

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 401 887**

51 Int. Cl.:

<b>B29D 99/00</b>	(2010.01) <b>B29K 105/04</b>	(2006.01)
<b>B29C 70/34</b>	(2006.01) <b>B29K 309/08</b>	(2006.01)
<b>B29C 70/84</b>	(2006.01)	
<b>B29C 65/00</b>	(2006.01)	
<b>F03D 1/06</b>	(2006.01)	
<b>B29C 69/00</b>	(2006.01)	
<b>B29L 31/08</b>	(2006.01)	
<b>B29L 22/00</b>	(2006.01)	
<b>B29K 63/00</b>	(2006.01)	
<b>B29K 105/06</b>	(2006.01)	

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.05.2009 E 09746796 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **19.12.2012 EP 2285553**

54 Título: **Un método de fabricación de una mitad de pala de turbina y un método de fabricación de una pala de turbina**

30 Prioridad:

**16.05.2008 NL 1035427**  
**25.08.2008 NL 1035861**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**25.04.2013**

73 Titular/es:

**XEMC DARWIND B.V. (100.0%)**  
**Oude Enghweg 2**  
**1217 JC Hilversum, NL**

72 Inventor/es:

**WANSINK, GERRIT JAN**

74 Agente/Representante:

**ESPIELL VOLART, Eduardo María**

**ES 2 401 887 T3**

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

**DESCRIPCIÓN**

Un método de fabricación de una mitad de pala de turbina y un método de fabricación de una pala de turbina.

5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de una mitad de pala de turbina mediante moldeo por infusión de resina.

10 En los últimos años el desarrollo de la producción serie de turbinas eólicas ha sido cada vez más grande, tanto en número como en tamaño. Este proceso demanda componentes y métodos de fabricación mejores y más rentables, lo que es particularmente cierto para las palas de turbinas eólicas, cuya fabricación requiere mucho tiempo. Las palas de turbina eólicas conocidas en el estado de la técnica están fabricadas normalmente de una matriz plástica sobre fibra de vidrio reforzada con metal, madera o fibra de carbono. Las palas se fabrican normalmente mediante moldeo y endurecido de dos mitades de pala en dos moldes independientes. Consecuentemente, el área superficial de las dos mitades que se conectan contienen un adhesivo (resina epoxi) y las mitades se colocan encima de las otras y se conectan, por ejemplo utilizando el método descrito en EP1695813. Normalmente una pala de turbina eólica contiene un elemento de refuerzo, tal como por ejemplo un larguero. Tales elementos de refuerzo incrementan la robustez y ayudan a mantener la forma aerodinámica de la pala de turbina eólica.

20 Un problema en la fabricación de palas de turbina es que requiere mucho tiempo y es cara. Por ejemplo, los moldes de las mitades de una pala de turbina eólica de 55 m de longitud pueden costar un millón de euros. Este hecho afecta de manera significativa en el coste si la fabricación de una pala de turbina es lenta.

25 Por tanto, el objetivo de la presente invención es proporcionar un método de fabricación de una mitad de pala de turbina en menos tiempo.

En este sentido, la invención proporciona un método de fabricación de una mitad de pala de turbina mediante moldeo por infusión de resina, según la reivindicación 1.

30 De este modo la presente invención integra en una misma etapa el endurecimiento de la concha de pala de turbina y la fijación del elemento de refuerzo a la concha de pala de turbina. En la presente solicitud, el término "pala de turbina", o simplemente pala, incluye una sección de una pala de turbina, tal como por ejemplo la de una pala de turbina controlada por pérdida aerodinámica. Convenientemente, la resina empleada en el método es una resina convencionalmente usada en la fabricación de palas de turbinas eólicas mediante moldeo por inyección de resina (Resin Injection Moulding, RIM). Una resina normal empleada en RIM es la resina epoxi que se endurece aplicando calor, por ejemplo a 75°C. De manera similar las telas de fibra son preferentemente telas de fibra de vidrio. Si uno tuviera que envolver una cuerda alrededor de una resina endurecida conectando el elemento de refuerzo a la concha de la pala de turbina, en general al menos el 40%, preferentemente al menos el 60% y más preferentemente al menos el 80% del área superficial contenida por la cuerda es una resina endurecida que no contiene espuma. En general, mientras se encuentra bajo presión reducida la parte del elemento de refuerzo más cercana al laminado de telas de fibra estará a una distancia inferior a 3 mm, tal como por ejemplo a 2 mm del laminado de telas de fibra. Preferiblemente el término "sobre" significa "encima de".

45 De acuerdo con la invención, el elemento de refuerzo es un elemento de fibra reforzada que comprende resina endurecida.

50 El resultado es una mitad de pala de turbina ligera y construida también a partir de componentes que tienen en gran medida un comportamiento térmico similar (expansión/contracción debido a la temperatura). La resina es preferentemente del mismo tipo, es decir que intervienen el mismo tipo de grupos químicos que los que intervienen en la reacción de endurecimiento. Esto aumenta la unión de la concha al elemento de refuerzo. Convenientemente, la resina endurecida es la misma que la usada en la mitad de pala de turbina.

55 Según una forma preferida de realización de la invención, el elemento de fibra reforzada comprende una base, siendo el elemento de la fibra reforzada una resina endurecida mientras un forro para aumentar el área superficial esté presente contra la base, y el método comprende la etapa de retirada del forro antes de la colocación del elemento de refuerzo sobre las telas de fibra en el molde.

60 Según una forma preferida de realización de la invención, el elemento de refuerzo comprende una base alargada, una pared longitudinal que se extiende desde dicha base, y un reborde que se extiende desde dicha pared en un borde de la misma opuesto a la zona donde la pared se extiende desde la base.

Dicho reborde puede, y podrá, ser usado para unirlo al correspondiente reborde de una segunda mitad de pala de turbina para obtener una pala de turbina. Esto aumenta el área superficial sobre el cual los elementos de refuerzo de

ambas mitades se unen, y por tanto aumenta la robustez. Un reborde sustancialmente paralelo a la base facilita la aplicación de una resina endurecible.

Más preferentemente, se usa un elemento de refuerzo que posee:

- una base alargada
- dos paredes longitudinales que se extienden de la base alargada desde los bordes opuestos de dicha base alargada,

en el cual cada respectiva pared longitudinal posee un reborde que se extiende desde cada pared, extendiéndose los rebordes de manera que se alejan el uno del otro.

De esta manera se obtiene una mitad de pala turbina fuerte pero aún así robusta.

Según una forma preferida de realización de la invención, la concha de pala de turbina tiene un borde de ataque y un borde de salida, y los rebordes poseen una área superficial opuesta a la base, encontrándose dicha área superficial comprendida en un plano definido por el borde de ataque y el borde de salida.

Los rebordes se conectarán a los rebordes opuestos de otra mitad de pala de turbina. Esto permite la fabricación de una pala de turbina que presenta una mayor robustez, porque cuando está sometida al viento la tensión de cizalladura en la zona de unión es mínima.

Según una forma preferida de realización de la invención, el elemento de refuerzo está fijado a un film de sellado con una película sellante de doble cara.

Esta manera es muy conveniente para lograr un sellado satisfactorio con el fin de introducir la resina bajo presión reducida, cuya presión es normalmente del orden del 2% de la presión atmosférica. Para trabajar de manera más práctica, el elemento de refuerzo es el que presenta la película sellante de doble cara, por lo que el fabricante de la mitad de pala de turbina sólo tiene que tratar con el film de sellado. Una película sellante es un tipo especial de cinta adhesiva de doble cara que es no-porosa, y por esta razón es capaz de mantener el vacío.

La presente invención también se refiere a un método de fabricación de una pala de turbina eólica, según la reivindicación 7.

La periferia de la segunda mitad de pala de turbina es, al menos en lo que concierne los bordes de ataque y de salida, una imagen especular de la primera mitad de pala de turbina, es decir, es congruente (del mismo tamaño y forma). Preferiblemente, la segunda mitad de la pala de turbina también se fabrica usando el método de producción de una mitad de pala de turbina de acuerdo con la presente invención.

Según una importante forma de realización de la invención, cada mitad de de pala de turbina comprende un elemento de refuerzo que posee un reborde, y los rebordes de las mitades de pala de turbina opuestas se conectan.

Esto resulta en una pala de turbina eólica muy robusta.

Generalmente, las mitades se conectan mediante el uso de una resina endurecible.

Esta resina endurecible es preferentemente la misma que se usa en la fabricación de las mitades de pala de turbina, excepto en que contiene un relleno para aumentar su viscosidad. Además o alternativamente, puede tener un mayor peso molecular.

Todas las formas preferidas de realización que se discuten en el método de fabricación de una mitad de pala de turbina se aplican igualmente al método de fabricación de la pala de turbina completa y están cubiertos por la presente solicitud, aunque no se repetirá más para poder ser más concisos.

La presente invención se ilustrará con referencia a los dibujos que se acompañan en los cuales

Las figuras 1a-d muestran, en secciones transversales, etapas en la fabricación de la mitad de una pala de turbina;

La figura 2 muestra un alzado de la pala mostrada en la fig 1; y

La figura 3 muestra una etapa de la fabricación de una pala de turbina.

Con referencia ahora a las figuras 1a-d detalla el método de fabricación de una mitad de una pala de turbina de resina epoxi reforzada con tela de fibra de vidrio. La técnica para fabricar una mitad de una pala de turbina de resina epoxi reforzada con tela de fibra de vidrio es conocida en el estado de la técnica, por lo cual la descripción se centrará en el modo en la cual el método según la presente invención difiere del método conocido.

La figura 1a muestra un molde 3 para una concha de una pala de turbina eólica. El molde 3 contiene un laminado de telas de fibra de vidrio 4. Otros tipos de telas pueden también ser usadas, como por ejemplo laminado de telas hechas de súper fibras. Encima del laminado de telas de fibra de vidrio se coloca además una tela 5 (figura 1b), también conocida como una malla de infusión que posee una estructura más abierta que el laminado de telas de fibra de vidrio 4. Esta tela 5 puede o no estar hecha de un material reforzado tal como por ejemplo fibra de vidrio, fibra de carbono, Dyneema, etc.

Una viga en forma de "U" que tiene una base alargada 7 (figura 2), dos paredes laterales 8, 8' que se extienden a lo largo de la base 7, y unos rebordes 9, 9' se colocan encima de la tela 5. La tela 5 ayudará a asegurar que la resina epoxi alcanzará cada parte del laminado de telas de fibra de vidrio 4, incluso si está debajo de la viga en forma de "U" 6. La viga en forma de "U" 6 es un elemento de refuerzo, y proporcionará una mejor robustez estructural a la pala de turbina final 123 y ayudará a mantener su forma aerodinámica. La viga en forma de "U" 6 está hecha de un laminado de telas de fibra de vidrio y una resina epoxi, tal como se conoce en el estado de la técnica. La resina epoxi puede haberse endurecido en contacto con una capa pelada textil, tal como por ejemplo un tejido pelable hecho con un monofilamento de nylon, situado en el lado opuesto de la base respecto a las paredes laterales. Esta capa pelada (no mostrada en las figuras) se retira antes de que la viga en forma de "U" 6 se coloque encima de la tela 5, proporcionando una superficie rugosa de mayor área superficial para aumentar así la fortaleza de unión entre la viga en forma de "U" 6 y la resina epoxi en el proceso más adelante. Retirando el tejido pelable justo antes de colocar la viga en forma de "U" encima de la tela 5, se consigue además que el área de superficie rugosa esté libre de contaminantes (como por ejemplo de polvo, de grasa, etc.).

Se aplican unas películas sellantes de doble cara 10, 10' a la viga en forma de "U" 6 antes de colocarla sobre la tela 5. Las películas sellantes 10, 10' son de caucho de butilo no-vulcanizado. Éstas se venden en forma de película de caucho de butilo no-vulcanizado entre dos forros protectores.

En general, la concha de la mitad de una pala de turbina 1 es un material compuesto, normalmente un sandwich que contiene una capa de resina endurecida reforzada con tela de fibra, una capa de espuma 13 y otra capa de resina endurecida reforzada con tela de fibra. Sin embargo, para obtener palas de turbina eólica 123 más robustas es esencial que el elemento de refuerzo 6 esté en conexión directa y amplia con la resina infiltrada en las telas de fibra 4 más cercanas al molde 3 sobre una amplia área de sección transversal de resina (área de sección transversal paralela a la concha 11). En general, no es deseable tener una capa de espuma 13 extendiéndose debajo del elemento de refuerzo. Si debajo de la base 7 hay suficiente área superficial de resina endurecida, esto podría ser aceptable, pero no recomendable.

Para facilitar la evacuación del aire y la introducción de la resina epoxi, se coloca un perfil en forma de  $\Omega$  15 con su lado abierto dentro del laminado de telas de fibras de vidrio (figura 1d), actuando dicho perfil en forma de  $\Omega$  15 como un conducto para el transporte y la distribución de la resina endurecida. Si se emplea una capa de espuma 13, ésta contiene agujeros de paso (no se muestran) para permitir que la resina endurecible pase a las telas de fibra de vidrio 4 más cercanas al molde 3. La espuma 13 es en sí una espuma no porosa para lograr el refuerzo óptimo.

Consecuentemente, el laminado de telas de fibra de vidrio 4 o el sandwich formado por la capa de laminado de telas de fibra de vidrio 4, la capa de espuma 13 y la otra capa de laminado de telas de fibra de vidrio 16 - y el perfil en forma de  $\Omega$  - son recubiertos con un film desechable de plástico 17. La viga en forma de "U" 6 se sella con el film de plástico 17 usando las películas sellantes de doble cara 10, 10'. El aire presente bajo el film de plástico 17 se elimina (flechas) usando una bomba de vacío (no se muestra) y la resina epoxi endurecible se introduce mientras se mantiene el vacío. La resina epoxi endurecible penetra por todos los intersticios bajo el film de plástico 17, entrando en el laminado de telas de fibra de vidrio y la lamina 5. Consecuentemente la resina epoxi se endurece a una elevada temperatura (por ejemplo 75°C). Esto no sólo logra el endurecimiento de la concha de la pala de turbina 11, sino también que la concha de pala de turbina 11 se una a la viga en forma de "U" 6 al mismo tiempo. Esto reduce el tiempo, porque ya no es necesario enfriar la concha, aplicar la resina epoxi y la viga en forma de "U", y calentar el conjunto para endurecer la resina epoxi.

Después de endurecer la resina endurecible, calentando el molde 3, se retiran el film de plástico 17 y el perfil en forma de  $\Omega$  15.

La figura 2 muestra el alzado de la mitad de una pala de turbina 1, con la viga en forma de "U" 6 extendiéndose sobre la mayor parte de la longitud de la mitad de la pala de turbina 1.

5 Se puede obtener fácilmente una pala de turbina 123 mediante la fabricación de dos mitades de la pala de turbina 1, 2 usando el método acorde con la invención que ha sido descrito anteriormente, aplicando una resina epoxi que contiene un relleno en las superficies de las dos mitades de la pala de turbina 1 que estarán en contacto, particularmente los rebordes 9,9' de la viga en forma de "U" 6, el borde de ataque 18 y el borde de salida 19 de al menos una de las dos mitades de la pala de turbina 1,2, colocando a continuación las mitades de la pala de turbina 1,2 la una contra la otra y endureciendo la resina epoxi. La resina epoxi se endurece calentando los moldes 3, 3'.

10 Tal como puede verse en la figura 3, los rebordes 9, 9' tienen una superficie en un plano definido por los bordes de ataque y de salida 18, 19. Los mismos rebordes 9, 9' proporcionan un área superficial mayor (zonas de unión 20, 20') para unir las mitades de la pala de turbina 1, 2. La propia unión se encuentra en una zona de la pala de turbina 123 donde las fuerzas son normalmente menores que en cualquier otra parte de la viga en forma de "U" 6, lo que da por resultado en una pala de turbina eólica 123 más robusta.

15

**REIVINDICACIONES**

1.- Un método para producir la mitad de una pala de turbina (1, 2) mediante moldeo por infusión de resina, comprendiendo dicho método las etapas de

- proveer un molde (3) para la concha de pala de turbina (11) con un laminado de telas de fibra (4);
  - colocar un elemento de refuerzo (6) sobre el laminado de telas de fibra (4) en el molde (3);
  - colocar un film de sellado impermeable al aire (17) sobre los laminados de telas de fibra (4) y contra el elemento de refuerzo (6);
  - introducir una resina endurecible en el laminado de telas de fibra (4) bajo presión reducida, incluso en el área situada debajo del elemento de refuerzo (6) y;
  - endurecer la resina con el fin de formar una mitad de una pala de turbina (1, 2), comprendiendo dicha mitad de la pala de turbina (1, 2) una concha de pala de turbina (11) fijada al elemento de refuerzo (6) mediante la resina endurecida;
- en el cual el elemento de refuerzo es un elemento reforzado con fibras que comprendiendo la resina endurecida.

2.- El método según la reivindicación 1, **en el cual** el elemento reforzado con fibras comprende una base (7), siendo el elemento reforzado con fibras una resina endurecida mientras un forro para aumentar el área superficial estuviera presente contra la base, y comprendiendo el método la etapa de retirada del forro antes de colocar el elemento de refuerzo sobre el laminado de telas de fibra (4) en el molde (3).

3.- El método según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, **en el cual** el elemento de refuerzo (6) comprende una base alargada (7), una pared longitudinal (8, 8') que se extiende desde dicha base (7), y un reborde (9, 9') que se extiende desde dicha pared (8, 8') desde un borde de la misma pared (8, 8') opuesto a la zona donde la pared (8, 8') se extiende desde la base (7).

4.- El método según la reivindicación 3, **en el cual** se emplea un elemento de refuerzo (6) que posee

- una base alargada (7)
- dos paredes longitudinales (8, 8') que se extienden desde dicha base alargada (7) desde bordes opuestos de dicha base alargada (7),

en el cual cada pared longitudinal (8, 8') posee un reborde (9, 9') que se extiende respectivamente desde cada pared (8, 8'), extendiéndose los rebordes (9, 9') de manera que se alejan el uno del otro.

5.- El método según la reivindicación 4, **en el cual** el cuerpo de pala de turbina (11) posee un borde de ataque (18) y un borde de salida (19), y los rebordes (9, 9') tienen una área superficial (20, 20') opuesta a la base (7), encontrándose dicha área superficial (20, 20') comprendida en un plano definido por el borde de ataque (18) y el borde de salida (19).

6.- El método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **en el cual** el elemento de refuerzo (6) está fijado a un film de sellado (17) con una película sellante de doble cara (10, 10').

7.- Un método de fabricación de una pala de turbina eólica (123), **en el cual** una mitad de pala de turbina (1)

- es obtenida
- proporcionando un molde para la concha de pala de turbina con laminado de telas de fibra;
- colocando un elemento de refuerzo que comprende una base, una pared que se extiende a partir de dicha base, y un reborde que se extiende desde dicha pared a partir de un borde de la misma opuesto a la zona donde la pared se extiende desde dicha base situada sobre el laminado de telas de fibra en el molde;
- colocando un film de sellado impermeable al aire sobre el laminado de telas de fibra y contra el elemento de refuerzo;
- introduciendo una resina endurecible en el laminado de telas de fibra bajo presión reducida, incluso en el área situada debajo del elemento de refuerzo; y
- endureciendo la resina para formar una mitad de pala de turbina, comprendiendo dicha mitad de pala de turbina una concha de pala de turbina fijada al elemento de refuerzo mediante la resina endurecida;
- y que tiene un borde de ataque y un borde de salida es conectada a una segunda mitad de pala de turbina (2) de tal manera que los bordes de ataque de ambas mitades y los bordes de salida de ambas mitades están conectados y el reborde del elemento de refuerzo de la primera mitad de pala de turbina está conectado a la segunda mitad de pala de turbina; en el cual el elemento de refuerzo es un elemento reforzado con fibra que comprende una resina endurecida.

8.- El método según la reivindicación 7, **en el cual** cada mitad de pala de turbina comprende un elemento de refuerzo que posee un reborde, y estando conectados los rebordes de mitades opuestas de pala de turbina.

5 9.- El método según la reivindicación 8, **en el cual** las mitades se conectan empleando una resina endurecible.

Fig. 1a

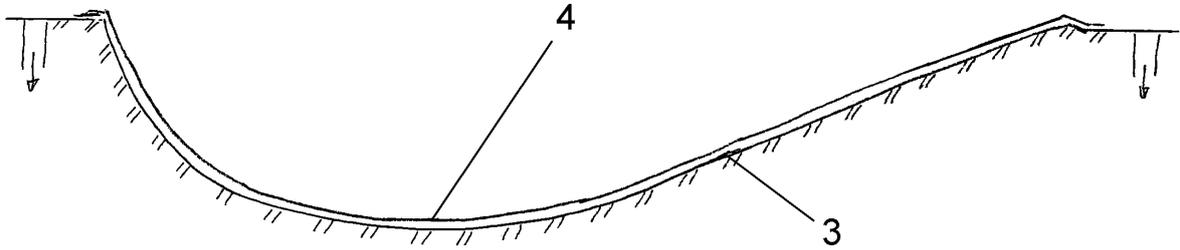


Fig. 1b

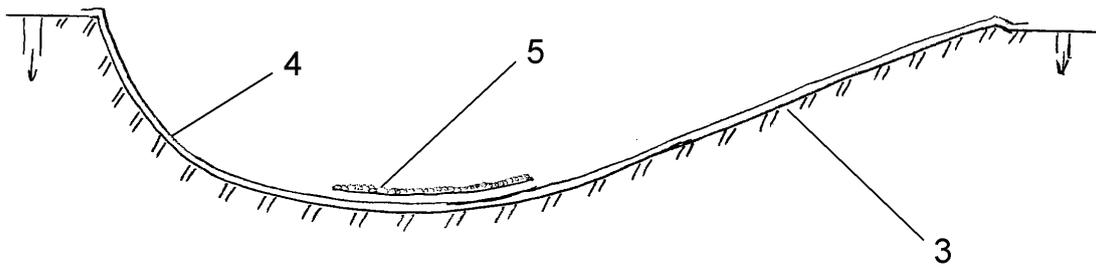


Fig. 1c

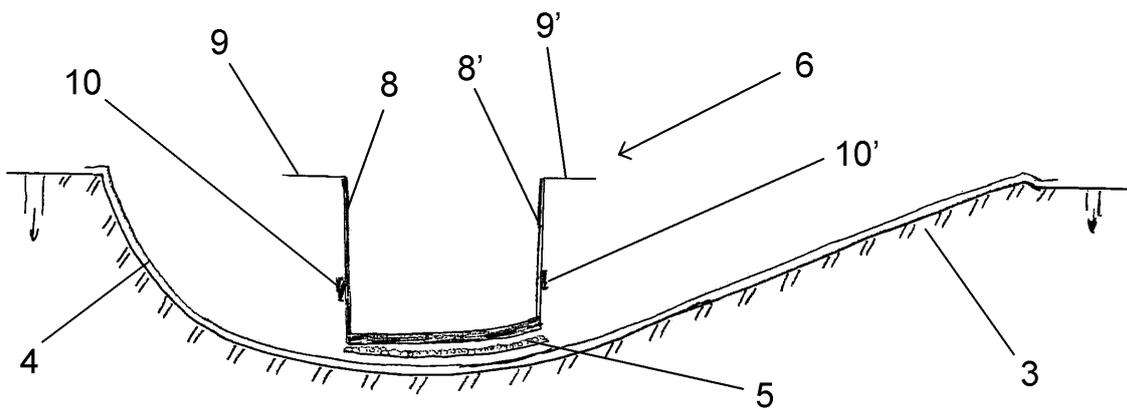


Fig. 1d

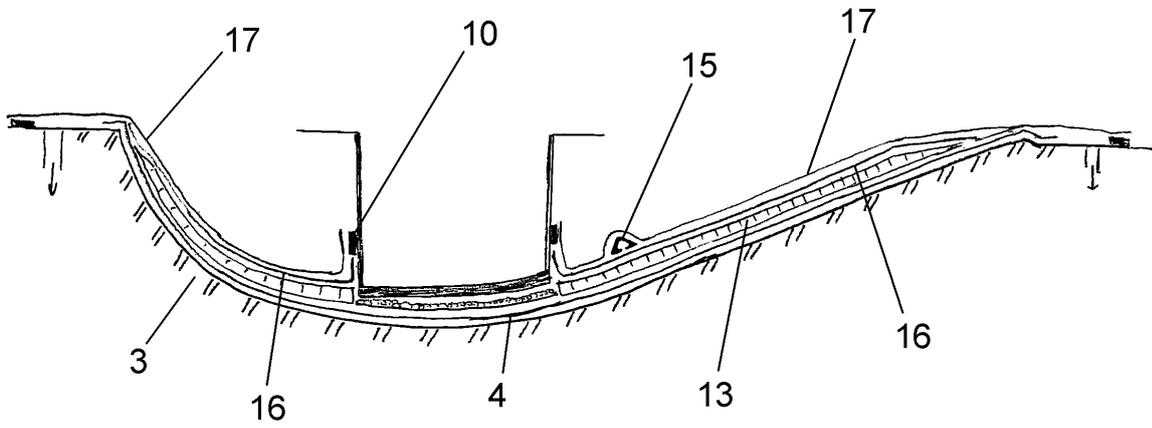
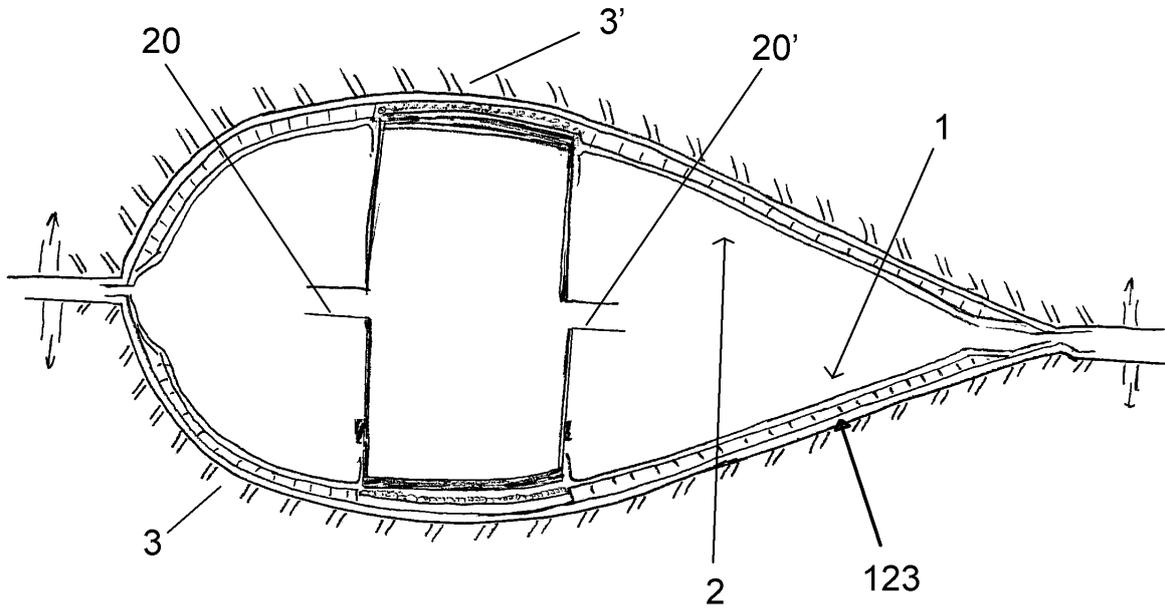


Fig. 3



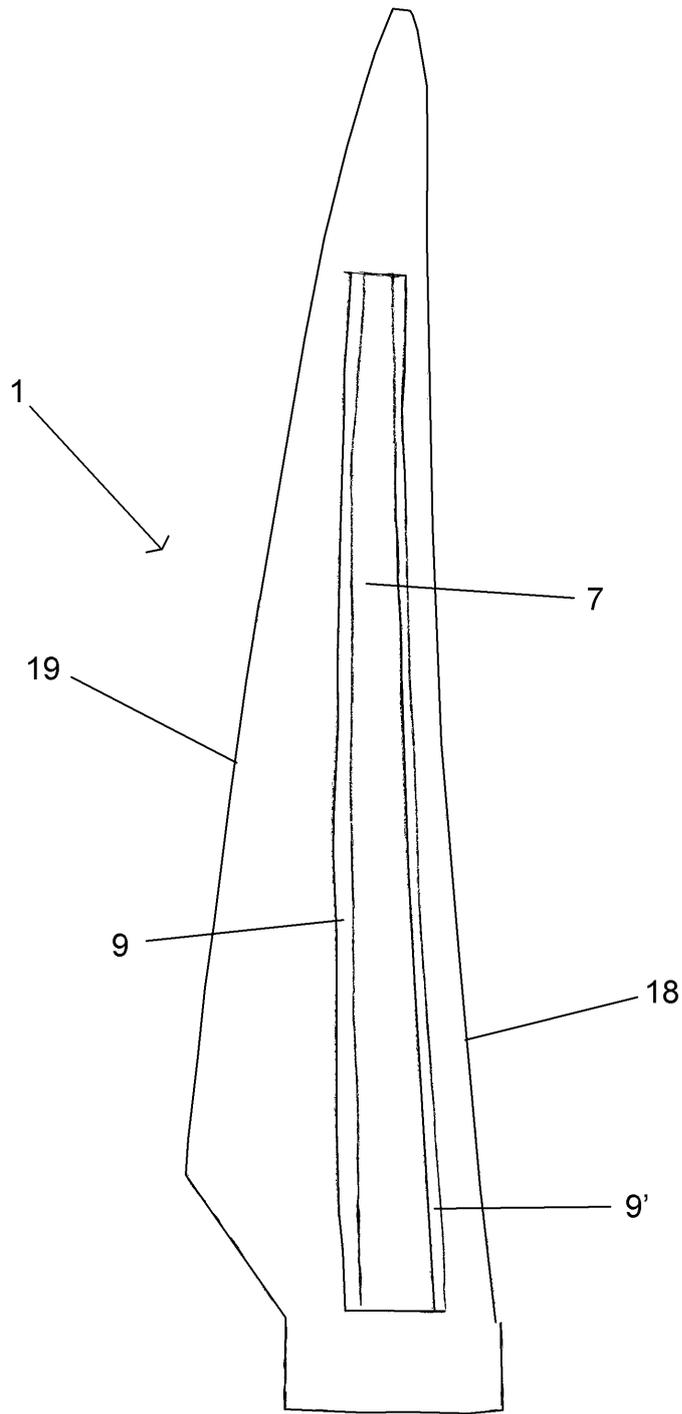


Fig.2