material de fibra secundaria forma una pestaña estructural reforzada de dicho elemento de pala curado.

40 Preferiblemente, dicho paso de colocar dicho material de fibra secundaria para formar una pestaña estructural comprende disponer dicho material de fibra secundaria en donde se aplica un lado primario de dicho material de fibra secundaria sobre la parte superior de al menos una parte de dicho elemento de pala curado, en donde un extremo secundario de dicho material de fibra secundaria se encuentra libre de dicho elemento de pala curado.

45 La invención también proporciona un método para fabricar una pala de aerogenerador:

proporcionando un primer elemento de pala; y

proporcionando un segundo elemento de pala, en donde al menos uno de dichos primer y segundo elementos de pala comprende un elemento de pala curado que comprende una sección reforzada fabricada según el método anterior, y

50 ensamblar dichos elementos de pala primero y segundo para formar una pala de aerogenerador.

Además, la descripción también proporciona una parte de una pala de aerogenerador, preferiblemente una carcasa de pala de aerogenerador, fabricada según el método anterior.

Finalmente, la descripción proporciona un aerogenerador que tiene al menos una pala de aerogenerador fabricada según el método anterior.

Está claro que la invención es particularmente adecuada para grandes estructuras. Por consiguiente, la invención se refiere preferiblemente a palas de aerogeneradores así como a estructuras intermedias que tienen una longitud total de al menos 30 metros, 40 metros, 45 metros, 50 metros, 55 metros o 60 metros.

Descripción detallada de la invención

- 5 La invención se explica en detalle a continuación con referencia a una realización mostrada en los dibujos, en los que
- La figura 1 muestra un aerogenerador,
- La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de aerogenerador,
- La figura 3 muestra la colocación de material de fibra para formar un elemento de pala curado.
- 10 La figura 4 muestra la colocación de material de fibra para formar una sección reforzada integrada en el elemento de pala curado de la figura 3,
- La figura 5 muestra una sección transversal del elemento de pala curado y la sección reforzada integrada.
- La figura 6 muestra una vista esquemática de una pieza de la carcasa de la pala que comprende el elemento de pala curado y la sección reforzada integrada.
- 15 La figura 7 muestra una vista esquemática de la colocación de fibras de una primera sección de espesor de un componente de pala.
- La figura 8 muestra una vista esquemática de la colocación de fibras de una segunda sección de espesor de un componente de pala, y
- Las figuras 9a-d muestran diferentes variaciones de realizaciones.
- 20 La figura 1 ilustra un aerogenerador convencional moderno contra el viento según 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 buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, cada una con una raíz de pala 16 lo más cercana al buje y una punta de pala 14 lo más alejada del buje 8. El rotor tiene un radio indicado como R.
- La figura 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala de aerogenerador 'Z 10. La pala de aerogenerador 10 tiene la forma de una pala de aerogenerador convencional y comprende una región de raíz 30 lo más cercana al buje, un perfil o un perfil aerodinámico. la región 34 más alejada del buje y una región de transición 32 entre la región de la raíz 30 y la región del perfil aerodinámico 34. La pala 10 comprende un borde de ataque 18 que mira hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el buje, y un borde de salida 20 que mira en dirección opuesta al borde de ataque 18.
- 25 La región del perfil aerodinámico 34 (también llamada región perfilada) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región de la raíz 30 debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que, por ejemplo, hace más fácil y más seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región de la raíz 30 puede ser constante a lo largo de toda el área de la raíz 30. La región de transición 32 tiene un perfil de transición que cambia gradualmente de la forma circular o elíptica de la región de la raíz 30 al perfil aerodinámico de la región de perfil aerodinámico 34. La longitud de la cuerda de la región de transición 32 aumenta típicamente al aumentar la distancia r desde el buje.
- 30 La región del perfil aerodinámico 34 tiene un perfil aerodinámico con una cuerda que se extiende entre el borde de ataque 18 y el borde trasero 20 de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye al aumentar la distancia r desde el buje.
- 35 Un hombro 40 de la pala 10 se define como la posición en la que la pala 10 tiene su mayor longitud de cuerda. El hombro 40 se proporciona típicamente en el límite entre la región de transición 32 y la región del perfil aerodinámico 34.
- Cabe señalar que las cuerdas de las diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, ya que la pala puede estar torcida y / o curvada (es decir, doblada previamente), proporcionando por tanto al plano de la cuerda un curso torcido y/o curvo correspondiente, siendo este el caso más a menudo para compensar que la velocidad local de la pala sea dependiente del radio desde el buje.
- 45 La pala se fabrica típicamente a partir de una pieza de carcasa del lado de presión 36 y una pieza de carcasa del lado de succión 38 que están pegadas entre sí a lo largo de las líneas de unión en el borde de ataque 18 y el borde de salida de la pala 20.
- 50 A continuación, se explica la invención con respecto a la fabricación de la pieza de la carcasa del lado de presión 36 o la pieza de la carcasa del lado de succión 38.

Las figuras 3 y 4 ilustran el proceso de colocación implicado en la fabricación de una pieza de carcasa de pala de una pala de aerogenerador y muestran una parte de una sección transversal longitudinal de un molde de pala.

El proceso implica los pasos de colocar un material de fibra primaria en un molde 50. El material de fibra primaria comprende una serie de capas de revestimiento exterior 52, que forman una parte exterior de la pieza de la carcasa de la pala. Las capas de revestimiento exterior 52 pueden estar hechas, por ejemplo, de fibras de vidrio orientadas biaxialmente. Una pluralidad de capas de refuerzo 54, preferiblemente hechas de fibras de vidrio, están dispuestas en la parte superior de las capas de revestimiento exterior 52. Las capas de refuerzo 54 están hechas preferiblemente de fibras de vidrio dispuestas unidireccionalmente que se extienden sustancialmente en la dirección longitudinal de la pieza de la carcasa de la pala para proporcionar rigidez en la dirección de la envergadura de la pala acabada. Los extremos de la pluralidad de capas de refuerzo están preferiblemente estrechados y dispuestos de manera que formen una sección cónica 56. Una serie de capas de revestimiento internas 58 están dispuestas en la parte superior de las capas de refuerzo. Las capas de revestimiento internas también pueden estar hechas de fibras de vidrio orientadas biaxialmente. Las capas de revestimiento internas 58 pueden, como se muestra en la figura 3, colocarse sobre los extremos de las capas de refuerzo 54 de modo que las capas de revestimiento internas formen parte de la sección cónica 56.

Posteriormente, se disponen una serie de entradas de resina (no mostradas) y salidas de vacío (no mostradas) en la parte superior del material de fibra primaria, y finalmente se dispone una bolsa de vacío (no mostrada) en la parte superior. Luego, el material de fibra primaria se infunde con una resina primaria, ventajosamente una resina de poliéster, mediante un proceso VARTM, y la resina se cura para formar un elemento de pala curado 60. En la realización mostrada, las capas de revestimiento exterior 56 forman parte de la carcasa aerodinámica de la pala de aerogenerador acabada, mientras que las capas de refuerzo de fibra 54 forman parte de un laminado de raíz de la pala de aerogenerador.

En un segundo paso, el material de fibra que forma parte de la estructura portadora de carga, por ejemplo, una tapa de larguero, se coloca sobre el elemento de pala curado 60 como se muestra en la Fig. 4. El segundo paso implica colocar un material de fibra secundaria en la parte superior de al menos una parte del elemento de pala curado 60. El material de fibra secundaria comprende una serie de capas de refuerzo de fibra 62. Las capas de refuerzo de fibra 62 pueden estar hechas ventajosamente de fibras de carbono dispuestas unidireccionalmente o de esteras híbridas que comprenden fibras de vidrio y fibras de carbono. Finalmente, en la parte superior de las capas de refuerzo de fibra 62 se disponen una serie de capas de revestimiento interior 64 adicionales. Posteriormente, se disponen una serie de entradas de resina (no mostradas) y salidas de vacío (no mostradas) en la parte superior del material de fibra secundaria, y finalmente una bolsa de vacío (no mostrada) está dispuesta en la parte superior. Luego, el material de fibra secundaria se infunde con una resina secundaria, ventajosamente una resina de éster de vinilo, a través de un proceso VARTM, y la resina se cura para formar una sección reforzada integrada 70 en el elemento de pala curado 60. La sección reforzada integrada forma parte del larguero, la tapa del larguero o el laminado principal de la pala de aerogenerador acabada. La resina secundaria tiene un nivel de resistencia más alto que dicha resina primaria.

Los extremos de las capas de refuerzo de fibra 62 del material de fibra secundaria también se estrechan de modo que se obtenga una transición gradual entre las fibras de refuerzo del material de fibra primaria y las fibras de refuerzo del material de fibra secundaria. Además, se obtiene una transición gradual entre la resina primaria y la resina secundaria con mayor nivel de resistencia.

El elemento de pala curado 60 puede, como se muestra en la figura 4, permanecer en el molde 50 durante el segundo paso. Sin embargo, según una realización ventajosa, el elemento de pala curado 60 se retira de dicho molde 50 y se transfiere a un soporte secundario, por ejemplo, una cuna de soporte, donde se lleva a cabo el segundo paso.

La figura 5 muestra una sección transversal a través del molde en una pieza de la región del perfil aerodinámico de la pala acabada y la figura 6 muestra una vista en perspectiva de una pieza de carcasa de pala, que está formada por el elemento de pala curado 60, que comprende una pieza de la carcasa aerodinámica y un laminado de raíz, y la sección reforzada integrada 70, que forma una tapa o laminado principal de la pieza de la carcasa de la pala. Se ve que el elemento de pala curado 60 también puede comprender una serie de material de núcleo sándwich 66 dispuesto en los lados laterales de la sección reforzada integrada 70.

Se ve además que se puede formar un rebaje en el elemento de pala curado 60, y que el material de fibra secundaria puede disponerse en dicho rebaje. Este método proporciona una ventaja sobre los métodos de la técnica anterior, ya que el paso menos crítico de formar la carcasa aerodinámica y la parte más crítica de formar la estructura portadora de carga pueden separarse. Al formar un rebaje en la carcasa aerodinámica, el material de fibra secundaria puede disponerse más fácilmente sin que las capas de fibras se arruguen y formen áreas mecánicamente débiles. Además, como se mencionó anteriormente, los dos pasos se pueden realizar en diferentes estaciones de trabajo, lo que significa que los dos pasos se pueden realizar en secuencia y se puede aumentar el rendimiento, ya que es posible trabajar en dos piezas diferentes de la carcasa de la pala simultáneamente.

Si bien el método de fabricación en dos pasos proporciona una ventaja sobre los métodos de fabricación de la técnica anterior, se ha encontrado que la transición a modo de unión en forma de bufanda entre las fibras de vidrio y las fibras de carbono o el híbrido carbono-vidrio puede, en algunas circunstancias, no proporcionar una resistencia suficiente. Por lo tanto, aunque no se muestra en las figuras, suele ser necesario un sobrelaminado o engrosamiento local. Además, no es necesariamente ventajoso tener una transición entre ambos tipos de fibras y tipos de resina en la misma sección cónica.

Por consiguiente, la descripción también proporciona un método de fabricación de un componente de pala de aerogenerador, en particular una tapa de larguero o laminado principal, de una pala de aerogenerador. El proceso de colocación de fibras implicado en el método de fabricación se ilustra en las figuras 7 y 8.

La pala de aerogenerador tiene una dirección longitudinal entre un extremo de raíz y un extremo de punta de la pala de aerogenerador. Como antes, se forma una tapa de larguero 170 disponiendo material de fibra secundaria en un rebaje de un elemento de pala curado 160. El método implica un primer paso mostrado en la figura 7 de construir una primera sección de espesor 171 disponiendo una serie de primeras capas de fibras 173 que comprende fibras de refuerzo del primer tipo, preferiblemente fibras de vidrio, y disponiendo una serie de segundas capas de fibras 174 que comprenden fibras de refuerzo de un segundo tipo, preferiblemente esteras híbridas de carbono-vidrio o fibras de carbono. Las primeras capas de fibras 173 y las segundas capas de fibras 174 tienen extremos cónicos y están dispuestas de modo que las primeras capas de fibras 173 a lo largo de un primer límite común o sección cónica 175 se estrechen hacia la primera superficie 172 del componente de pala de aerogenerador en la dirección longitudinal de la pala, y las segundas capas 174 de fibra se estrechen hacia la segunda superficie 182 del componente de pala de aerogenerador 170 en una dirección opuesta a la dirección longitudinal.

Luego, como se muestra en la figura 8, se construye una segunda sección de espesor 181 disponiendo una serie de primeras capas de fibras 183 adicionales que comprenden las fibras de refuerzo del primer tipo, y disponiendo una serie de segundas capas de fibras 184 adicionales que comprenden las fibras de refuerzo del segundo tipo. Las primeras capas de fibras 183 adicionales y las segundas capas de fibras 184 adicionales tienen extremos cónicos y están dispuestas de modo que las primeras capas de fibras 183 y las segundas capas de fibras 184 adicionales estén dispuestas de modo que las primeras capas de fibras 183 adicionales a lo largo de un segundo límite común o segunda sección cónica 185 se estrechen hacia la segunda superficie 182 del componente de pala de aerogenerador 170 en la dirección longitudinal, y las segundas capas de fibras 184 adicionales se estrechen hacia la primera superficie 172 del componente de pala de aerogenerador 170 en una dirección opuesta a la dirección longitudinal. La primera sección de espesor 171 y la segunda sección de espesor están apiladas a lo largo de un límite común 186. Además, pueden disponerse una serie de capas de revestimiento interior 164 en la parte superior de las capas que comprenden fibras de refuerzo del primer tipo y fibras de refuerzo del segundo tipo.

Posteriormente, se disponen una serie de entradas de resina (no mostradas) y salidas de vacío (no mostradas) en la parte superior del material de fibra secundaria, y finalmente se dispone una bolsa de vacío (no mostrada) en la parte superior. Luego, el material de fibra secundaria que comprende la sección de primer espesor 171 y la sección de segundo espesor 181 se infunde con una resina secundaria, ventajosamente una resina de éster de vinilo, a través de un proceso VARTM, y la resina se cura para formar el componente de pala de aerogenerador 170, que tiene las fibras de refuerzo del primer tipo y fibras de refuerzo del segundo tipo incrustadas en una matriz de polímero común.

Por consiguiente, se ve que la transición gradual es proporcionada por una sección 171, 181 de espesor de doble estrechamiento combinada con fibras de refuerzo del primer tipo intercaladas entre fibras de refuerzo del segundo tipo o viceversa. Aunque esto aumenta la complejidad del procedimiento de colocación de fibras, esta realización proporciona una transición de rigidez más fuerte del componente de aerogenerador entre los dos tipos de fibras, y además la transición puede ser más corta que los componentes de aerogenerador de la técnica anterior que tienen una única sección cónica. Además, está claro que el doble estrechamiento se proporciona durante la colocación y que el material de refuerzo se impregna con una resina de polímero y luego se cura o endurece de modo que los dos tipos de fibras de refuerzo se incrusten en una matriz de polímero común (no según la presente invención).

Como antes, las primeras capas de fibras y las segundas capas de fibras comprenden ventajosamente fibras dispuestas unidireccionalmente para proporcionar rigidez en la dirección de envergadura/longitudinal de la pala. Las capas de piel internas pueden comprender fibras de vidrio orientadas biaxialmente.

Si bien la realización mostrada se ha mostrado con una junta similar a una doble solapa cónica con dos tipos de fibras incrustadas en una matriz común, también se puede lograr una fuerte transición mediante una transición similar a una junta de doble solapa entre los dos tipos de fibras.

En general, se ve que la invención proporciona un componente de pala de aerogenerador que tiene tres tipos diferentes de zonas de fibra-resina. La primera zona puede comprender fibras de vidrio incrustadas en una resina de poliéster, la segunda zona comprender fibras de vidrio incrustadas en una resina de éster de vinilo y la tercera zona comprender material de fibra híbrida de vidrio-carbono o fibras de carbono incrustadas en la resina de éster de vinilo.

Aunque la realización preferida se muestra en las figuras 7 y 8, se reconoce que la transición de tres partes anterior se puede lograr de varias formas utilizando el método de fabricación de dos pasos mencionado anteriormente según

la invención. Las transiciones se pueden lograr, por ejemplo, mediante dos secciones cónicas simples como se muestra en las figuras 9a y 9b, donde la figura 9a muestra una transición "corta" y la figura 9b muestra una transición larga. La realización preferida con dos secciones de espesor estrechado también puede estar provista de una transición "corta" como se muestra en la figura 9c o una transición "larga" como se muestra en la figura 9d.

- 5 Ventajosamente, las diversas secciones cónicas pueden estrecharse con una relación de espesor a longitud de 1:5-1:50, ventajosamente alrededor de 1:20.

Lista de números de referencia

	2	aerogenerador
	4	torre
10	6	góndola
	8	buje
	10	pala
	14	punta de la pala
	16	raíz de la pala
15	18	borde de ataque
	20	borde de salida
	22	eje de inclinación
	30	región raíz
	32	región de transición
20	34	región de perfil aerodinámico
	36	carcasa del lado de presión
	38	carcasa del lado de succión
	40	hombro
	50	molde
25	52	capas de revestimiento exterior
	54	capas de refuerzo
	56	sección cónica
	58	capas de revestimiento interior
	60, 160	elemento de pala curado
30	62	capas de refuerzo
	64, 164	capas de revestimiento interior
	66	material de núcleo sándwich
	70, 170	sección reforzada integrada/tapa de larguero/laminado principal
	171	primera sección de espesor
35	172	primera superficie
	173	primeras capas de fibras que comprenden fibras de refuerzo del primer tipo
	174	segundas capas de fibras que comprenden fibras de refuerzo de segundo tipo
	175	primer límite común/primera sección cónica común

ES 2 853 374 T3

- 181 primera sección de espesor
- 182 segunda superficie
- 183 primeras capas de fibras adicionales que comprenden fibras de refuerzo del primer tipo
- 184 segundas capas de fibras adicionales que comprenden fibras de refuerzo de segundo tipo
- 5 185 segundo límite común/segunda sección cónica común
- 186 límite de superficie común

REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una parte de una pala de aerogenerador (10), comprendiendo el método los pasos de:
 - colocar un material de fibra primaria en un molde;
 - infundir dicho material de fibra primaria con una resina primaria;
- 5 curar sustancialmente dicha resina primaria en dicho material de fibra primaria para formar un elemento de pala curado (60, 160) que comprende al menos una parte de una carcasa de pala de aerogenerador;
- colocar un material de fibra secundaria en la parte superior de al menos una parte de dicho elemento de pala curado;
- 10 infundir dicho material de fibra secundaria con una resina secundaria diferente a dicha resina primaria, en donde dicha resina secundaria tiene un nivel de resistencia más alto que dicha resina primaria; y
- curar dicha resina secundaria en dicho material de fibra secundaria para formar una sección reforzada integrada (70, 170) en dicho elemento de pala curado (60, 160), comprendiendo la sección reforzada integrada (70, 170) una tapa de larguero de la carcasa de la pala de aerogenerador.
- 15 2. Un método según la reivindicación 1, en el que dicha resina primaria comprende una resina de resistencia relativamente baja, por ejemplo, poliéster.
3. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicha resina secundaria comprende una resina de resistencia relativamente alta, por ejemplo, éster de vinilo, epoxi, poliuretano, una resina híbrida.
4. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende el paso de, después de colocar dicho material de fibra primaria, aplicar una bolsa de vacío primaria sobre dicho material de fibra primaria, y en donde dicho paso de infundir dicho material de fibra primaria con una resina comprende un proceso de infusión al vacío.
- 20 5. Un método según la reivindicación 4, en donde el método comprende el paso de, después de curar dicha resina primaria, retirar dicha bolsa de vacío primaria antes de colocar dicho material de fibra secundaria.
6. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende el paso de, después de colocar dicho material de fibra secundaria, aplicar una bolsa de vacío secundaria sobre dicho material de fibra secundaria, y en donde dicho paso de infundir dicho material de fibra secundaria con una resina comprende un proceso de infusión al vacío.
- 25 7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende el paso de, después de curar dicha resina primaria en dicho material de fibra primaria para formar un elemento de pala curado, retirar dicho elemento de pala curado de dicho molde y transferir dicho elemento de pala curado a un soporte secundario.
- 30 8. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho paso de colocar dicho material de fibra primaria comprende disponer dicho material de fibra primaria en dicho molde para definir un rebaje para recibir una sección de refuerzo, y en donde dicho paso de colocar dicho material de fibra secundaria comprende disponer dicho material de fibra secundaria en dicho rebaje.
- 35 9. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde el método comprende el paso de tratar una superficie de dicha al menos una parte de dicho elemento de pala curado antes de dicho paso de colocar dicho material de fibra secundaria, en donde dicho paso de tratamiento actúa para aumentar la unión entre dicha sección reforzada y dicho elemento de pala curado después de dicho paso de curado de dicha resina secundaria.
- 40 10. Un método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en donde dicho paso de colocar dicho material de fibra secundaria comprende disponer dicho material de fibra secundaria para formar una pestaña estructural de dicho elemento de pala curado, por ejemplo, una pestaña adhesiva, en donde dicho paso de curar dicho material de fibra secundaria forma una pestaña estructural reforzada de dicho elemento de pala curado.
11. Un método de fabricación de una pala de aerogenerador que comprende:
- 45 proporcionar un primer elemento de pala; y
- proporcionar un segundo elemento de pala, en donde al menos uno de dichos primer y segundo elementos de pala comprende un elemento de pala curado que comprende una sección reforzada fabricada según cualquiera del método de las reivindicaciones 1 a 10, y
- ensamblar dichos elementos de pala primero y segundo para formar una pala de aerogenerador.

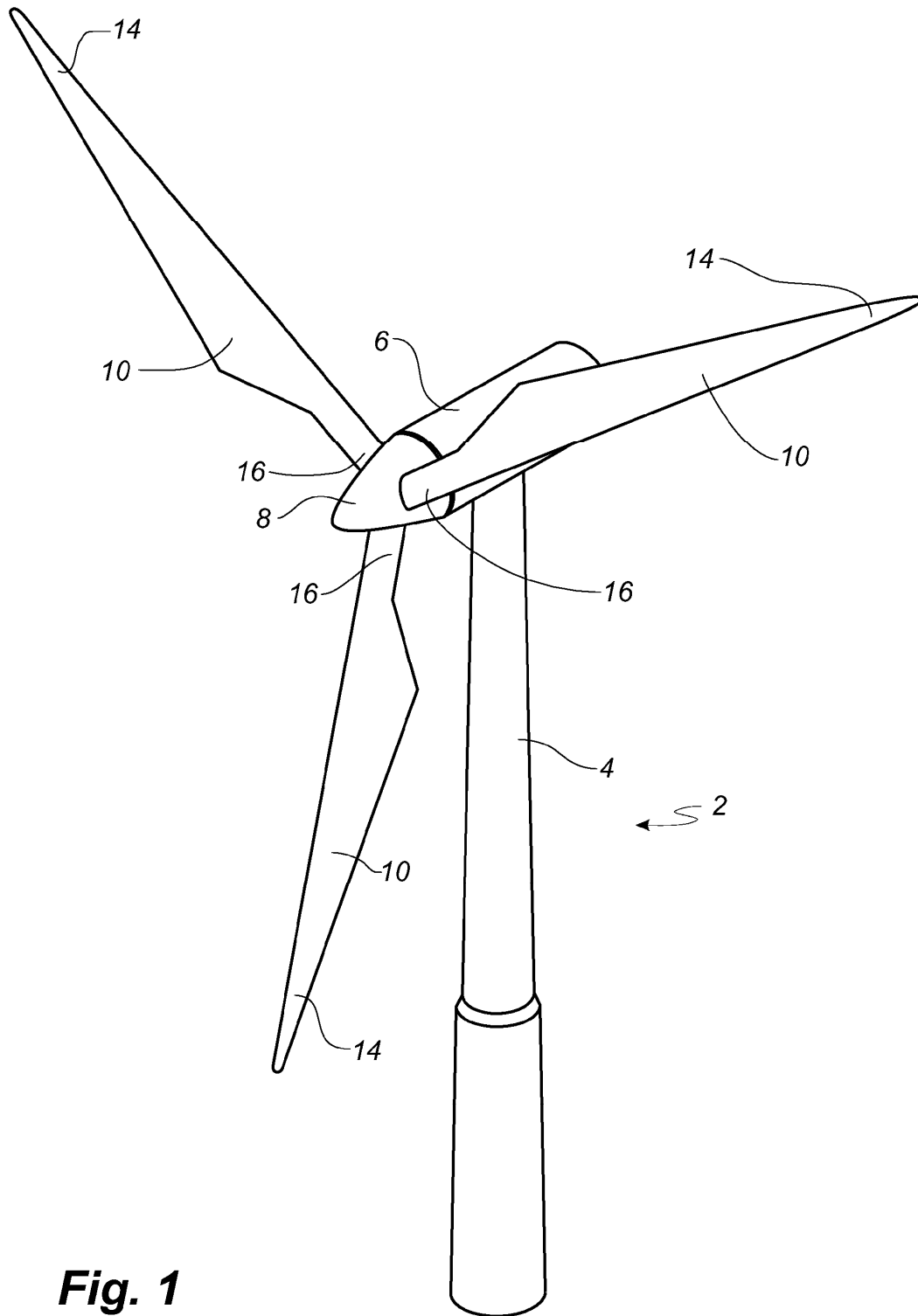


Fig. 1

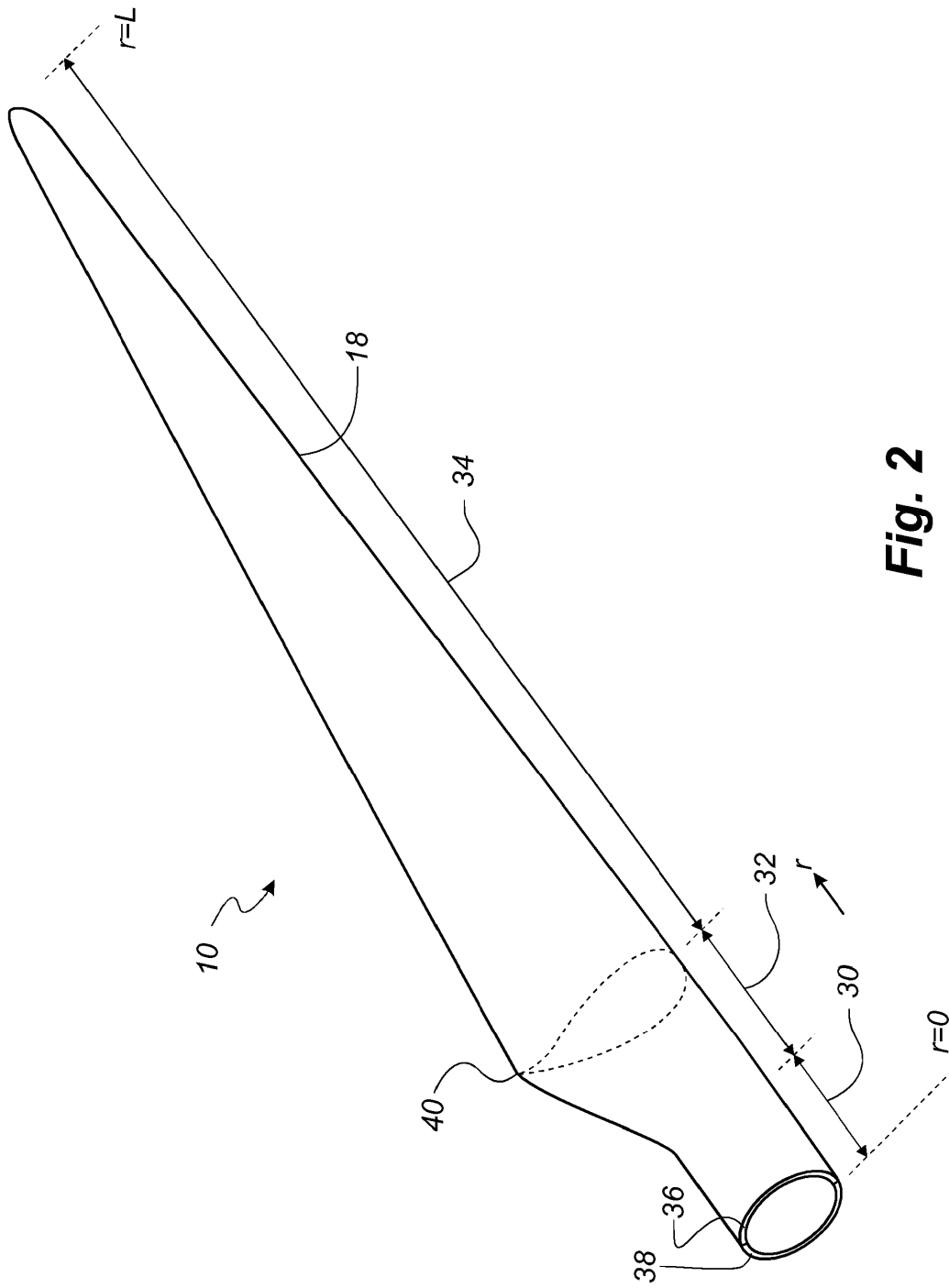


Fig. 2

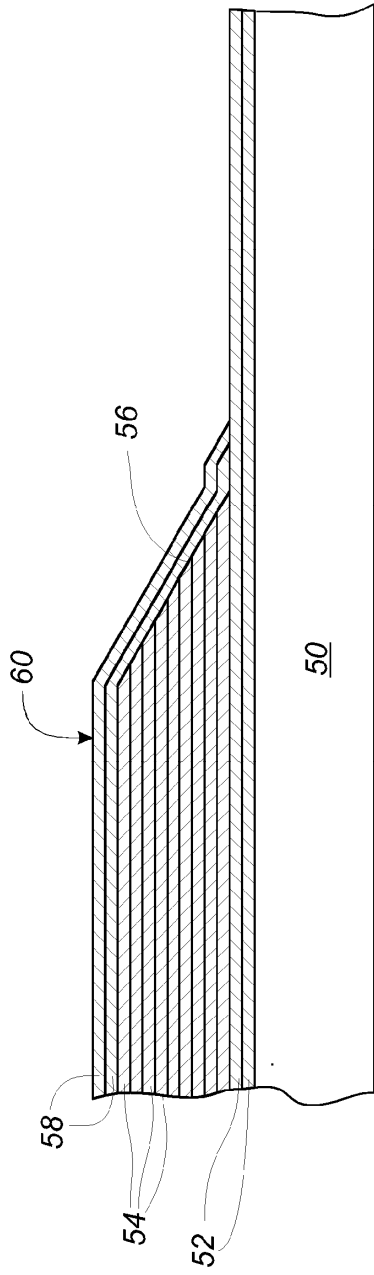


Fig. 3

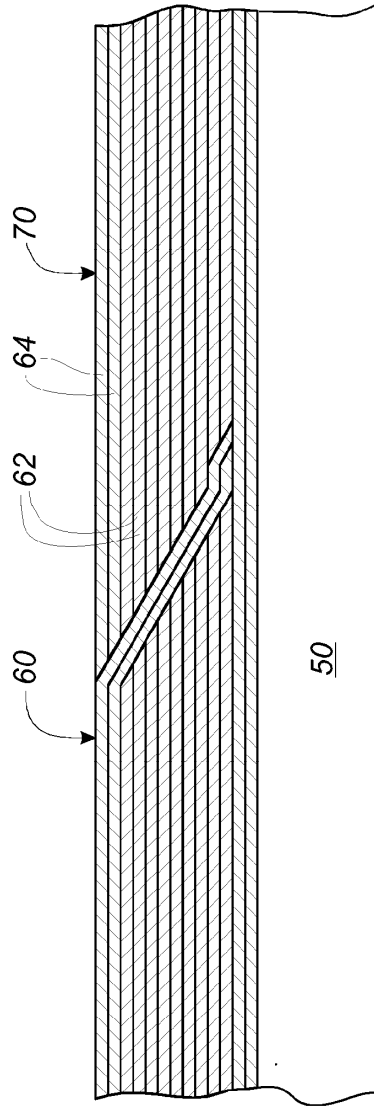


Fig. 4

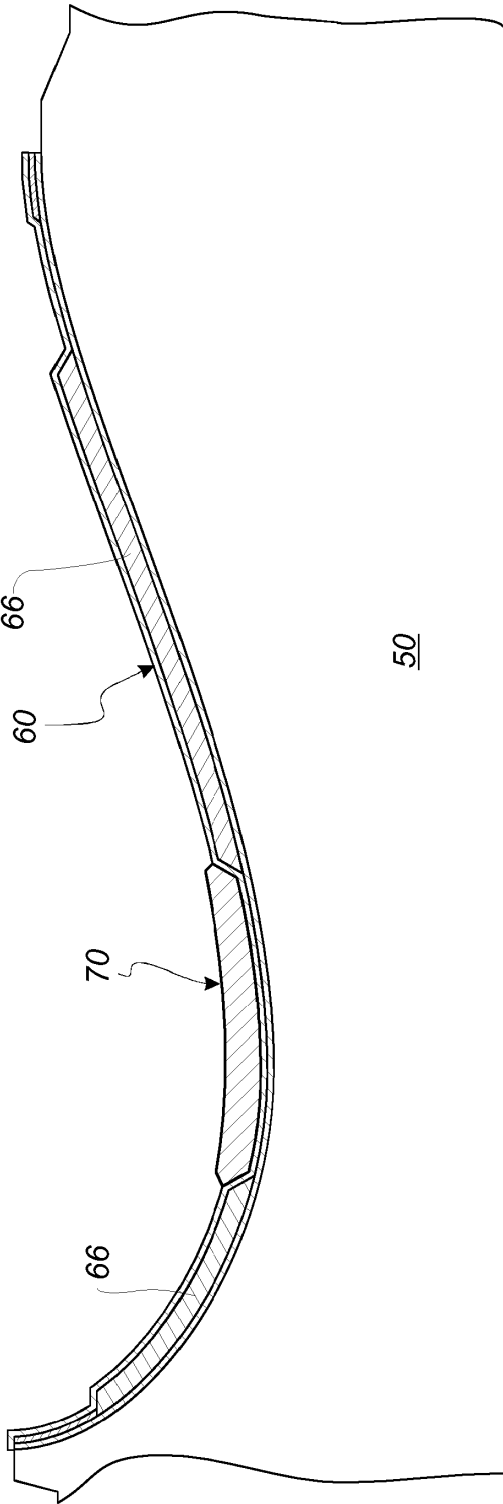


Fig. 5

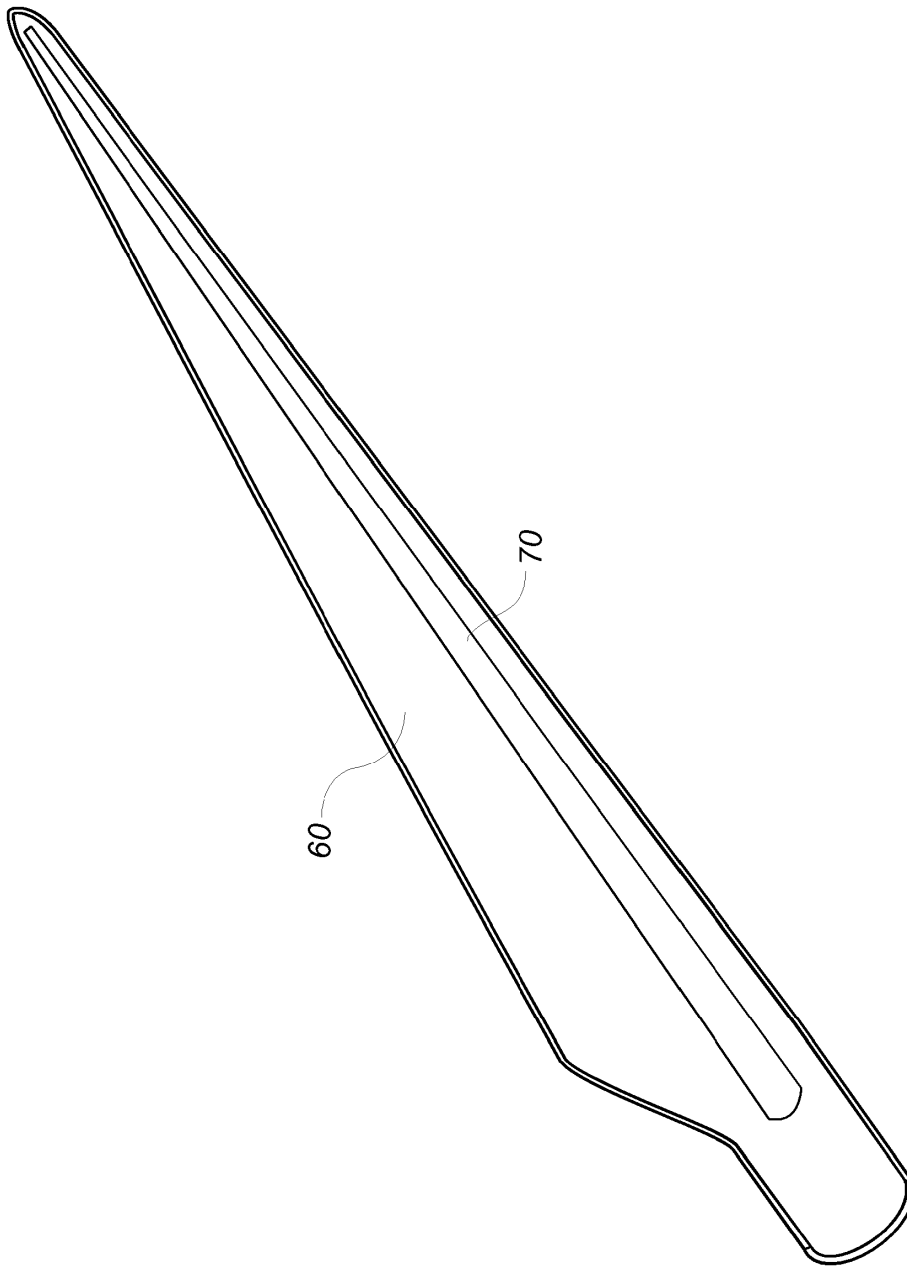


Fig. 6

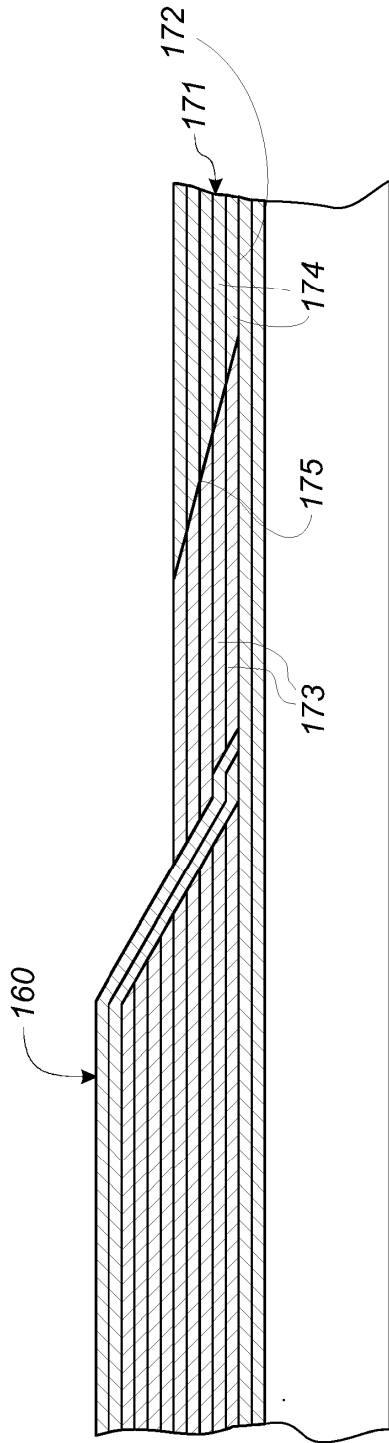


Fig. 7

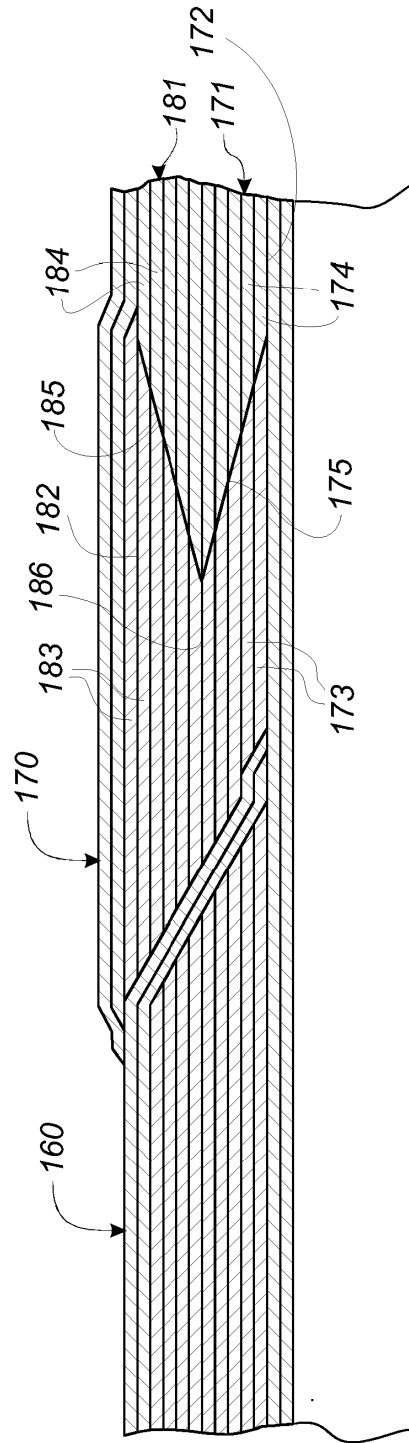


Fig. 8

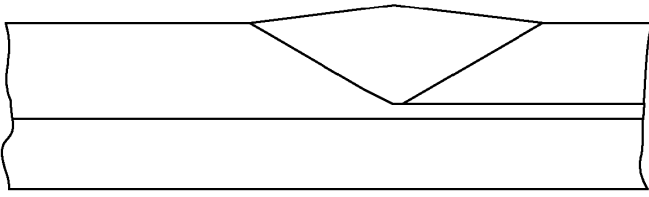


Fig. 9a

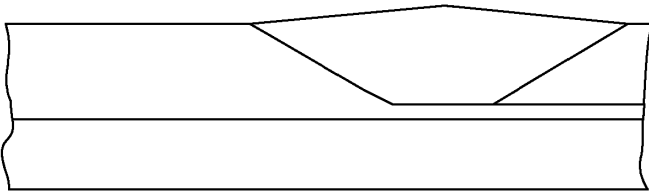


Fig. 9b

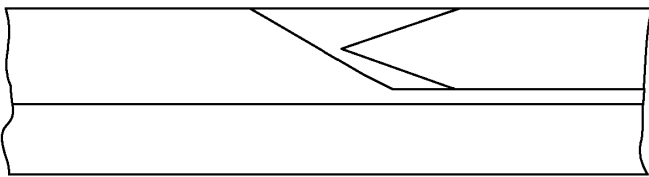


Fig. 9c

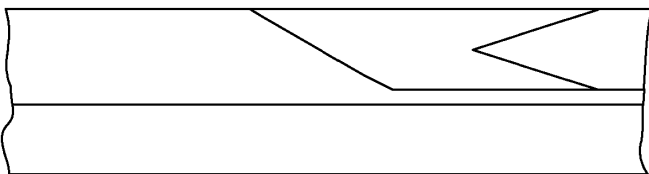


Fig. 9d