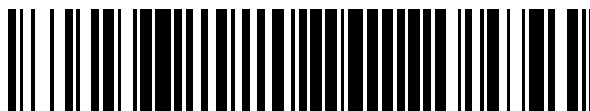


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 418 537**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.06.2010 E 10730059 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **24.04.2013 EP 2449254**

54 Título: **Método de fabricación de una pala de turbina eólica que comprende dos elementos que se unen mediante adhesión**

30 Prioridad:

30.06.2009 DK 200970045
30.06.2009 US 221919 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
14.08.2013

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)
Hedeager 44
8200 Aarhus N, DK

72 Inventor/es:

PETERSEN, LEIF, KAPPEL y
SCHRÖDER, HENNING

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 418 537 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 de fabricación de una pala de turbina eólica que comprende dos elementos que se unen mediante adhesión

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de una pala de turbina eólica y, en particular, a un método que comprende unir dos elementos mediante adhesión.

Antecedentes de la invención

10 Una pala de turbina eólica normalmente comprende una carcasa que proporciona a la pala sus propiedades aerodinámicas y un larguero que soporta las cargas situado en el interior de la carcasa. La carcasa y el larguero pueden fabricarse como elementos separados que a continuación se unen, por ejemplo mediante el uso de un adhesivo estructural a base de polímero. Para palas grandes se aplica una gran cantidad de adhesivo, normalmente del orden de varios cientos de kilogramos por pala, y el proceso está limitado por la capacidad de bombeo del equipo de aplicación. El tiempo de aplicación relativamente largo, debido a las grandes cantidades de material, implica que al menos algunas zonas del adhesivo pueden reaccionar con el entorno antes de la unión lo que da como resultado la formación de una película en la superficie. Esto puede llevar a zonas con una denominada "unión superficial", es decir una unión débil.

15 Otra posible causa de zonas con unión débil es si las geometrías de las superficies que van a unirse no coinciden completamente. Esto puede dar como resultado que las distancias locales entre las dos superficies sean tan grandes que después aparezcan bolsas de aire en el adhesivo. Esta posible causa está relacionada particularmente con superficies con una gran curvatura puesto que la curvatura hace que sea más difícil obtener una geometría deseada exacta.

20 Las zonas de unión débil, tales como bolsas de aire, pueden dar como resultado una menor estabilidad frente al combado, y además aumentan el riesgo de que se formen y agranden grietas. Además, el adhesivo se aplica y los elementos se unen mientras la carcasa todavía se encuentra en el molde, y por tanto el molde está ocupado durante más tiempo de lo que dura la fabricación real de la propia carcasa.

25 La calidad de la unión se comprueba después, por ejemplo mediante ultrasonidos, y si no se considera satisfactoria, debe mejorarse la línea de unión mediante la perforación de orificios en la carcasa y la inyección de adhesivo adicional tras el desmoldeo de la pala para garantizar que la unión final sea satisfactoria. La necesidad de esta etapa de fabricación adicional lleva a un método de fabricación menos eficaz de lo deseado.

30 El documento WO2009/062507 describe un método para fabricar una pala de turbina eólica en el que una línea de unión tiene un borde cubierto con un adhesivo con un bajo módulo de elasticidad que salva un hueco entre dos partes de pala, con el fin de reducir tensiones de separación y reducir el riesgo de que se formen grietas.

El documento EP1310351 describe un método de fabricación de una pala de turbina eólica en el que la pala está hecha de una pieza sin uniones adhesivas.

35 Por tanto sería ventajoso un método mejorado de fabricación de una pala de turbina eólica y, en particular, sería ventajoso un método de fabricación más eficaz y/o fiable.

Objeto de la invención

Es un objeto de la presente invención proporcionar un método de fabricación que sea más fiable que un método de unión conocido según se ha descrito anteriormente.

40 Es un objeto adicional de la presente invención proporcionar un método de fabricación que disminuya la necesidad de una mejora posterior de la unión adhesiva.

Es un objeto de realizaciones de la presente invención proporcionar un método de fabricación de una pala de turbina eólica, método mediante el cual pueda aumentarse la capacidad de fabricación en comparación con la técnica conocida.

45 Es un objeto adicional de realizaciones de la presente invención disminuir el coste del material usado para la unión en comparación con métodos conocidos.

Es un objeto adicional de la presente invención proporcionar una alternativa a la técnica conocida.

En particular, puede considerarse como un objeto de la presente invención proporcionar un método de fabricación de una pala de turbina eólica que resuelva los problemas de la técnica conocida mencionados anteriormente.

Sumario de la invención

Por tanto, está previsto que el objeto descrito anteriormente y otros diversos objetos se obtengan en un primer aspecto de la invención proporcionando un método de fabricación de una pala de turbina eólica que tiene

- un primer elemento con una primera superficie de unión y
- un segundo elemento con una segunda superficie de unión,

5 estando adaptadas las superficies de unión primera y segunda para unirse entre sí, comprendiendo el método

- aplicar al menos una barrera frente a la resina a la primera superficie de unión y/o a la segunda superficie de unión,

10 - a continuación situar los elementos primero y segundo adyacentes entre sí de modo que se unan mediante la al menos una barrera frente a la resina, y de modo que se forme al menos una cavidad entre las superficies de unión primera y segunda, cavidad que está delimitada mediante la al menos una barrera frente a la resina,

- a continuación introducir resina en la al menos una cavidad, y
- curar la resina.

15 Una ventaja de este método es que la al menos una cavidad entre las superficies de unión primera y segunda se llena incluso aunque la distancia entre las superficies varíe. Esto es particularmente ventajoso para superficies curvadas, tales como superficies con curvatura doble, que pueden ser difíciles de fabricar para que tengan una geometría exactamente según se haya especificado.

20 Otra ventaja en comparación con un método tradicional según se ha descrito anteriormente es que la posición de la al menos una cavidad se conoce de antemano. Dado que un punto por cavidad es suficiente para introducir resina en la cavidad, el presente método es fiable ya que la posición del punto de introducción puede formar parte del proceso de diseño. Con un método tradicional, pueden surgir más huecos/cavidades no deseados, y es probable que la posición de los mismos varíe de una pala a otra. Por tanto, un método según la presente invención es más predecible y fiable que un método conocido.

25 La barrera frente a la resina puede aplicarse como una barrera frente a la resina continua, tal como un cordón, que tiene curvas o acodamientos, para formar por ejemplo un contorno cerrado, tal como un rectángulo. De este modo puede resultar más fácil evitar fugas en la barrera frente a la resina y disminuir de esta manera el riesgo de fuga de resina durante el llenado de la cavidad. Alternativamente, la barrera frente a la resina puede aplicarse como una pluralidad de barreras frente a la resina, para permitir por ejemplo el uso de una herramienta de aplicación relativamente sencilla que sólo realice movimientos lineales o para aumentar la velocidad de fabricación.

30 La etapa de introducir resina en la al menos una cavidad puede comprender inyectar resina líquida. Por "líquida" se entiende preferiblemente que tenga una viscosidad por debajo de 3000 mPa·s. Esto puede realizarse a caudales en el intervalo de desde 5 hasta 500 kg/min., para garantizar un proceso eficaz y preferiblemente también un llenado completo de la al menos una cavidad. La resina líquida se bombea preferiblemente a la al menos una cavidad a presión. En algunas realizaciones de la invención, se ayuda a la inyección de resina mediante la aplicación de vacío a la cavidad para limitar o eliminar el riesgo de que quede atrapado aire en la resina.

35 La al menos una barrera frente a la resina puede aplicarse de modo que se forme una cavidad. De este modo sólo es necesario formar una conexión con el equipo usado para introducir resina en la cavidad, y por tanto también hay que cerrar después sólo dos orificios, uno para introducir la resina y uno para evacuar aire. Si se desea, por ejemplo para su uso en un control de calidad visual, pueden practicarse todavía más orificios.

40 Alternativamente, la al menos una barrera frente a la resina puede aplicarse de modo que se formen una pluralidad de cavidades. De este modo la resina puede introducirse en una pluralidad de cavidades desde más puntos simultáneamente con lo cual puede disminuirse el tiempo de fabricación. Puede introducirse resina, por ejemplo, en todas las cavidades al mismo tiempo. Además, puede ser más fácil garantizar un llenado completo de una cavidad más pequeña, y por tanto puede desearse más de una cavidad incluso aunque sólo haya disponible un equipo de inyección de resina.

45 Alternativamente, puede llenarse una cavidad cada vez, incluso cuando hay establecidas una pluralidad de cavidades, por ejemplo si se desea usar sólo un equipo de introducción.

50 Las etapas de aplicar al menos una barrera frente a la resina y situar los elementos primero y segundo adyacentes entre sí pueden realizarse mientras el primer elemento todavía se encuentra en un molde usado durante la fabricación del primer elemento, y el primer elemento puede retirarse del molde antes de realizar la etapa de introducir resina en la al menos una cavidad. De este modo el molde está ocupado por el primer elemento durante menos tiempo que en la técnica conocida, con lo cual puede mejorarse la eficacia de fabricación. Esto se debe al hecho de que el proceso conocido de aplicar adhesivo es un proceso relativamente lento (en comparación con la inyección de resina en una cavidad), proceso que está limitado por la capacidad de bombeo del equipo y la cantidad

de adhesivo que deba aplicarse.

Otra ventaja del menor tiempo de aplicación de una barrera frente a la resina es que disminuye el riesgo de “adhesión superficial” según se ha descrito anteriormente.

5 La etapa de introducir resina en la cavidad puede realizarse con las superficies de unión primera y segunda en una posición sustancialmente vertical. De este modo puede utilizarse la gravedad para garantizar un llenado uniforme y completo de la cavidad. Puede ser posible incluso llenar la al menos una cavidad sin inyectar la resina a presión; es decir en lugar de ello verter la resina. Tal posición sustancialmente vertical puede obtenerse, por ejemplo, haciendo que los ejes longitudinales de los elementos primero y segundo estén en una orientación sustancialmente vertical, aunque estos ejes también pueden extenderse de manera sustancialmente horizontal.

10 Alternativamente, la etapa de introducir resina en la cavidad puede realizarse con las superficies de unión primera y segunda en una orientación inclinada diferente de la vertical.

15 Todavía otra alternativa es que puede introducirse resina en la al menos una cavidad mientras el primer elemento todavía se encuentra en el molde durante el llenado (o en una orientación correspondiente a la misma pero con el primer elemento desmoldeado). De este modo pueden disminuirse las exigencias con respecto a la fuerza de unión entre los elementos primero y segundo antes del llenado de la al menos una cavidad con resina.

En una realización de la invención, al menos una de la al menos una barrera frente a la resina puede ser un cordón de adhesivo. De este modo la propia barrera frente a la resina puede constituir la unión entre los elementos primero y segundo. El adhesivo puede aplicarse por ejemplo al primer elemento tras lo cual el segundo elemento se sitúa encima del mismo.

20 El adhesivo puede ser un polímero seleccionado de poliuretano, resina epoxídica, éster vinílico, compuesto acrílico, poliamida, compuesto fenólico, poliuretano y poliéster. También puede ser relevante diseñar un material, tal como un material compuesto, particularmente adecuado para su uso como resina según la presente invención. Por ejemplo, puede ser relevante elegir o diseñar un material de resina que tenga una influencia positiva sobre las propiedades de amortiguación de la palas. A la hora de elegir el material de resina hay que asegurarse preferiblemente de que no
25 hay una mala adaptación de las propiedades elásticas entre el material de resina y los materiales circundantes en la medida en que esto pueda dar lugar a concentraciones de tensión durante la carga de las palas de turbina eólica. Esto puede garantizarse, por ejemplo, como parte del proceso de diseño mediante experimentación o mediante simulaciones por ordenador.

30 En una realización alternativa de la invención, al menos una de la al menos una barrera frente a la resina puede ser una cinta de material sólido elásticamente deformable, que puede ser, por ejemplo, un tubo flexible, de modo que puede obtenerse una barrera apretada incluso con superficies de unión primera y segunda irregulares. Una cinta de este tipo puede sujetarse, por ejemplo, a los elementos primero y segundo mediante un adhesivo, una cinta adhesiva de doble cara o grapas. Una ventaja de usar cintas de material sólido en lugar de cordones de adhesivo es que se evita el riesgo de tener “adhesiones superficiales”.

35 Si se desea, pueden usarse cordones de adhesivo en combinación con cintas de material sólido elásticamente deformable.

40 Además de las ventajas de la presente invención mencionadas anteriormente, el uso de una cinta de este tipo de un material flexible puede dar como resultado, dependiendo de la forma de sección transversal de la cinta, que se introduce en la cavidad una superficie de la resina de línea delantera cóncava. De este modo disminuye el riesgo de debilidad debido a posibles muescas en la superficie de contacto entre la resina y los elementos que están uniéndose.

45 Un material sólido elásticamente deformable de este tipo puede hacerse a partir de espuma polimérica, tal como espuma de celdas cerradas. Por ejemplo puede ser una espuma de polietileno de celdas cerradas o un caucho de nitrilo espumado. Debe elegirse un material que pueda resistir la temperatura de curado de la resina, tal como temperaturas de hasta 100°C.

50 En todas las realizaciones mencionadas anteriormente, la resina que se introduce en la al menos una cavidad puede ser un polímero seleccionado de poliuretano, resina epoxídica, éster vinílico, compuesto acrílico, poliamida, compuesto fenólico, poliuretano y poliéster. La barrera frente a la resina y la resina pueden ser a base del mismo tipo de polímero o de tipos diferentes. Ejemplos de posibles resinas son Sika Force 7311, Huntsman RenCast y Gurit Ampreg 21.

En un método según una realización preferida de la invención, el primer elemento es una carcasa de pala y el segundo elemento es un larguero de pala. En este caso, las superficies de unión primera y segunda serán una superficie interna de la carcasa y una superficie externa del larguero, respectivamente.

55 En una realización de este tipo, la al menos una barrera frente a la resina puede ser al menos un elemento de espuma adaptado para introducirse en cavidades formadas entre dos mitades de carcasa de pala y el larguero de

pala tras el ensamblaje de la pala. De este modo puede conseguirse que no fluya ninguna cantidad significativa de resina al interior de estas cavidades, incluso aunque la adhesión entre la barrera frente a la resina y un elemento que va a unirse sea insuficiente en algunas zonas.

5 Un segundo aspecto de la invención se refiere a una pala de turbina eólica fabricada mediante un método según se ha descrito anteriormente.

Un tercer aspecto de la invención se refiere a una turbina eólica que comprende una pala de turbina eólica de este tipo.

10 Los aspectos primero, segundo y tercero de la presente invención pueden combinarse. Estos y otros aspectos de la invención resultarán evidentes a partir de y se dilucidarán con referencia a las realizaciones que se describen a continuación.

Breve descripción de las figuras

15 A continuación se describirá más detalladamente el método de fabricación de una pala de turbina eólica según la presente invención con respecto a las figuras adjuntas. Las figuras muestran un modo de implementar la presente invención y no ha de interpretarse como que limita otras posibles realizaciones que entran dentro del alcance del juego de reivindicación adjuntas.

La figura 1 muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de las uniones adhesivas entre un larguero y una carcasa de una pala de turbina eólica fabricada según un método conocido.

La figura 2 muestra esquemáticamente una vista tridimensional de un larguero con cordones de adhesivo aplicados a lo largo de los bordes de la superficie que va a unirse con la carcasa.

20 La figura 3 muestra esquemáticamente una vista en sección transversal de las uniones entre un larguero y una carcasa que se han unido mediante un método según la presente invención.

La figura 4 muestra esquemáticamente una vista tridimensional de un larguero con cordones de adhesivo aplicados para formar varias cavidades cuando se unen el larguero y la pala. Estas cavidades se llenan a continuación con resina.

25 La figura 5 muestra esquemáticamente una realización de la invención en la que se usa un tubo flexible como barrera frente a la resina.

La figura 6 muestra esquemáticamente una mitad de carcasa de pala de turbina eólica a la que se han aplicado cordones de adhesivo.

30 La figura 7 muestra esquemáticamente una pala de turbina eólica ensamblada que tiene resina inyectada en un extremo de la cavidad.

Descripción detallada de una realización

35 Una pala de turbina eólica 1 puede fabricarse de diversas formas, pero en el método conocido mostrado esquemáticamente en la figura 1, comprende una carcasa 2, constituida por dos mitades de carcasa 2a, 2b, y un larguero 3 que soporta las cargas situado entre las dos mitades de carcasa 2a, 2b. El larguero 3 y la carcasa 2 se ensamblan mediante adhesivo 4 tal como se muestra esquemáticamente en la figura 1. El adhesivo 4, tal como un adhesivo de PUR tixotrópico, se aplica normalmente a al menos una de las superficies que van a unirse como varios cordones paralelos de modo que al menos la mayor parte de las superficies contiguas estén cubiertas con adhesivo tras el ensamblaje. Este proceso de unión tiene varios inconvenientes tal como se ha descrito anteriormente.

40 Un método de fabricación según la presente invención comprende una manera alternativa de unir el larguero 3 y las dos mitades de carcasa 2a, 2b. La idea es aplicar una barrera frente a la resina en forma de cordones de adhesivo 4 a lo largo de los límites de las zonas que van a unirse de modo que se establezca una cavidad entre las superficies contiguas al ensamblarse, estando delimitada la cavidad por los cordones de adhesivo 4. El término "cordones", es decir en plural, se usa en este caso y a continuación, a pesar de que el adhesivo puede aplicarse como un cordón mediante una herramienta que puede cambiar de dirección, por ejemplo para formar una forma rectangular de la cavidad delimitada por el adhesivo. Como ejemplo, la figura 2 muestra esquemáticamente un larguero 3 con cordones de adhesivo 4 aplicados antes del ensamblaje con la carcasa 2. Tales cordones pueden aplicarse a una o a ambas de las superficies que van a unirse. La aplicación puede realizarse mediante una herramienta tal como se usa en la técnica conocida, o puede diseñarse específicamente para el método según la presente invención.

45 A continuación, se introduce resina 5 en la cavidad, resina 5 que se bombea normalmente al interior de la cavidad a presión; esto se describirá más detalladamente a continuación. Puede ayudarse además a la inyección de resina mediante la aplicación de vacío a la cavidad para limitar o eliminar el riesgo de que quede atrapado aire en la resina.

Una vista en sección transversal de las uniones resultantes se ilustra esquemáticamente en la figura 3. Los cordones

de adhesivo 4 actúan como empaquetaduras para la resina 5, y por tanto debe garantizarse que se aplican sin interrupciones o que posibles interrupciones se llenan a continuación con adhesivo. Esto se comprueba, preferiblemente, por ejemplo mediante inspección visual, antes del ensamblaje y posiblemente también tras el ensamblaje pero antes de la inyección de resina, por ejemplo mediante ultrasonidos, para evitar fugas de resina al espacio entre ambas mitades de carcasa 2a, 2b. El flujo de resina durante la inyección puede seguirse mediante termografía como precaución adicional frente a un flujo de la resina fuera de la cavidad. Además tal termografía puede usarse para supervisar que se llene toda la cavidad.

En principio, para los cordones de adhesivo 4 y para la resina 5 que se introduce en la cavidad, puede usarse cualquier material que pueda formar una adhesión satisfactoria para las superficies que van a unirse. Los cordones de adhesivo 4 pueden hacerse, por ejemplo, de un material usado para unir las superficies en un método conocido, tal como un adhesivo de PUR tixotrópico. La resina 5 puede ser, por ejemplo, un material de relleno de PUR conocido, por ejemplo, del relleno de componentes electrónicos. Tal material de relleno normalmente es significativamente más barato que un adhesivo de PUR habitual, y puesto que se usan grandes cantidades de material para el ensamblaje de una pala de turbina eólica 1, el uso de un método según la presente invención puede dar como resultado un menor coste de material. Materiales alternativos pueden incluir resina epoxídica, poliamida, éster vinílico, composiciones fenólicas, composiciones acrílicas y poliéster. El material de resina puede inyectarse a temperatura superior a la temperatura ambiente para que tenga una viscosidad suficientemente baja para garantizar un llenado completo de la al menos una cavidad.

Los cordones de adhesivo 4 normalmente tienen una anchura del orden de 5 a 100 mm y un grosor de desde 0,3 hasta 30 mm. El grosor debería ser suficientemente grande para garantizar que la resina que fluye a través de la cavidad durante la inyección no se vea neutralizada perjudicialmente por un paso limitado a través de la cavidad. También puede ser ventajoso usar diferentes grosores de la barrera frente a la resina de modo que se haga por ejemplo más gruesa en ubicaciones en las que es relativamente difícil garantizar una coincidencia completa de las geometrías de las superficies de unión primera y segunda.

El adhesivo se aplica normalmente mientras la carcasa todavía se encuentra en el molde usado durante su fabricación, de modo que la carcasa se soporte en la orientación correcta. Sin embargo, la carcasa puede retirarse del molde antes de realizar la etapa de introducir resina en la al menos una cavidad. De este modo puede aumentarse la capacidad de fabricación en comparación con la técnica conocida, dado que el molde no está ocupado durante tanto tiempo. En algunas realizaciones de la invención, los elementos se elevan a una posición inclinada, tal como una posición sustancialmente vertical, antes de la inyección de resina de modo que la gravedad pueda ayudar a obtener un llenado completo y uniforme de la al menos una cavidad. En este caso, la resina en principio puede simplemente verterse en la al menos una cavidad, o puede usarse una presión justo por encima de la presión atmosférica. La inclinación y presión óptimas para una geometría y un tamaño dados puede determinarse, por ejemplo, mediante experimentación o simulaciones por ordenador ya que dependerá de parámetros tales como material, viscosidad y temperatura.

Cuando los elementos se retiran del molde antes de inyectar y curar la resina, debe garantizarse que la fuerza de unión entre los elementos sea suficiente para garantizar una manipulación segura.

En un método de fabricación ligeramente alternativo, se usa(n) cinta(s) de material sólido elásticamente deformable como barrera frente a la resina en lugar de o en combinación con el/los cordón(es) de adhesivo. Tales cintas se sujetan por ejemplo a los elementos primero y segundo mediante adhesivo, tal como una cinta adhesiva de doble cara o grapas. Las cintas cumplen la misma función que los cordones de adhesivo según se ha descrito anteriormente, y la elección real de la barrera frente a la resina puede depender, por ejemplo, del precio, la facilidad de aplicación y las exigencias en cuanto a la fuerza, que depende a su vez de si los elementos se han retirado o no del molde antes de su llenado con resina y el curado de la misma.

La figura 5 muestra esquemáticamente una realización de la invención en la que se usa un tubo flexible 4a, tal como hecho de espuma polimérica de celdas cerradas, como barrera frente a la resina. La sección se muestra como que corresponde a la zona alrededor de la esquina derecha superior (con respecto a la figura) del larguero 3 en la figura 3. El uso de una cinta de este tipo de un material flexible puede dar como resultado que se introduzca una superficie de la resina 5 de línea delantera cóncava en la cavidad. De este modo disminuye el riesgo de debilidad debido a posibles muescas en la superficie de contacto entre la resina 5 y los elementos 2,3 que están uniéndose. El motivo de usar un material flexible y preferiblemente también compresible es que de este modo es más fácil garantizar una conexión apretada incluso con superficies ligeramente irregulares de los elementos que van a unirse. Tales superficies irregulares pueden esperarse debido al uso de materiales compuestos.

En otro método alternativo de fabricación, pueden usarse como barreras frente a la resina elementos de espuma (no mostrados) conformados para rellenar la mayor parte de las cavidades 6 (véase la figura 3) entre las mitades de carcasa 2a, 2b en lugar de o en combinación con los cordones de adhesivo 4 o el tubo flexible 4a descrito anteriormente. De este modo puede ser más fácil garantizar que sólo puedan fluir cantidades no significativas de resina al interior de estas cavidades 6. Tal posible fuga de resina podría dar como resultado un menor control del peso y de las propiedades mecánicas de la pala de turbina eólica final.

En todas las realizaciones descritas anteriormente, la comunicación de fluido entre el equipo usado para inyectar la resina y la cavidad puede establecerse perforando uno o más orificios de entrada (no mostrados) en la carcasa e insertando o conectando, por ejemplo mediante pegado, un conector adecuado (no mostrado). Detalles adicionales del establecimiento de tal conexión los conocerá bien un experto en la técnica. Una vez finalizado el proceso de introducción, los orificios de entrada se cubren, normalmente mediante la aplicación de laminados de un material compuesto de la misma composición que el resto de la carcasa, antes de pintar la pala.

Puede aplicarse un mayor número de barreras frente a la resina 4, 4a longitudinal y/o transversalmente (con respecto a la dirección longitudinal de la pala 1) de modo que se formen más cavidades. De este modo, la resina 5 puede inyectarse desde más puntos simultáneamente con lo cual puede disminuir el tiempo de fabricación. Además puede ser más fácil garantizar un llenado completo de una cavidad más pequeña, y por tanto puede desearse más de una cavidad incluso aunque sólo se use un equipo de inyección de resina. Lo que se considere un número óptimo de cavidades depende también de la capacidad de bombeo del equipo de inyección de resina y del tiempo que se tarde en conectar y desconectar el equipo a la pala y en sellar después los orificios de entrada.

Un ejemplo de la fabricación de una pala de turbina eólica 1 mediante un método según la presente invención se muestra esquemáticamente en las figuras 6 y 7. En la figura 6, una mitad de carcasa de pala 2b todavía se encuentra en el molde 7 en el que se fabricó. Se han aplicado cordones de adhesivo 4 con una forma que coincide con el larguero de pala (no mostrado en estas figuras) que va a insertarse entre ambas mitades de carcasa de pala 2a, 2b para formar la pala 1 completa. En la figura sólo va a formarse una cavidad, y además se aplican tres cordones de adhesivo 4b adicionales cerca del extremo de raíz. Estos cordones de adhesivo 4b adicionales se aplican para aumentar la estabilidad de manipulación y garantizar que el larguero de pala permanezca en su sitio durante la posterior inyección de resina. Poco después de la aplicación del cordón de adhesivo 4, el larguero de pala se sitúa en la mitad de carcasa de pala 2b, y la otra mitad de carcasa de pala 2a se sitúa encima de la misma. El cordón de adhesivo 4 entre el larguero de pala y la mitad de carcasa de pala 2a superior (con respecto a la figura) puede aplicarse o bien al larguero de pala o bien a la carcasa de pala. Alternativamente, pueden aplicarse cordones de adhesivo 4 a todas las superficies de unión que van a unirse.

La figura 7 muestra esquemáticamente una pala de turbina eólica ensamblada que tiene resina inyectada en un extremo de la cavidad formada entre las superficies de unión primera y segunda. La resina 5 y el endurecedor se bombean mediante bombas 8 desde respectivos recipientes 9 a una unidad de mezclado 10 mediante cualquier equipo adecuado que el experto en la técnica conocerá bien. A partir de aquí, se hace pasar a la cavidad a través de un conducto conectado a la misma a través de un conector 11 insertado en un orificio perforado en la mitad de carcasa de pala 2a. El flujo de resina avanza a lo largo de la cavidad, y cualquier exceso de flujo en el otro extremo se hace pasar a un recipiente de descarga 12. El avance del frente de flujo puede seguirse mediante termografía, si se desea. La figura 7 muestra el llenado de la cavidad en un lado de la pala 1 sólo. Las cavidades en ambos lados pueden llenarse al mismo tiempo o una cada vez. Si se llenan ambas al mismo tiempo, pueden usarse el mismo equipo de bombeo y suministro de resina y endurecedor para ambos lados, si se desea. También es posible llenar la cavidad inferior (con respecto a la figura) antes de disponer la segunda mitad de carcasa de pala 2a sobre el larguero de pala.

Aunque la presente invención se ha descrito en relación con las realizaciones especificadas, no ha de interpretarse como que se limita en modo alguno a los ejemplos presentados. La descripción se centra en el ensamblaje de la carcasa y el larguero de una pala de turbina eólica, pero el método también puede usarse para unir otros elementos de una pala de turbina eólica. Un ejemplo podría ser unir un extremo de punta y un extremo de raíz de una pala de turbina eólica fabricada en dos secciones por ejemplo para facilitar el transporte de palas grandes.

La descripción anterior se ha centrado en el uso de un método según la presente invención para unir las superficies de unión primera y segunda a través de todas las zonas que van a unirse. Una alternativa también cubierta por la invención es usar el método de unión sólo por una parte de las superficies que van a unirse. El método según se ha descrito podría usarse, por ejemplo, a lo largo de aproximadamente la tercera parte de la longitud de una pala de turbina eólica más próxima al extremo de raíz en combinación con el resto del ensamblaje realizado mediante un método tradicional. La parte de una pala más próxima al extremo de raíz es donde la geometría es normalmente más compleja de modo que el riesgo de debilidad debido a variaciones de geometría indeseadas es el máximo. Al mismo tiempo, los momentos de flexión normalmente son máximos en ese extremo, de modo que es más probable que posibles debilidades causen inestabilidades que más cerca del extremo de punta.

El alcance de la presente invención se expone en el juego de reivindicaciones adjuntas. En el contexto de las reivindicaciones, los términos “comprendiendo” o “que comprende” no excluyen otros posibles elementos o etapas. Además, la mención de referencias tales como “un” o “una”, etc. no debe interpretarse como que excluyen una pluralidad. El uso de símbolos de referencia en las reivindicaciones con respecto a elementos indicados en las figuras tampoco debe interpretarse como que limita el alcance de la invención. Además, características individuales mencionadas en diferentes reivindicaciones, pueden posiblemente combinarse de manera ventajosa, y la mención de estas características en diferentes reivindicaciones no excluye que no sea posible y ventajosa una combinación de características.

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de una pala de turbina eólica (1) que tiene
 - un primer elemento (2) con una primera superficie de unión y
 - un segundo elemento (3) con una segunda superficie de unión,
- 5 estando adaptadas las superficies de unión primera y segunda para ser unidas entre sí, comprendiendo el método
 - aplicar al menos una barrera frente a la resina (4, 4a) a la primera superficie de unión (2) y/o a la segunda superficie de unión (3),
 - 10 - a continuación situar los elementos primero y segundo adyacentes entre sí de modo que se unan mediante la al menos una barrera frente a la resina, y de modo que se forme al menos una cavidad entre las superficies de unión primera y segunda, cavidad que está delimitada por la al menos una barrera frente a la resina (4, 4a),
 - a continuación introducir resina (5) en la al menos una cavidad, y
 - curar la resina (5).
- 15 2. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de introducir resina (5) en la al menos una cavidad comprende inyectar resina líquida.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que la al menos una barrera frente a la resina (4, 4a) se aplica de modo que se forme una cavidad.
4. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que la al menos una barrera frente a la resina (4, 4a) se aplica de modo que se formen una pluralidad de cavidades.
- 20 5. Método según la reivindicación 4, en el que se introduce resina (5) en una pluralidad de cavidades simultáneamente.
6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las etapas de aplicar al menos una barrera frente a la resina (4, 4a) y situar los elementos primero y segundo (2, 3) adyacentes entre sí se realizan mientras el primer elemento todavía se encuentra en un molde (7) usado durante la fabricación del primer elemento, y en el que el primer elemento se retira del molde antes de realizar la etapa de introducir resina (5) en la al menos una cavidad.
- 25 7. Método según la reivindicación 6, en el que la etapa de introducir resina (5) en la al menos una cavidad se realiza con las superficies de unión primera y segunda en una posición sustancialmente vertical.
- 30 8. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de la al menos una barrera frente a la resina es un cordón de adhesivo (4) de modo que la propia barrera frente a la resina forma la unión entre los elementos primero y segundo.
9. Método según la reivindicación 8, en el que el adhesivo (4) es un polímero seleccionado de poliuretano, resina epoxídica, éster vinílico, compuesto acrílico, poliamida, compuesto fenólico, poliuretano y poliéster.
- 35 10. Método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que al menos una de la al menos una barrera frente a la resina es una cinta de material sólido elásticamente deformable (4a) sujeta a los elementos primero y segundo (2, 3).
11. Método según la reivindicación 10, en el que el material sólido elásticamente deformable (4a) es un tubo flexible.
- 40 12. Método según la reivindicación 10 u 11, en el que el material sólido elásticamente deformable (4a) es espuma polimérica.
13. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la resina (5) es un polímero seleccionado de poliuretano, resina epoxídica, éster vinílico, compuesto acrílico, poliamida, compuesto fenólico, poliuretano y poliéster.
- 45 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que el primer elemento es una mitad de carcasa de pala (2) y el segundo elemento es un larguero de pala (3).
15. Método según la reivindicación 14, en el que la al menos una barrera frente a la resina es al menos un

elemento de espuma (4a) adaptado para rellenar cavidades formadas entre dos mitades de carcasa de pala (2a, 2b) y el larguero de pala (3) tras el ensamblaje de la pala (1).

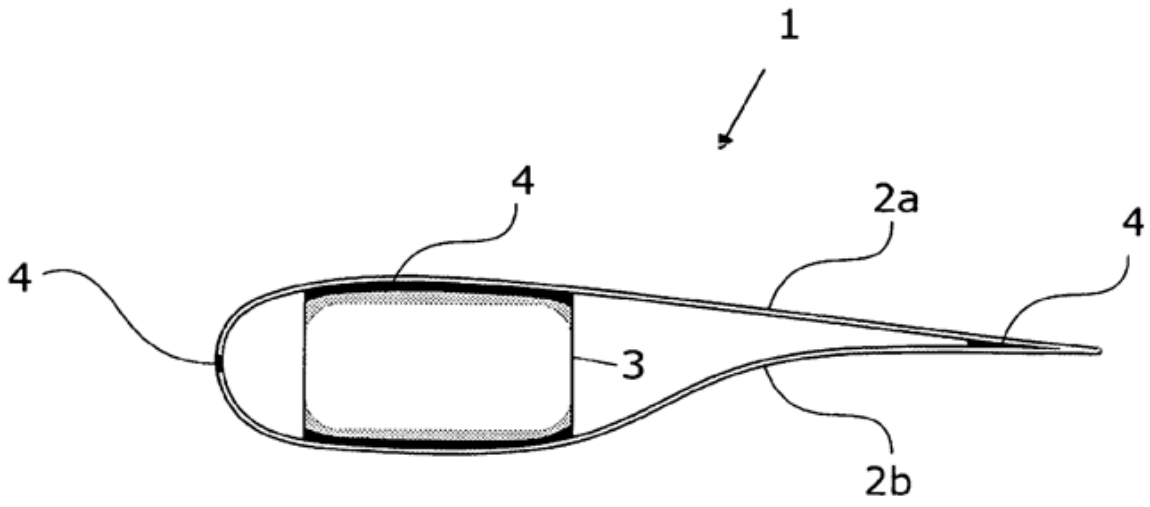


Fig. 1, técnica conocida

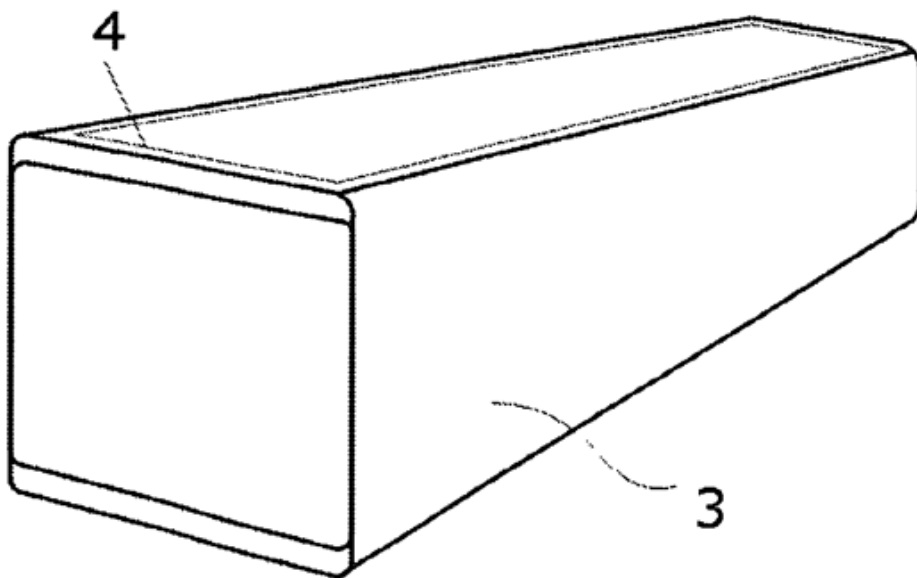


Fig. 2

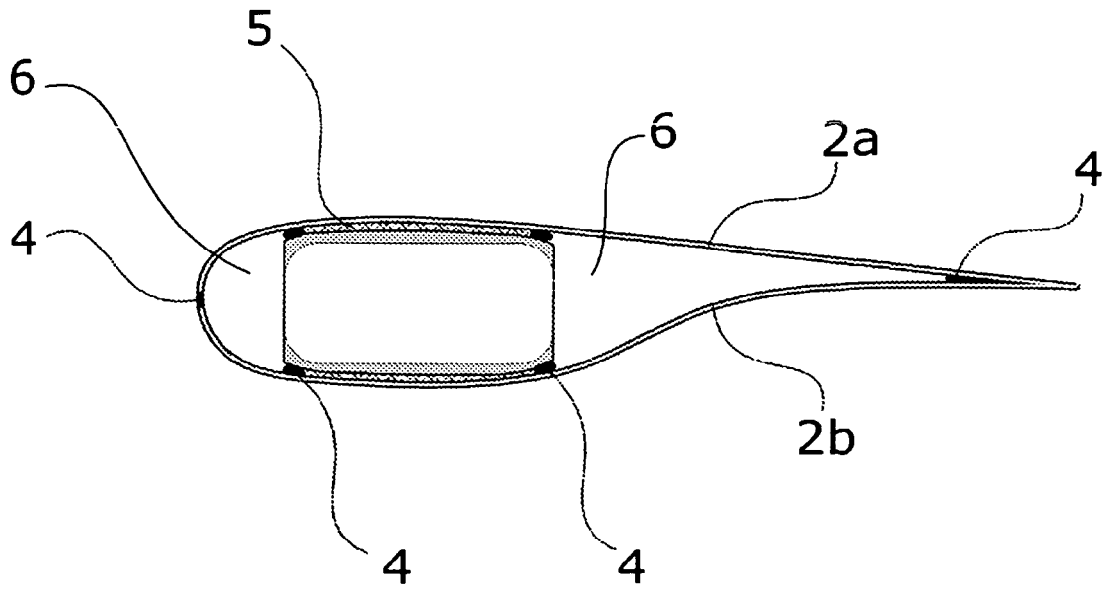


Fig. 3

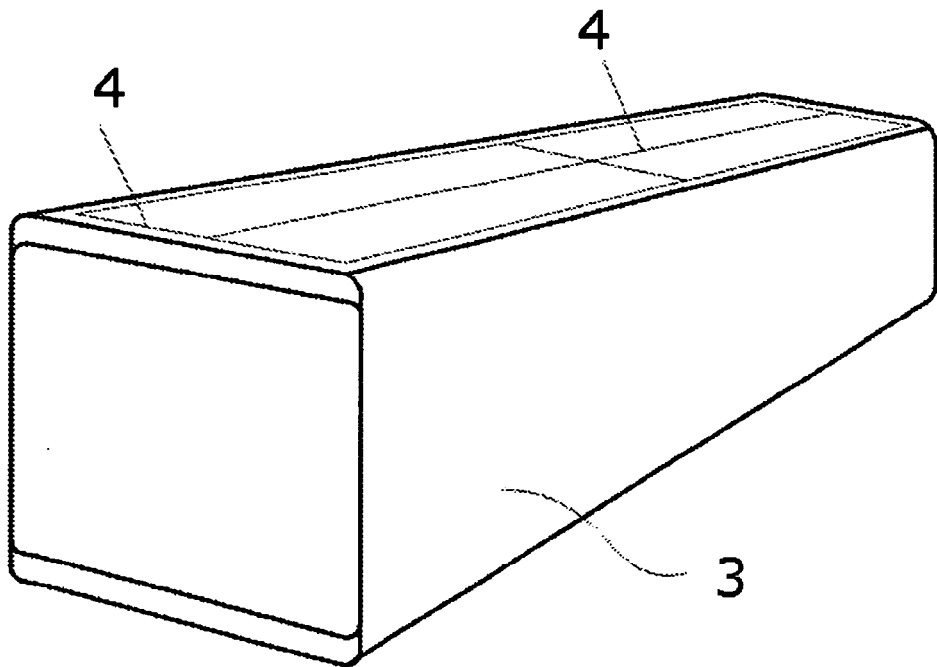


Fig. 4

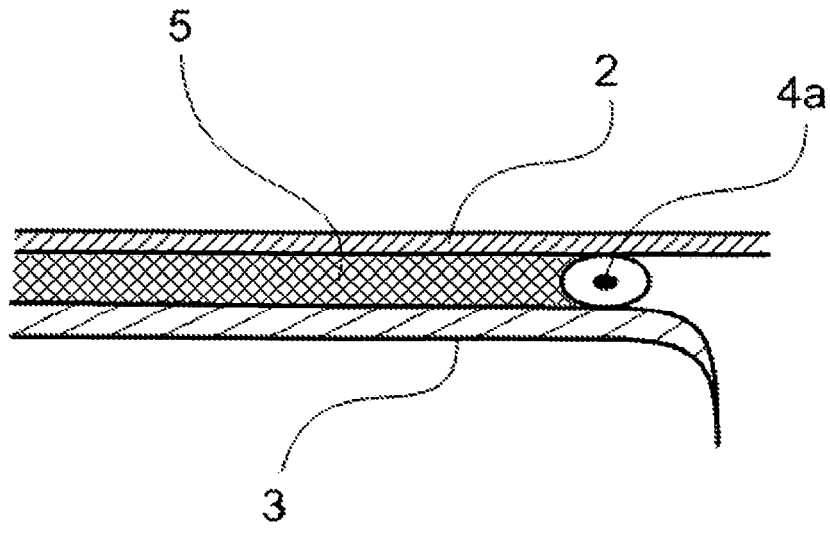


Fig. 5

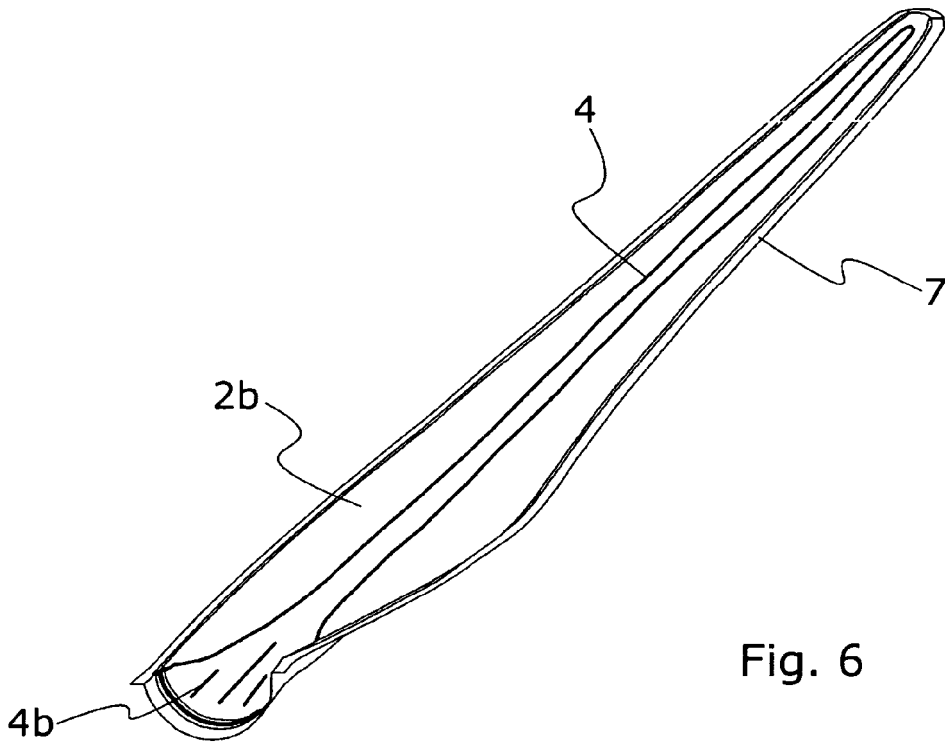


Fig. 6

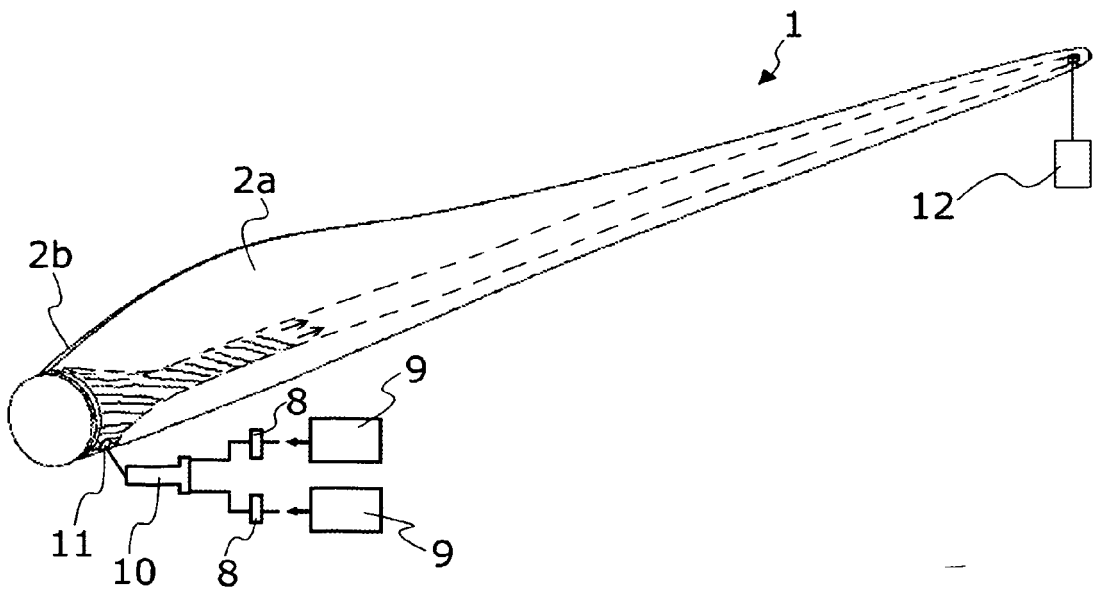


Fig. 7