



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 289 613**

⑤1 Int. Cl.:  
**B29C 70/44** (2006.01)  
**F03D 1/06** (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑧6 Número de solicitud europea: **05004010 .4**

⑧6 Fecha de presentación : **24.02.2005**

⑧7 Número de publicación de la solicitud: **1695813**

⑧7 Fecha de publicación de la solicitud: **30.08.2006**

⑤4 Título: **Método para fabricar una pala de turbina eólica, instalación de fabricación de pala de turbina eólica y uso de la misma.**

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**01.02.2008**

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**01.02.2008**

⑦3 Titular/es: **Vestas Wind Systems A/S**  
**Smed Sørensens Vej 5**  
**6950 Ringkøbing, DK**

⑦2 Inventor/es: **Bech, Anton y**  
**Valsgaard, Poul**

⑦4 Agente: **Arias Sanz, Juan**

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

## DESCRIPCIÓN

Método para fabricar una pala de turbina eólica, instalación de fabricación de pala de turbina eólica y uso de la misma.

## Antecedentes de la invención

La invención se refiere a una instalación de fabricación de pala de turbina eólica tal como se especifica en el preámbulo de la reivindicación 28, a un método para fabricar una pala de turbina eólica, a palas de turbina eólicas y a usos de las mismas.

## Descripción de la técnica relacionada

Una turbina eólica conocida en la técnica comprende normalmente una torre de turbina eólica y una góndola de turbina eólica situada encima de la torre. Un rotor de turbina eólica, que comprende tres palas de turbina eólica está conectado a la góndola a través de un árbol de baja velocidad que se extiende hacia fuera de la parte frontal de la góndola tal como se ilustra en la figura 1.

En los últimos años el desarrollo de turbinas eólicas producidas en masa se ha orientado a hacerlas cada vez más grandes, tanto con respecto a la capacidad como al tamaño. Este proceso demanda componentes y métodos de fabricación mejores y más económicos, y en particular, en el campo de palas de turbinas eólicas producidas en masa, este desarrollo ha sido profundo en el sentido de que la pala de turbina eólica media producida en masa en los últimos años ha más que duplicado su longitud.

Las palas de turbina eólica conocidas en la técnica están hechas normalmente de fibra de vidrio reforzada con metal, madera o fibra de carbono. Las palas se fabrican normalmente moldeando dos mitades de pala en dos moldes independientes. Cuando las mitades de pala se han endurecido, las superficies de conexión se dotan con un adhesivo y las mitades se colocan una encima de la otra. Para asegurar que las mitades se presionen firmemente entre sí mientras el adhesivo está endureciéndose, se aplica presión a los moldes, bien presionando el molde superior hacia abajo sobre el molde inferior mediante cilindros neumáticos o hidráulicos o mediante el uso de mordazas grandes o mediante cintas que rodean los dos moldes o las mitades de pala.

Un ejemplo de los métodos de la técnica anterior se proporciona en el documento WO 2004/043679.

Todos estos métodos tienen un serio inconveniente en el hecho de que la presión se aplica solamente en determinados puntos, dotando a las uniones entre las dos mitades de pala de una forma de tipo onda que se ilustra en la figura 2B. Esta forma de tipo onda no es deseada porque reduce las calidades aerodinámicas de las palas y las uniones están dotadas de una debilidad integrada, porque las uniones no tienen la misma resistencia en toda la longitud de la pala.

Además, si se utilizan mordazas, cintas o similares para proporcionar la fuerza de compresión, se vuelve difícil y lleva mucho tiempo regular esta fuerza para asegurar que se aplica la cantidad correcta de presión para producir una pala con una unión fuerte y uniforme.

Un objetivo de la invención es proporcionar una instalación de fabricación de pala de turbina eólica y un método de fabricación de pala de turbina eólica simple y rápido, que asegura que las uniones entre las dos mitades de pala se vuelven sustancialmente uniformes.

Un objetivo adicional de la invención es proporcionar una instalación de fabricación de pala de turbina eólica y un método de fabricación de pala de turbina eólica en el que la fuerza de compresión en las partes de pala puede regularse de manera simple y rápida.

## La invención

La invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica. El método comprende las etapas de, establecer al menos una primera parte que comprende al menos una primera parte de pala de turbina eólica en al menos una primera unidad de fijación, establecer al menos una segunda parte que comprende al menos una segunda parte de pala de turbina eólica en al menos una segunda unidad de fijación, situando la al menos una primera parte en contacto con, o en proximidad cercana con, la al menos una segunda parte, y establecer una presión por debajo de la presión atmosférica, forzando la al menos una primera parte de pala de turbina eólica y la al menos una segunda parte de pala de turbina eólica una contra otra y/o forzando al menos una de las partes de pala de turbina eólica contra la al menos una otra.

Por la presente es posible fabricar una pala de turbina eólica de una manera simple y rápida que dota a la pala con uniones sustancialmente uniformes.

La utilización de presión por debajo de la presión atmosférica o vacío parcial es ventajosa porque proporciona medios para presionar las al menos dos partes una contra otra por una fuerza que discurre de manera ininterrumpida

y continuamente a través de toda la longitud de las partes de pala de turbina eólica. Además, la fuerza de compresión puede regularse fácilmente porque es fácil ajustar un vacío parcial regulando el efecto de los medios para establecer la presión por debajo de la presión atmosférica.

5 Por el término “forzar... una contra otra” ha de entenderse que todas las partes están directa o indirectamente bajo la influencia del vacío parcial, y que esta influencia es presionar las partes individuales contra las otras partes.

Por el término “forzar al menos una... contra la al menos una otra” ha de entenderse que al menos una de las partes están directa o indirectamente bajo la influencia del vacío parcial, y que esta influencia es presionar esta al menos una  
10 parte contra la otra parte o partes.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicho método implica la etapa de situar uno o más elementos de refuerzo sobre dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica y/o sobre dicha al menos una segunda parte de pala de turbina  
15 eólica.

Resulta ventajoso dotar a la pala de turbina eólica con un elemento de refuerzo en forma de, por ejemplo, un viga, una nervadura o un enrejado, porque uno o más elementos que conectan la primera parte de pala de turbina eólica y la segunda parte de pala de turbina eólica transversalmente proporcionan una manera de reforzar la pala con poco peso.  
20 Además, el uno o más elementos de refuerzo pueden ayudar a que la pala mantenga su forma.

Generalmente puede decirse que cuanto más complicada es la estructura de palas de turbina eólica, por ejemplo en forma de muchos y/o complicados elementos de refuerzo, más ventajoso es el hecho de que la fuerza de compresión pueda distribuirse de manera homogénea y que pueda regularse fácilmente.  
25

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica, dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica, y uno o más elementos de refuerzo comprenden superficies de contacto correspondientes.  
30

Es ventajoso dotar a la al menos una primera parte de pala de turbina eólica, a la al menos una segunda parte de pala de turbina eólica y a los uno o más elementos de refuerzo con superficies de contacto correspondientes porque dota a las partes con superficies adecuadas para acoplar las partes entre sí.

35 Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dichas superficies de contacto se extienden a lo largo de uno o más de los siguientes: borde de entrada, borde de salida, borde de punta y el pie.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una  
40 pala de turbina eólica, en el que dicho método implica la etapa de aplicar medios adhesivos a todas o algunas de dichas superficies de contacto antes de colocar dicha al menos una primera parte en proximidad cercana con dicha al menos una segunda parte.

Resulta ventajoso dotar a las superficies de contacto con medios adhesivos tales como resina natural o artificial  
45 antes de unir las partes, porque el adhesivo puede distribuirse de manera más homogénea y controlada sobre una superficie libre y expuesta.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha presión por debajo de la presión atmosférica se establece en al menos una  
50 cavidad formada por dicha al menos una primera parte y dicha al menos una segunda parte.

El establecimiento del vacío parcial en una cavidad formada por la primera parte y la segunda parte es ventajoso porque el vacío parcial puede establecerse en o cerca de las partes de pala a las que el vacío parcial ha de forzar entre sí. Además permite que las fuerzas de compresión, producidas por el vacío parcial, discurran continuamente y de manera  
55 ininterrumpida por toda la extensión longitudinal de las partes de pala de turbina eólica.

Por el término “cavidad” ha de entenderse una abertura o un espacio hueco. La cavidad no necesariamente tiene que estar cerrada en todos los lados o extremos, lo que significa que la palabra cavidad también incluye espacios intermedios, muescas, canales, ranuras y conductos.  
60

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha al menos una cavidad está formada completamente o parcialmente por dicha al menos una primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación.

65 Resulta ventajoso formar la cavidad en la que el vacío parcial ha de establecerse mediante las unidades de fijación porque proporciona una cavidad bien definida.

## ES 2 289 613 T3

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha al menos una cavidad es al menos dos cavidades separadas, por ejemplo que se extienden a lo largo de al menos una unión mediante el borde de entrada y a lo largo de al menos una unión mediante el borde de salida de dichas partes de pala de turbina eólica.

5

La colocación de una cavidad en cada lado de las partes de pala es ventajosa porque proporciona una manera simple de distribuir el vacío parcial de manera que las fuerzas de compresión se aplican cerca del lugar en el que son necesarias, concretamente mediante las superficies de contacto.

10 Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha al menos una cavidad se extiende sustancialmente por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica.

15 Hacer que la cavidad se extienda por toda la longitud de las partes de pala es ventajoso porque permite que las fuerzas de compresión, producidas por el vacío parcial, afecten a las partes de pala por toda la longitud total de las partes de pala de turbina eólica.

20 Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicho método implica la etapa de sellar al menos una cavidad antes de que se establezca dicha presión por debajo de la presión atmosférica.

Si la al menos una cavidad está formada como, por ejemplo una hendidura, es ventajoso sellarla para crear un espacio cerrado en el que pueda establecerse un vacío parcial.

25 Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicho sellado implica dotar a dicha al menos una cavidad con uno o más medios de sellado.

30 Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicho sellado implica enchufar al menos un extremo de dicha al menos una cavidad y conectar al menos una bomba de vacío directa o indirectamente a dicho al menos uno otro extremo de dicha al menos una cavidad.

35 Si la al menos una cavidad se forma como, por ejemplo un conducto es ventajoso sellar un extremo de este conducto dotando al extremo del conducto con un enchufe, y utilizando el otro extremo para conectar un medio de establecimiento de vacío parcial tal como, por ejemplo, una bomba de vacío, una bomba de inyección de vacío o un tanque en el que se almacena vacío.

40 Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dichas cavidades tienen una extensión de entre 10 mm y 1000 mm, preferiblemente entre 50 mm y 500 mm y lo más preferiblemente entre 100 mm y 350 mm en una dirección perpendicular a la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica y paralela a una línea a través de dicho borde de entrada y dicho borde de salida de dichas partes de pala de turbina eólica.

45 Una relación ventajosa entre tamaño y función de las unidades de fijación se consigue realizando las cavidades con el ancho del intervalo.

50 Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicho establecimiento de dicha presión por debajo de la presión atmosférica da como resultado un vacío parcial dentro de dicha al menos una cavidad de entre 0,1 bar y 0,95 bar, preferiblemente entre 0,3 bar y 0,9 bar y lo más preferiblemente entre 0,6 bar y 0,85 bar, donde 0 bar es vacío absoluto y 1 bar es aproximadamente presión atmosférica.

55 Cuanto más alto es el grado de vacío que necesita proporcionarse para conseguir una determinada fuerza de compresión en las partes de pala de turbina eólica, más energía toma y más tiempo tarda. El presente intervalo de presión proporciona una relación ventajosa entre tiempo/energía y función.

60 Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha una presión por debajo de la presión atmosférica dentro de dicha al menos una cavidad da como resultado una fuerza de compresión sobre la superficie de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica de entre 1.000 N y 10.000.000 N, preferiblemente entre 10.000 N y 3.000.000 N y lo más preferiblemente entre 100.000 N y 1.000.000.

65 La experiencia ha enseñado que es ventajoso dotar a una pala de turbina eólica de una presión dentro de los presentes intervalos, por ejemplo, durante el endurecimiento de un adhesivo que conecta las partes de pala de turbina eólica.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha al menos una cavidad se forma por las partes de dicha al menos una primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación que rodean dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica.

Es ventajoso utilizar la cavidad en las unidades de fijación, en las que las partes de pala de turbina eólica están colocadas para establecer un vacío parcial, porque no necesitan establecerse cavidades adicionales. Además, un vacío parcial en esta cavidad permite a una fuerza de compresión distribuirse por toda la superficie de las partes de pala de turbina eólica, lo que es ventajoso si, por ejemplo se necesita una fuerza de compresión mediante, por ejemplo, un viga en el centro de las partes de pala.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha al menos una primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación forman adicionalmente al menos dos cavidades separadas, que por ejemplo se extienden a lo largo de al menos una unión mediante el eje de entrada y a lo largo de al menos una unión mediante el eje de salida de dichas partes de pala de turbina eólica.

Es ventajoso dotar a las unidades de fijación con cavidades adicionales porque permite la posibilidad de fuerzas de compresión incluso más encauzadas.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicho establecimiento de dicha presión por debajo de la presión atmosférica da como resultado un vacío parcial dentro de dicha al menos una cavidad de entre 0,1 bar y 0,995 bar, preferiblemente entre 0,5 bar y 0,99 bar y lo más preferiblemente entre 0,8 bar y 0,98 bar, donde 0 bar es vacío absoluto y 1 bar es aproximadamente presión atmosférica.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha una presión por debajo de la presión atmosférica dentro de dicha al menos una cavidad da como resultado una fuerza de compresión sobre la superficie de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica de entre 1.000 N y 10.000.000 N, preferiblemente entre 10.000 N y 3.000.000 N y lo más preferiblemente entre 100.000 N y 1.000.000 N.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha al menos una cavidad se forma por dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica.

Es ventajoso utilizar la al menos una cavidad dentro de las partes de pala de turbina eólica para establecer un vacío parcial porque las palas de turbina eólicas conocidas en la técnica son huecas y sustancialmente estancas al aire o pueden sellarse fácilmente, por lo que no son necesarias cavidades adicionales en las unidades de fijación u otras.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha al menos una cavidad se extiende sustancialmente por toda la longitud de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha al menos una cavidad se sitúa en, o en proximidad cercana con, dichas superficies de contacto.

El establecimiento de vacío parcial dentro de, por ejemplo, una o más ranuras incrustadas en las superficies de contacto es ventajoso porque la fuerza de compresión proporcionada por el vacío parcial está muy encauzada, asegurando que ninguna de las demás partes de las palas o de las unidades de fijación están afectadas por la fuerza de compresión e impidiendo así un posible daño a estas partes producido por dicha fuerza.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha presión por debajo de la presión atmosférica proporciona una fuerza de compresión que discurre de manera ininterrumpida por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica.

Al dejar que la fuerza de compresión discurra de manera ininterrumpida por toda la extensión longitudinal de las partes de pala de turbina eólica se evita la forma de onda en la unión entre las partes de pala porque la fuerza de compresión no se aplica solamente en determinados puntos.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicha fuerza de compresión es además uniforme por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica.

Hacer la fuerza de compresión uniforme por toda la extensión longitudinal de las partes de pala es ventajoso porque aplicando la misma fuerza de compresión en todos los lugares la unión debería ser teóricamente uniforme en todos los lugares.

## ES 2 289 613 T3

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicho método implica la etapa de moldear dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica alrededor de al menos un borde de fijación sobre dicha al menos una primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación.

Moldear las partes de pala alrededor de al menos un borde de fijación es ventajoso porque fija los bordes de las partes de pala y así mantiene constante la posición de las superficies de contacto, simplificando tanto el proceso de añadir adhesivo como el proceso de establecer vacío parcial.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que dicho al menos un borde de fijación sobre dicha al menos una primera unidad de fijación o sobre dicha al menos una segunda unidad de fijación se realiza en un ángulo agudo y dicho al menos uno otro borde de fijación sobre dicha al menos una primera unidad de fijación o sobre dicha al menos una segunda unidad de fijación se realiza sustancialmente rectangular.

Hacer al menos un borde de fijación en un ángulo agudo es ventajoso porque ayuda a mantener una posición de partes de pala en la unidad de fijación, particularmente durante el proceso de manejo, si dicha parte de pala es una parte superior que va a situarse sobre una parte inferior correspondiente. Hacer al menos otro borde de fijación rectangular es ventajoso si este borde es una parte de una unidad de fijación que contiene una parte de pala inferior, porque permite una extracción sin resistencia de la pala completa o de la sección de una pala.

Un aspecto de la invención proporciona un método para fabricar una pala de turbina eólica o una sección de una pala de turbina eólica, en el que al menos una de dicha al menos primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación es un molde, en el que se moldean dichas al menos una primera y segunda partes de pala de turbina eólica.

Es ventajoso utilizar moldes como unidades de fijación porque simplifica el proceso de fabricación al reducir su manejo.

La invención proporciona además una instalación de fabricación de pala de turbina eólica, que comprende al menos una primera parte que incluye al menos una primera unidad de fijación adaptada para fijar al menos una primera parte de pala de turbina eólica, al menos una segunda parte que comprende al menos una segunda unidad de fijación, adaptada para fijar al menos una segunda parte de pala de turbina eólica, y medios para situar dicha al menos una primera parte en contacto con o en proximidad cercana con dicha al menos una segunda parte. La instalación de fabricación se caracteriza porque comprende además medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica, forzando dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica una contra otra y/o forzando al menos una de las partes de pala de turbina eólica contra la al menos una otra.

Por la presente se consigue un aparato ventajoso según la invención.

La utilización de medios tales como una bomba de vacío, para evacuar aire para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica es ventajosa porque es sencillo regular el efecto de, por ejemplo, una bomba de vacío y por lo tanto es sencillo regular la fuerza que presiona las partes de pala entre sí.

Debería hacerse hincapié en el hecho de que el término “instalación de fabricación de pala de turbina eólica” también incluye instalaciones para fabricar secciones de una pala de turbina eólica.

En un aspecto de la invención dicha instalación comprende medios para situar uno o más elementos de refuerzo sobre dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica y/o sobre dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica.

Si la pala de turbina eólica ha de dotarse con uno o más elementos de refuerzo es ventajoso equipar a la instalación con medios para manejar estos elementos.

En un aspecto de la invención dicha al menos una primera parte de pala de turbina, dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica y uno o más elementos de refuerzo comprenden superficies de contacto correspondientes.

En un aspecto de la invención dichas superficies de contacto se extienden a lo largo de uno o más de los siguientes: borde de entrada, borde de salida, borde de punta y el pie.

En un aspecto de la invención dicha instalación comprende medios para aplicar un adhesivo a todas o alguna de dichas superficies de contacto.

Si las superficies de contacto han de estar dotadas de un adhesivo, es ventajoso equipar a la instalación con medios para aplicar este adhesivo.

## ES 2 289 613 T3

En un aspecto de la invención dicha al menos una primera parte y dicha al menos una segunda parte forman al menos una cavidad cuando se sitúan en contacto con o en proximidad cercana entre sí.

5 En un aspecto de la invención dicha al menos una primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación forman parcial o completamente al menos una cavidad cuando están situadas en contacto con o en proximidad cercana entre sí.

10 En un aspecto de la invención dicha al menos una cavidad se extiende sustancialmente por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicha al menos una cavidad es al menos dos cavidades separadas, que por ejemplo se extienden a lo largo de al menos una unión mediante el borde de entrada y a lo largo de al menos una unión mediante el borde de salida de dichas partes de pala de turbina eólica.

15 En un aspecto de la invención, dicha instalación comprende medios para sellar dicha al menos una cavidad.

En un aspecto de la invención dichos medios de sellado comprenden uno o más enchufes para enchufar al menos un extremo de dicha al menos una cavidad y al menos una bomba de cavidad para conectar a dicho al menos uno otro extremo de dicha al menos una cavidad.

20 En un aspecto de la invención dichas cavidades tienen una extensión de entre 10 mm y 1000 mm, preferiblemente 50 mm y 500 mm y lo más preferiblemente entre 100 mm y 350 mm en una dirección perpendicular a la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica y paralela a una línea a través de dicho borde de entrada y dicho borde de salida de dichas partes de pala de turbina eólica.

25 En un aspecto de la invención, dichos medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica son capaces de producir un vacío parcial, dentro de dicha al menos una cavidad, de entre 0,1 bar y 0,95 bar, preferiblemente entre 0,3 bar y 0,9 bar y lo más preferiblemente entre 0,6 bar y 0,85 bar, donde 0 bar es vacío absoluto y 1 bar es aproximadamente presión atmosférica.

30 En un aspecto de la invención dicha instalación comprende medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica dentro de dicha al menos una cavidad que da como resultado una fuerza de compresión sobre la superficie de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica de entre 1.000 N a 10.000.000 N, preferiblemente entre 10.000 N y 3.000.000 N y lo más preferiblemente entre 100.000 N y 1.000.000 N.

35 En un aspecto de la invención, dicha al menos una cavidad se forma por las partes de dicha al menos una primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación que rodean dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica.

40 En un aspecto de la invención, dicha al menos una primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación forman adicionalmente al menos dos cavidades separadas que por ejemplo se extienden a lo largo de al menos una unión mediante el borde de entrada y a lo largo de al menos una unión mediante el borde de salida de dichas partes de pala de turbina eólica.

45 En un aspecto de la invención, dichos medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica pueden producir un vacío parcial dentro de dicha al menos una cavidad de entre 0,1 bar y 0,995 bar, preferiblemente entre 0,5 bar y 0,99 bar y lo más preferiblemente entre 0,8 bar y 0,98 bar, donde 0 bar es vacío absoluto y 1 bar es aproximadamente presión atmosférica.

50 En un aspecto de la invención dicha instalación comprende medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica dentro de dicha al menos una cavidad que da como resultado una fuerza de compresión sobre la superficie de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica de entre 1.000 N y 10.000.000 N, preferiblemente entre 10.000 N y 3.000.000 N y lo más preferiblemente entre 100.000 N y 1.000.000 N.

55 En un aspecto de la invención dicha al menos una cavidad está formada por dicha al menos una primera parte de turbina eólica y dicha al menos una segunda parte de turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicha al menos una cavidad se extiende sustancialmente por toda la longitud de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica.

60 En un aspecto de la invención, dicha al menos una cavidad está situada en, o en proximidad cercana con dichas superficies de contacto.

65 En un aspecto de la invención dichos medios para proporcionar una presión por debajo de la presión atmosférica proporcionan una fuerza de compresión que discurre de manera ininterrumpida por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica.

En un aspecto de la invención dicha fuerza de compresión es además uniforme por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica.

En un aspecto de la invención dicha al menos una primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación están dotadas con al menos un borde de fijación para moldear alrededor al menos un borde de dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica.

En un aspecto de la invención, dicho al menos un borde de fijación sobre dicha al menos una primera unidad de fijación o sobre dicha al menos una segunda unidad de fijación se realiza en un ángulo agudo y dicho al menos uno otro borde de fijación sobre dicha al menos una primera unidad de fijación o sobre dicha al menos una segunda unidad de fijación se realiza sustancialmente rectangular.

En un aspecto de la invención, al menos una de dicha al menos una primera unidad de fijación y dicha al menos una segunda unidad de fijación es un molde, en el que dichas al menos una primera y segunda partes de pala de turbina eólica se moldean.

La invención proporciona además un método para fabricar una pala de turbina eólica, en el que dicha pala de turbina eólica está hecha de madera reforzada con fibra de carbono, un compuesto de fibra de vidrio y resina o cualquier otro material adecuado para realizar palas de turbina eólicas grandes.

La invención proporciona además el uso de una instalación de fabricación de pala de turbina eólica, en la que dicha pala de turbina eólica se hace de madera reforzada con fibra de carbono, un compuesto de fibra de vidrio y resina o cualquier otro material adecuado para realizar palas de turbina eólicas grandes.

## Figuras

La invención se describirá a continuación con referencia a las figuras en las que

la figura 1 ilustra una turbina eólica moderna grande,

la figura 2A ilustra una pala de turbina eólica, vista desde el lateral,

la figura 2B ilustra una sección de una pala de turbina eólica vista desde el lateral,

la figura 3 ilustra una pala de turbina eólica, vista desde la parte frontal,

la figura 4 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte y una segunda parte colocadas una al lado de la otra, vistas desde el pie de la pala,

la figura 5 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte y una segunda parte colocadas una encima de la otra, vistas desde el pie de la pala,

la figura 6 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte y una segunda parte que comprenden cavidades adicionales, vistas desde el pie de la pala,

la figura 7 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte y una segunda parte, vistas desde el pie de la pala,

la figura 8 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte y una segunda parte que comprenden ranuras incrustadas en algunas de las superficies de contacto, vista desde el pie de la pala, y

la figura 9 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte y una segunda parte que comprenden bordes de fijación, vistas desde el pie de la pala.

## Descripción detallada

La figura 1 ilustra una turbina eólica 1 moderna, que comprende una torre 2 y una góndola 3 de turbina eólica situada encima de la torre 2. El rotor 4 de turbina eólica, que comprende tres palas de turbina eólica 5 está conectado a la góndola 3 a través del árbol de baja velocidad que se extiende hacia fuera de la parte frontal de la góndola 3.

La figura 2A ilustra una pala de turbina eólica 5 vista desde el lateral. Tal como se ilustra una pala de turbina eólica 5 conocida en la técnica se realiza a partir de dos mitades de pala sustancialmente idénticas conectadas en una unión 6 mediante un adhesivo. Para mantener las dos mitades de pala presionadas firmemente entre sí mientras el adhesivo está endureciéndose, el método conocido es aplicar presión a las mitades de pala, bien por medio de cintas tensadas alrededor de las mitades, mediante accionadores neumáticos o hidráulicos u otros métodos que aplican presión en varios puntos específicos.

## ES 2 289 613 T3

La figura 2B ilustra una sección de la misma pala de turbina eólica 5 tal como se ilustra en la figura 2A, en la que la forma de onda de la unión 7 se muestra claramente.

Al fabricar palas de turbina eólica 5 utilizando métodos de fabricación tradicionales, la presión no se aplica uniformemente, constantemente o ininterrumpidamente. Esto da como resultado una unión entre las dos mitades de pala con forma de onda 7.

La figura 3 ilustra una pala de turbina eólica, vista desde la parte frontal. La pala de turbina eólica 5 comprende un borde de entrada 17, un borde de salida 18, un borde de punta 19 y un pie 20. La pala normalmente es hueca, excepto por uno o más elementos de refuerzo 16 que se extienden sustancialmente por toda la longitud de la pala 5 o parte de la longitud de las palas 5. Una pala de turbina eólica 5 conocida en la técnica se hace normalmente de un compuesto de fibra de vidrio y resina reforzado por fibra de carbono, madera reforzada de fibra de carbono o una combinación de los mismos.

La figura 4 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte 8 y una segunda parte 11. La primera parte 8 comprende una primera parte de pala de turbina eólica 9 colocada en una primera unidad de fijación 10, que en este caso es el molde en el que la parte de pala 9 se realiza. Asimismo, la segunda parte 11 comprende una segunda parte de pala de turbina eólica 12 colocada en una segunda unidad de fijación 13, que también es el molde en el que la parte de pala 12 se moldea.

En esta realización de la invención, las dos partes 8, 11 sustancialmente simétricas están colocadas una al lado de otra con las superficies externas de las partes de pala 9, 12 dirigidas hacia abajo, durante el moldeo de las partes de pala 9, 12. Cuando las partes de pala 9, 12 se han endurecido, a las superficies de contacto 15 se les dota de un adhesivo, y la segunda parte 11 se gira y se sitúa encima de la primera parte 8, por ejemplo, mediante alguna clase de grúa (como una grúa pórtico) o un equipo de posicionamiento y giratorio de construcción especial. El adhesivo también podría proporcionarse a las superficies de contacto después de que las partes de pala 9, 12 se pongan en contacto entre sí o en una proximidad cercana entre sí.

En esta realización de la invención la segunda parte 11 se coloca encima de la primera parte 8 pero en otra realización de la invención la primera parte 8 podría colocarse encima de la segunda parte 11, o las dos partes 8, 11 podrían colocarse una en contra de la otra, por ejemplo en posición vertical.

En esta realización de la invención las partes 8, 11 sirven para moldear una pala de turbina eólica 5 entera, pero dado que las turbinas eólicas 1 son cada vez más grandes, las palas de turbina eólica 5 están volviéndose gradualmente demasiado largas para transportarse en una pieza. La pala 5 se fabricaría entonces como secciones, que han de ensamblarse en el lugar de montaje de la turbina eólica. En otra realización de la invención las partes 8, 11 y toda la instalación de fabricación podría servir por tanto para fabricar secciones de palas de turbina eólica 5.

La figura 5 ilustra la segunda parte 11 colocada encima de la primera parte 8 haciendo que las dos partes 8, 11 limiten con las superficies de contacto 15 sobre las partes de pala 9, 12. Antes de que la segunda parte 11 se coloque sobre la parte superior de la primera parte 8, se acoplan dos elementos de refuerzo 16 a la primera parte de pala 9, por ejemplo mediante un adhesivo. Cuando la segunda parte de pala 12 se coloca encima de la primera 9, y los elementos de refuerzo 16 se acoplan a la segunda parte de pala 12, los elementos de refuerzo 16 forman soportes transversales haciendo a la pala 5 más rígida y ayudando a la pala a mantener su forma.

En otra realización de la invención la pala 5 podría dotarse con más de dos elementos de refuerzo 16 yuxtapuestos, por ejemplo, tres, cuatro o seis elementos, y algunos o todos los elementos 16 podrían colocarse dentro de la pala 5 después de que las dos partes 8, 11 se coloquen una sobre la otra, o las partes de pala de turbina eólica 9, 12 podrían realizarse tan fuertes de manera que no sean necesarios elementos de refuerzo 16.

En otra realización de la invención la pala 5 también podría dotarse de solamente un elemento de refuerzo 16, por ejemplo en forma de una viga. Esta viga podría ser el elemento que soporta toda la pala 5, y las partes de pala 9, 12 podrían ser entonces sólo revestimientos relativamente delgados, previstos principalmente para proporcionar a la pala su forma aerodinámica.

En esta realización de la invención las dos partes de molde 10, 13 forman una cavidad 14a que está sustancialmente cerrada en todo su contorno, excepto en el pie de la pala 5, en el que medios para la evacuación de aire, tales como una bomba de vacío, pueden acoplarse a las partes de molde 10, 13. Cuando se establece un vacío parcial dentro de la cavidad 14a, el aire fuera de las dos partes de molde 10, 13 presionará contra las partes de molde 10, 13. Estas partes de molde 10, 13 presionarán entonces contra toda la superficie exterior de las partes de pala 9, 12, y particularmente en contra de las superficies de contacto 15 tanto en la unión 6 mediante el borde de entrada 17 y el borde de salida 18, como también mediante los elementos de refuerzo 16 de las superficies de contacto 15.

Dado que la pala de turbina eólica 5 no es uniforme en toda la longitud de la pala 5, la fuerza de compresión producida por el vacío parcial tampoco es uniforme porque la magnitud de la presión está definida por el tamaño del vacío, multiplicado por el área proyectada al que afecta. Pero aunque la carga no es uniforme, todavía discurre de manera ininterrumpida por toda la longitud de la pala 5 y la variación en la fuerza de compresión es relativamente pequeña y se distribuye por distancias relativamente grandes.

## ES 2 289 613 T3

La figura 6 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte 8 y una segunda parte 11 vista desde el pie 20 de la pala. En esta realización de la invención, las unidades de fijación 10, 13, que en este caso son los moldes en los que las partes de pala 9, 12 se realizan, forman una parte de dos cavidades 14b adicionales que discurren a lo largo de las uniones 6, en el borde de entrada 17 y el borde de salida 18 en toda la longitud de la pala 5. Los medios de sellado 22, tales como una placa o una lona alquitranada rígida se proporcionan a estas cavidades 14b para sellar los lados, se proporciona un enchufe para sellar uno de los extremos de la cavidad 14b y medios que proporcionan vacío parcial están acoplados a los otros extremos. En otra realización de la invención las dos cavidades adicionales 14b podrían unirse en un extremo, de manera que solamente necesita enchufarse una abertura, estando situada esta abertura al lado de la abertura en la que los medios de bomba han de acoplarse, por ejemplo, en el extremo de pie 20 de la pala 5.

En otra realización de la invención, las unidades de fijación 10, 13 podrían realizarse de una manera en la que, excepto la abertura para acoplar, por ejemplo, una bomba de vacío, las cavidades 14b estarían completamente selladas, cuando las dos partes 8, 11 se ponen en contacto entre sí.

Cuando se evacua aire desde las cavidades 14b, las dos unidades de fijación 10, 13 se presionarán una contra la otra y producirán la fuerza de compresión necesaria, durante el endurecimiento del adhesivo proporcionado a las superficies de contacto 15.

En esta realización de la invención, las cavidades 14b son sustancialmente uniformes por toda la longitud de la pala 5, produciendo una fuerza de compresión sustancialmente uniforme e ininterrumpida por toda la longitud de la pala 5, pero en otra realización, el área proyectada de las cavidades 14b podría variar por toda la longitud de la pala 5, para producir una carga variable adaptada a la necesidad específica.

La figura 7 ilustra una sección transversal vertical de una realización similar de la invención como la ilustrada en la figura 6, vista desde el pie 20 de la pala. Aunque las unidades de fijación 10, 13 formen una parte de dos cavidades 14b adicionales el vacío parcial se establece dentro de la parte de las dos unidades de fijación 10, 13 que rodean las partes de pala 9, 12. En otra realización de la invención el vacío parcial podría establecerse tanto en la parte de las dos unidades de fijación 10, 13 que rodea las partes de pala 9, 12 y en las cavidades 14b adicionales.

La figura 8 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte 8 y una segunda parte 11 que comprenden ranuras 21 incrustadas en las superficies de contacto 15 de las segundas partes de turbina eólica 12, visto desde el pie 20 de la pala 5. En esta realización de la invención, el vacío parcial se establece dentro de estas ranuras 21, proporcionando la fuerza de compresión exactamente donde es necesaria e independientemente de las unidades de fijación 10, 13 o del diseño de las mismas.

En otra realización de la invención el vacío parcial podría establecerse dentro de toda la cavidad 14d formada por la primera parte de turbina eólica 9 y la segunda parte de pala de turbina eólica 9.

La figura 9 ilustra una sección transversal vertical de una primera parte 8 y una segunda parte 11 que comprenden bordes de fijación 23, 24, visto desde el pie 20 de la pala 5. Para asegurar que las superficies de contacto 15 mantienen sus posiciones durante el endurecimiento de las partes de pala 9, 12 y el manejo subsiguiente los bordes de las partes de pala 9, 12 se moldean alrededor de los bordes de fijación 23, 24 sobre las unidades de fijación 10, 13.

La segunda parte de pala de turbina eólica 12 está moldeada alrededor de un borde de fijación 23 en ángulo agudo sobre la segunda unidad de fijación 13 para ayudar a fijar la parte de pala 12 durante una rotación y colocación encima de la primera parte 8. La primera parte de pala de turbina eólica 9 está moldeada alrededor de un borde de fijación 24 rectangular sobre la primera unidad de fijación 10, porque un borde de fijación 24 rectangular hace más fácil extraer la pala 5 de la unidad de fijación 10. El material sobrante puede cortarse durante el proceso de acabado de la pala 5.

En otra realización de la invención ambos bordes de fijación 23, 24 podrían realizarse en ángulo agudo o ambos podrían ser rectangulares.

La invención se ha ejemplificado anteriormente con referencia a ejemplos específicos de palas de turbina eólica 5 e instalaciones de fabricación de pala de turbina eólica. Sin embargo debería entenderse que la invención no está limitada a los ejemplos particulares descritos anteriormente sino que puede diseñarse y modificarse en una multitud de variedades dentro del alcance de la invención tal como se especifica en las reivindicaciones.

### Lista

- 1 Turbina eólica
- 2 Torre
- 3 Góndola
- 4 Rotor

## ES 2 289 613 T3

- 5 Pala
- 6 Unión
- 5 7 Unión con forma de onda
- 8 Primera parte
- 9 Primera parte de turbina eólica
- 10 10 Primera unidad de fijación
- 11 Segunda parte
- 15 12 Segunda parte de turbina eólica
- 13 Segunda unidad de fijación
- 14a cavidad definida por las partes de las unidades de fijación que rodean las partes de pala
- 20 14b cavidad definida por las partes de las unidades de fijación que discurren al lado de las partes de pala
- 14c cavidad definida por ranuras en las superficies de contacto
- 25 14d cavidad definida por las partes de pala
- 15 superficies de contacto
- 16 Elemento de refuerzo
- 30 17 Borde de entrada
- 18 Borde de salida
- 35 19 Borde de punta
- 20 Pie
- 21 Ranura
- 40 22 Medios de sellado
- 23 Borde de fijación en ángulo agudo
- 45 24 Borde de fijación rectangular

50

55

60

65

# REIVINDICACIONES

1. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5), comprendiendo dicho método las etapas de:
  - establecer al menos una primera parte (8) que comprende al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) en al menos una primera unidad de fijación (10),
  - establecer al menos una segunda parte (11) que comprende al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12) en al menos una segunda unidad de fijación (13),
  - situar dicha al menos una primera parte (8) en contacto con, o en proximidad cercana con, dicha al menos una segunda parte (11), y
  - establecer una presión por debajo de la presión atmosférica, forzando dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12) una contra otra y/o forzando al menos una de las partes de pala de turbina eólica contra la al menos una otra.
2. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 1, en el que dicho método implica la etapa de situar uno o más elementos de refuerzo (16) sobre dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) y/o sobre dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12).
3. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9), dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12) y uno o más elementos de refuerzo (16) comprenden superficies de contacto (15) correspondientes.
4. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 3, en el que dichas superficies de contacto (15) se extienden a lo largo de uno o más de los siguientes: borde de entrada (17), borde de salida (18), borde de punta (19) y el pie (20).
5. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 3 ó 4, en el que dicho método implica la etapa de aplicar medios adhesivos a todas o algunas de dichas superficies de contacto (15) antes de colocar dicha al menos una primera parte (8) en proximidad cercana con dicha al menos una segunda parte (11).
6. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha presión por debajo de la presión atmosférica se establece en al menos una cavidad (14a, 14b, 14c, 14d) formada por dicha al menos una primera parte (8) y dicha al menos una segunda parte (11).
7. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 6, en el que dicha al menos una cavidad (14a, 14b) está formada completa o parcialmente por dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13).
8. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 7, en el que dicha al menos una cavidad (14b) es al menos dos cavidades separadas (14b), por ejemplo que se extienden a lo largo de al menos una unión (6) mediante el borde de entrada (17) y a lo largo de al menos una unión (6) mediante el borde de salida (18) de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).
9. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 8, en el que dicha al menos una cavidad (14b) se extiende sustancialmente por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).
10. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en el que dicho método implica la etapa de sellar dicha al menos una cavidad (14b) antes de que se establezca dicha presión por debajo de la presión atmosférica.
11. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 10, en el que dicho sellado implica dotar a dicha al menos una cavidad (14b) con uno o más medios de sellado (22).
12. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según las reivindicaciones 10 u 11, en el que dicho sellado implica enchufar al menos un extremo de dicha al menos una cavidad (14b) y conectar al menos una bomba de vacío directa o indirectamente a dicho al menos uno otro extremo de dicha al menos una cavidad (14).

13. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, en el que dichas cavidades (14b) tienen una extensión de entre 10 mm y 1000 mm, preferiblemente entre 50 mm y 500 mm y lo más preferiblemente entre 100 mm y 350 mm en una dirección perpendicular a la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12) y paralela a una línea a través de dicho borde de entrada (17) y dicho borde de salida (18) de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).
14. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, en el que dicho establecimiento de dicha presión por debajo de la presión atmosférica da como resultado un vacío parcial dentro de dicha al menos una cavidad (14b) de entre 0,1 bar y 0,95 bar, preferiblemente entre 0,3 bar y 0,9 bar y lo más preferiblemente entre 0,6 bar y 0,85 bar, donde 0 bar es vacío absoluto y 1 bar es aproximadamente presión atmosférica.
15. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 14, en el que dicha una presión por debajo de la presión atmosférica dentro de dicha al menos una cavidad (14b) da como resultado una fuerza de compresión sobre la superficie de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica (9, 12) de entre 1.000 N y 10.000.000 N, preferiblemente entre 10.000 N y 3.000.000 N y lo más preferiblemente entre 100.000 N y 1.000.000 N.
16. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 7, en el que dicha al menos una cavidad (14a) está formada por las partes de dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) que rodean dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica(9) y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12).
17. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 16, en el que dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) forman adicionalmente al menos dos cavidades separadas (14b), por ejemplo que se extienden a lo largo de al menos una unión (6) mediante el borde de entrada (17) y a lo largo de al menos una unión (6) mediante el borde de salida (18) de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).
18. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según las reivindicaciones 16 ó 17, en el que dicho establecimiento de dicha presión por debajo de la presión atmosférica da como resultado un vacío parcial dentro de dicha al menos una cavidad (14a, 14b) de entre 0,1 bar y 0,995 bar, preferiblemente entre 0,5 bar y 0,99 bar y lo más preferiblemente entre 0,8 bar y 0,98 bar, donde 0 bar es vacío absoluto y 1 bar es aproximadamente presión atmosférica.
19. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 16 a 18, en el que dicha una presión por debajo de la presión atmosférica dentro de dicha al menos una cavidad (14a, 14b) da como resultado una fuerza de compresión sobre la superficie de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica (9, 12) de entre 1.000 N y 10.000.000 N, preferiblemente entre 10.000 N y 3.000.000 N y lo más preferiblemente entre 100.000 N y 1.000.000 N.
20. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 6, en el que dicha al menos una cavidad (14c, 14d) está formada por dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12).
21. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 20, en el que dicha al menos una cavidad (14c, 14d) se extiende sustancialmente por toda la longitud de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica (9, 12).
22. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 20, en el que dicha al menos una cavidad (14c) está situada en, o en proximidad cercana con, dichas superficies de contacto (15).
23. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicha presión por debajo de la presión atmosférica proporciona una fuerza de compresión que discurre de manera ininterrumpida por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).
24. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 23, en el que dicha fuerza de compresión es además uniforme por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).
25. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que dicho método implica la etapa de moldear dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12) alrededor de al menos un borde de fijación (23, 24) sobre dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13).

## ES 2 289 613 T3

26. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según la reivindicación 25, en el que dicho al menos uno borde de fijación (23, 24) sobre dicha al menos una primera unidad de fijación (10) o sobre dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) se realiza en un ángulo agudo y dicho al menos uno otro borde de fijación (23, 24) sobre dicha al menos una primera unidad de fijación (10) o sobre dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) se realiza sustancialmente rectangular.

27. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) o una sección de una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que al menos una de dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) es un molde, en el que se moldean dichas al menos unas primera y segunda partes de pala de turbina eólica (9, 12).

28. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica que comprende  
al menos una primera parte (8) que comprende al menos una primera unidad de fijación (10), adaptada para fijar al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9),

al menos una segunda parte (11) que comprende al menos una segunda unidad de fijación (13), adaptada para fijar al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12), y

medios para situar dicha al menos una primera parte (8) en contacto con o en proximidad cercana con dicha al menos una segunda parte (11)

**caracterizada** porque dicha instalación de fabricación comprende además medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica, forzando dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12) una contra otra y/o forzando al menos una de las partes de pala de turbina eólica (9, 12) contra la al menos una otra.

29. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 28, en la que dicha instalación comprende medios para situar uno o más elementos de refuerzo (16) sobre dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) y/o sobre dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12).

30. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 28 ó 29, en la que dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9), dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12) y uno o más elementos de refuerzo (16) comprenden superficies de contacto (15) correspondientes.

31. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 30, en la que dichas superficies de contacto (15) se extienden a lo largo de uno o más de los siguientes: borde de entrada (17), borde de salida (18), borde de punta (19) y el pie (20).

32. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 30 ó 31, en la que dicha instalación comprende medios para aplicar un adhesivo a todas o algunas de dichas superficies de contacto (15).

33. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 28 a 32, en la que dicha al menos una primera parte (8) y dicha al menos una segunda parte (11) forman al menos una cavidad (14a, 14b, 14c, 14d) cuando se sitúan en contacto con o en proximidad cercana entre sí.

34. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 33, en la que dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) forman parcial o completamente al menos una cavidad (14a, 14b) cuando están situadas en contacto con o en proximidad cercana entre sí.

35. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 34, en la que dicha al menos una cavidad (14a, 14b) se extiende sustancialmente por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).

36. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 35, en la que dicha al menos una cavidad (14b) es al menos dos cavidades separadas (14b), por ejemplo que se extienden a lo largo de al menos una unión (6) mediante el borde de entrada (17) y a lo largo de al menos una unión (6) mediante el borde de salida (18) de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).

37. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 34 a 36, en la que dicha instalación comprende medios para sellar dicha al menos una cavidad (14b).

38. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 37, en la que dichos medios de sellado comprenden uno o más enchufes para enchufar al menos un extremo de dicha al menos una cavidad (14b) y al menos una bomba de vacío para conectar directa o indirectamente a dicho al menos uno otro extremo de dicha al menos una cavidad (14b).

## ES 2 289 613 T3

39. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 34 a 38, en la que dichas cavidades (14b) tienen una extensión de entre 10 mm y 1000 mm, preferiblemente 50 mm y 500 mm y lo más preferible entre 100 mm y 350 mm en una dirección perpendicular a la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12) y paralela a una línea a través de dicho borde de entrada (17) y dicho borde de salida (18) de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).

40. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 34 a 39, en la que dichos medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica son capaces de producir un vacío parcial, dentro de dicha al menos una cavidad (14b), de entre 0,1 bar y 0,95 bar, preferiblemente entre 0,3 bar y 0,9 bar y lo más preferible entre 0,6 bar y 0,85 bar, donde 0 bar es vacío absoluto y 1 bar es aproximadamente presión atmosférica.

41. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 34 a 40, en la que dicha instalación comprende medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica dentro de dicha al menos una cavidad (14b) que da como resultado una fuerza de compresión sobre la superficie de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica (9, 12) de entre 1.000 N y 10.000.000 N, preferiblemente entre 10.000 N y 3.000.000 N y lo más preferiblemente entre 100.000 N y 1.000.000 N.

42. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 34, en la que dicha al menos una cavidad (14a) está formada por las partes de dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) que rodean dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12).

43. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 42, en la que dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) forman adicionalmente al menos dos cavidades separadas (14b), por ejemplo que se extienden a lo largo de al menos una unión (6) mediante el borde de entrada (17) y a lo largo de al menos una unión (6) mediante el borde de salida (18) de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).

44. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 42 ó 43, en la que dichos medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica son capaces de producir un vacío parcial dentro de dicha al menos una cavidad (14a, 14b) de entre 0,1 bar y 0,995 bar, preferiblemente entre 0,5 bar y 0,99 bar y lo más preferiblemente entre 0,8 bar y 0,98 bar, donde 0 bar es vacío absoluto y 1 bar es aproximadamente presión atmosférica.

45. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 42 a 44, en la que dicha instalación comprende medios para establecer una presión por debajo de la presión atmosférica dentro de dicha al menos una cavidad (14a, 14b) que da como resultado una fuerza de compresión sobre la superficie de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica de entre 1.000 N y 10.000.000 N, preferiblemente entre 10.000 N y 3.000.000 N y lo más preferiblemente entre 100.000 N y 1.000.000.

46. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 33, en la que dicha al menos una cavidad (14c, 14d) está formada por dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12).

47. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 46, en la que dicha al menos una cavidad (14c, 14d) se extiende sustancialmente por toda la longitud de dicha al menos una parte de pala de turbina eólica (9, 12).

48. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 47, en la que dicha al menos una cavidad (14c) está situada en, o en proximidad cercana con, dichas superficies de contacto (15).

49. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 28 a 48, en la que dicho medios para proporcionar una presión por debajo de la presión atmosférica proporcionan una fuerza de compresión que discurre de manera ininterrumpida por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).

50. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 49, en la que dicha fuerza de compresión es además uniforme por toda la extensión longitudinal de dichas partes de pala de turbina eólica (9, 12).

51. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 28 a 50, en la que dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) están dotadas con al menos un borde de fijación (23, 24) para moldear alrededor al menos un borde de dicha al menos una primera parte de pala de turbina eólica (9) y dicha al menos una segunda parte de pala de turbina eólica (12).

52. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según la reivindicación 51, en la que dicho al menos un borde de fijación (23, 24) sobre dicha al menos una primera unidad de fijación (10) o sobre dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) se realiza en un ángulo agudo y dicho al menos uno otro borde de fijación (23, 24) sobre dicha

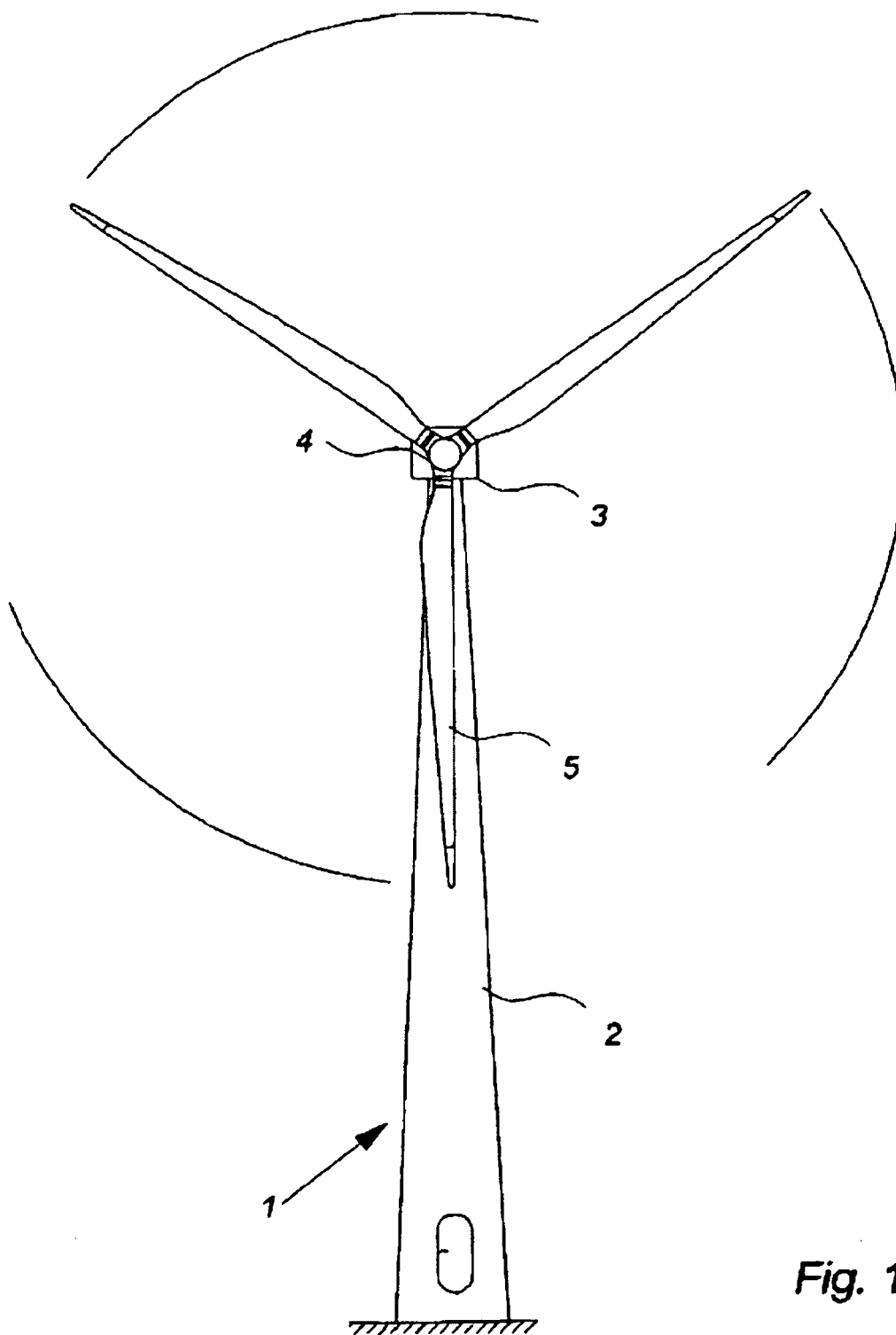
## ES 2 289 613 T3

al menos una primera unidad de fijación (10) o sobre dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) se realiza sustancialmente rectangular.

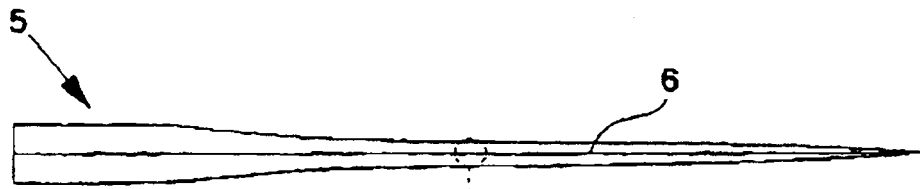
53. Instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 28 a 52, en la que al menos una de dicha al menos una primera unidad de fijación (10) y dicha al menos una segunda unidad de fijación (13) es un molde, en el que se moldean dichas al menos unas primera y segunda partes de pala de turbina (9, 12).

54. Método para fabricar una pala de turbina eólica (5) según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 27, en el que dicha pala de turbina eólica (5) está hecha de madera reforzada con fibra de carbono, compuesto de fibra de vidrio y resina o cualquier otro material adecuado para realizar palas de turbina eólicas (5) grandes.

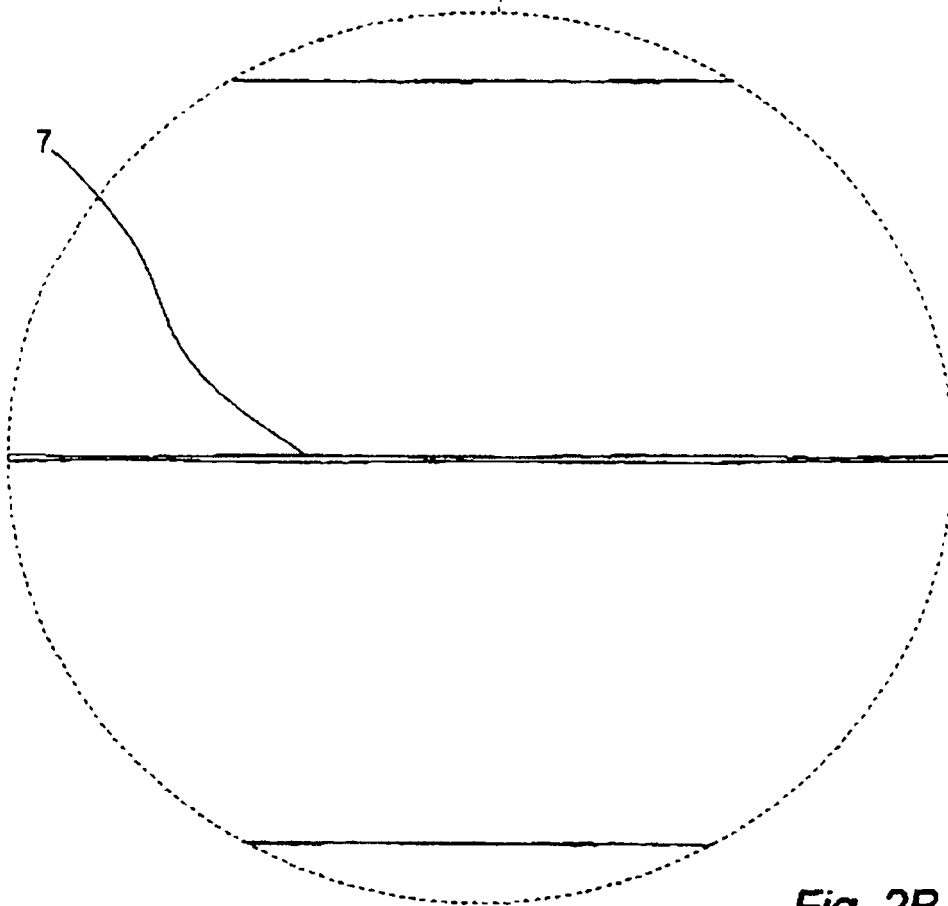
55. Uso de una instalación de fabricación de pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 28 a 53, en el que dicha pala de turbina eólica (5) está hecha de madera reforzada con fibra de carbono, compuesto de fibra de vidrio y resina o cualquier otro material adecuado para realizar palas de turbina eólicas (5) grandes.



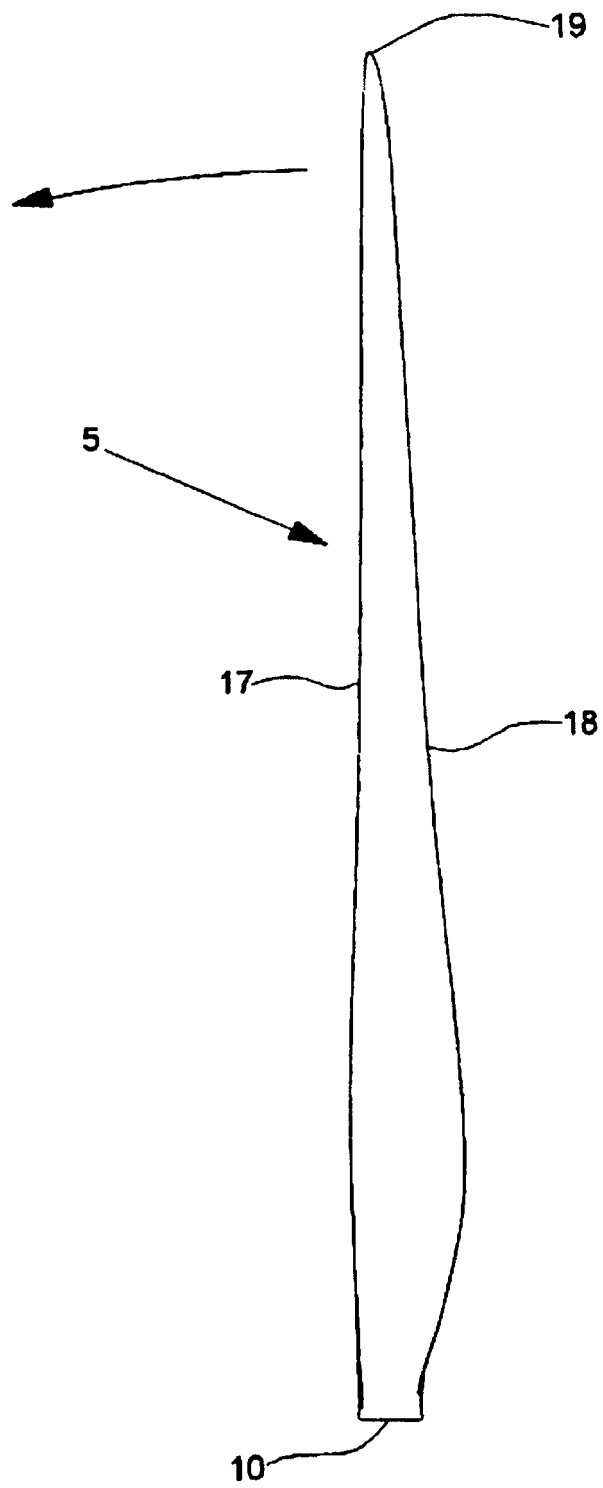
*Fig. 1*



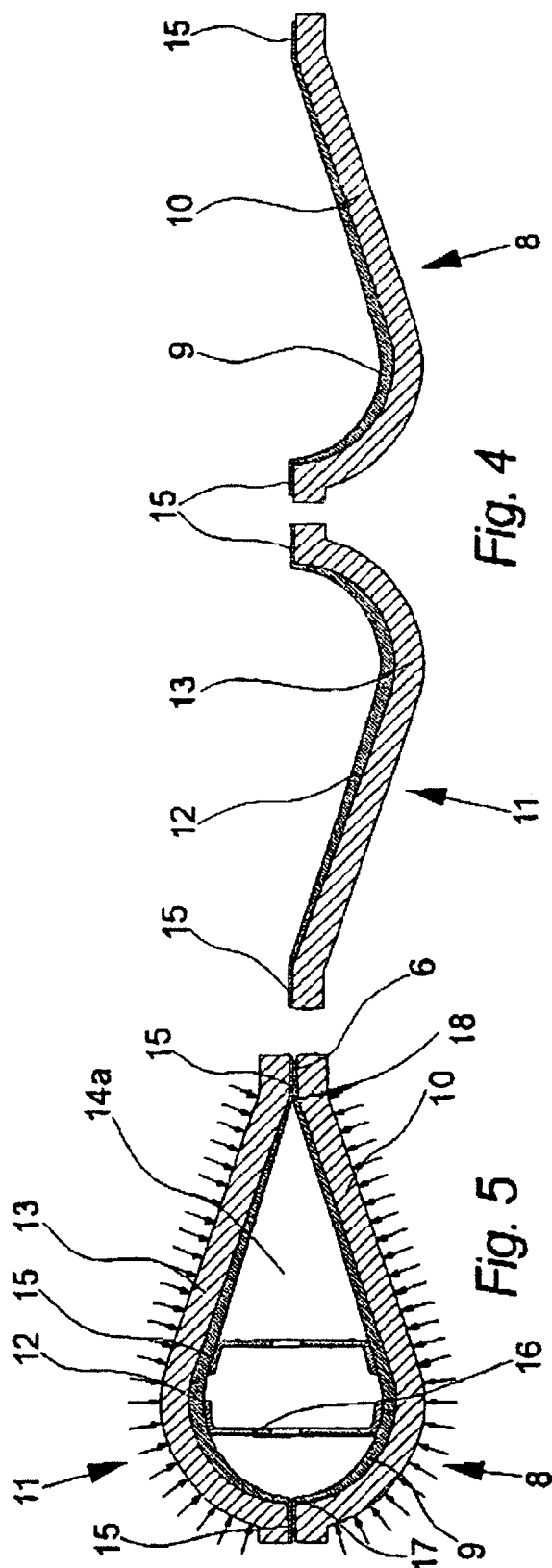
*Fig. 2A*



*Fig. 2B*



*Fig. 3*



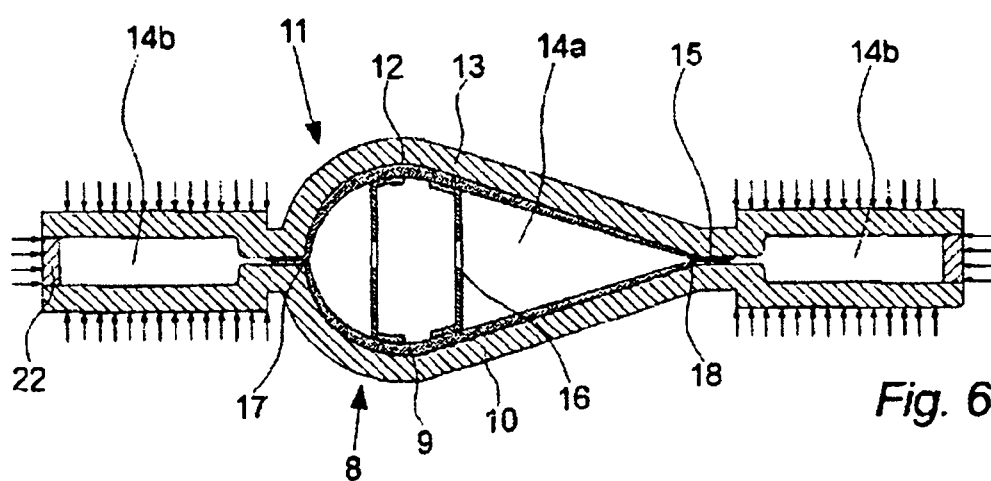


Fig. 6

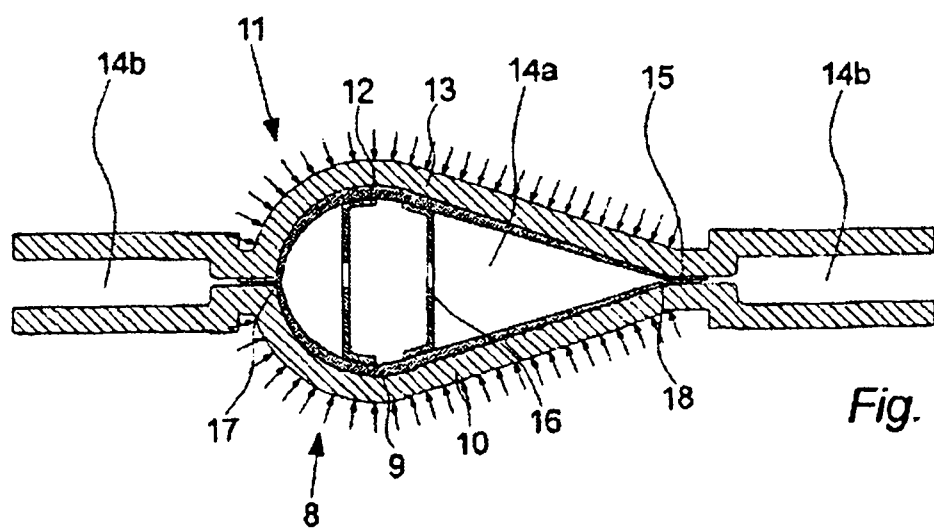
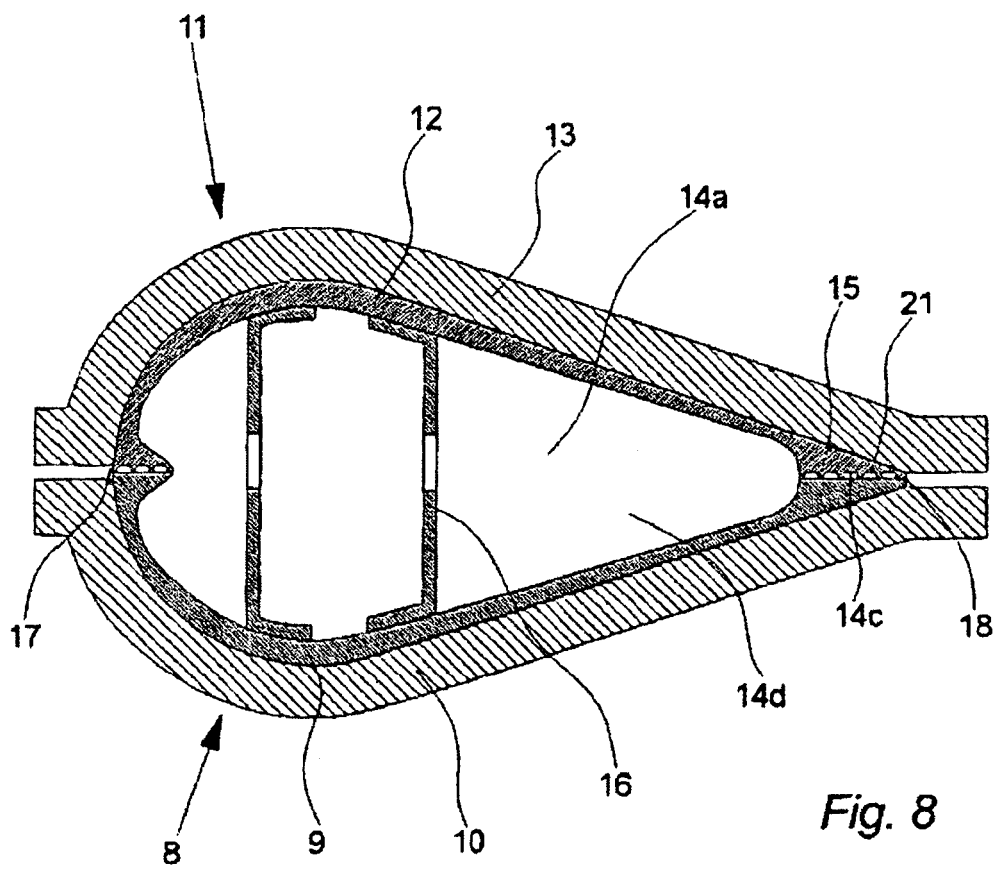
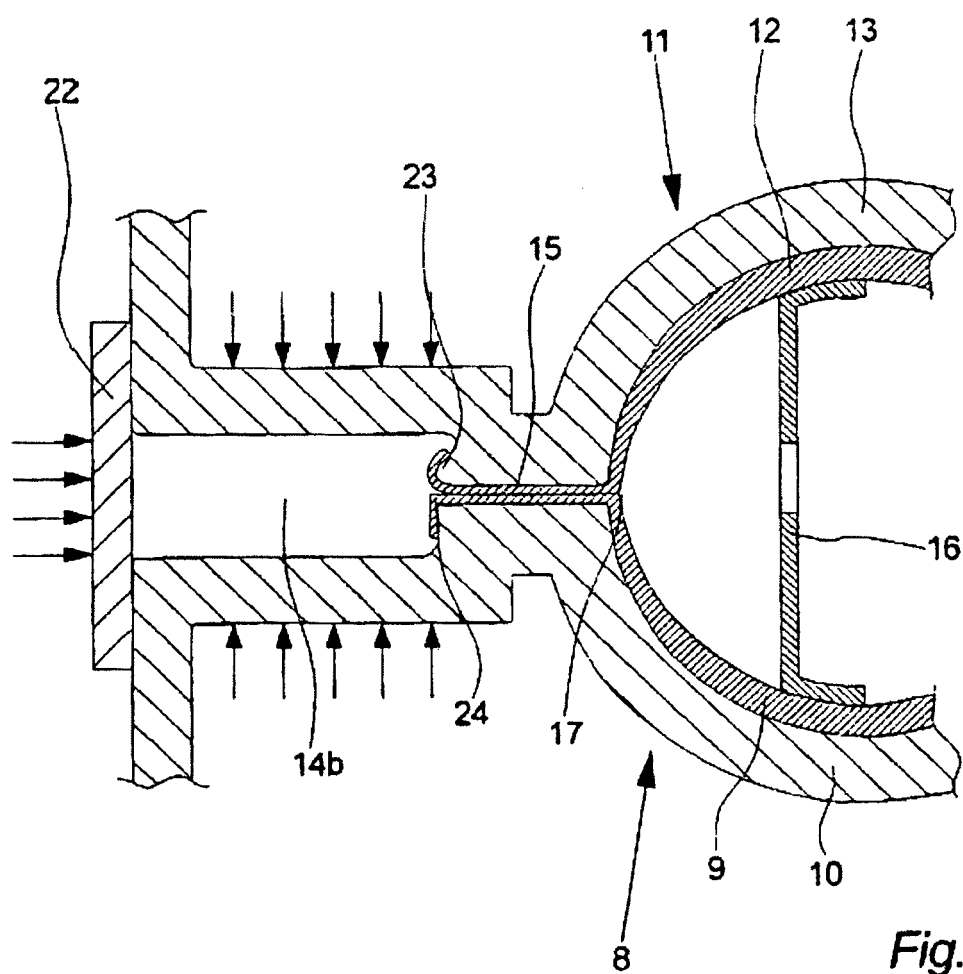


Fig. 7





*Fig. 9*