

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 676 200**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/44** (2006.01)

**B29C 70/48** (2006.01)

**B29C 70/54** (2006.01)

**B29L 31/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **17.06.2011** **E 11170311 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.04.2018** **EP 2535171**

54 Título: **Método de fabricación de una parte de una carcasa oblonga y tal parte de la carcasa**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**17.07.2018**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**GURU PRASAD, HANUMANTHA JOIS**

74 Agente/Representante:

**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

**ES 2 676 200 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Método de fabricación de una parte de una carcasa oblonga y tal parte de la carcasa

La presente invención se refiere a un método para fabricar parte de una carcasa oblonga que comprende un material polimérico reforzado con fibra mediante un proceso de infusión, mediante el cual se dispone material de fibra en una cavidad de moldeo y posteriormente se impregna con polímero líquido, con lo que se apila una pluralidad de capas de fibra para formar una inserción de fibra, que en una parte de la carcasa terminada constituye una estructura portadora de carga, tal como un laminado principal, que se extiende en una dirección longitudinal de la parte de la carcasa a fabricar, por lo que al menos un elemento central está dispuesto a lo largo de al menos parte de la inserción de fibra, teniendo al menos un elemento central una sección de borde cónico y comprendiendo canales de flujo para el polímero líquido, con lo que la pluralidad de capas de fibra para formar la inserción de fibra se apila de modo que la sección de borde cónico de al menos un elemento central está encajada entre las capas de fibra y, por lo tanto, en la inserción de la fibra, con lo que se infunde polímero líquido en la cavidad de moldeo, de modo que se propague a través de las capas de fibras apiladas y hacia los canales de flujo de al menos un elemento central.

El documento WO 2009/003477 A1 divulga un método para producir una estructura de material compuesto, de este modo, un laminado principal y un elemento central están dispuestos uno junto al otro. El elemento central puede comprender, por ejemplo, bloques de balsa o espuma de PVC formando canales de flujo para el polímero líquido entre los bloques.

El documento WO 2006/058540 divulga un método de fabricación de una parte de la carcasa oblonga y el preámbulo de la reivindicación 7 y el documento WO 2007/098769 divulga un método para producir una estructura de material compuesto.

En un proceso de infusión de polímero para producir un material polimérico reforzado con fibra, es de suma importancia que el material de fibra se impregne adecuadamente en todo el producto terminado para obtener la resistencia requerida. Si ocurre un cambio en el contenido de polímero o resina del material de fibra reforzada de una posición a otra en todo el producto terminado, este cambio de propiedades del producto puede ser debido al llamado efecto de muesca resultado de un punto débil en el producto.

En un área de transición entre las capas de fibra que forman una inserción de fibra y un elemento central, se puede lograr una transición gradual porque una sección de borde cónico del elemento central está pegada en la inserción de fibra. Sin embargo, durante la infusión de polímero, el flujo de polímero líquido que se propaga a través de las capas de fibra apiladas se puede acelerar en el área de transición, ya que el área de la sección transversal del material de fibra porosa se reduce sobre la sección de borde cónico del elemento central. Como resultado, el polímero líquido puede desplazarse en los canales de flujo de la sección de borde cónico del elemento central, creando así un contenido de polímero ligeramente reducido del material de fibra reforzada terminada en la entrada de tales canales de flujo en comparación con otras áreas de la parte de carcasa acabada. Este cambio de propiedades del producto puede, como se explicó anteriormente, debido al llamado efecto de muesca, dar como resultado un punto débil en el producto. Dichos puntos débiles pueden, bajo ciertas circunstancias, ser visibles en un producto terminado en forma de franjas blancas en la superficie.

El objeto de la presente invención es reducir el riesgo de que aparezcan puntos débiles en una parte de la carcasa terminada.

En vista de este objeto, el al menos un elemento central está compuesto por una primera parte central y una segunda parte central dispuestas una a lo largo de la otra en la dirección longitudinal de la parte de la carcasa a fabricar de modo que la primera parte central esté dispuesta entre la segunda parte central y una línea central de la inserción de la fibra, por lo que la primera parte central forma al menos parte de la sección del borde cónico del elemento central, y por eso la superficie de la primera parte central tiene una mayor permeabilidad al polímero líquido que el de la superficie de la segunda parte central, de modo que, durante la infusión, el polímero líquido penetra la superficie de la primera parte central más fácilmente de lo que penetra en la superficie de la segunda parte central.

De esta manera, como la superficie de la primera parte central tiene una permeabilidad relativamente mayor al polímero líquido, el flujo del polímero líquido en la superficie de la primera parte central puede distribuirse más uniformemente sobre el área superficial, de modo que el fenómeno de desplazamiento en ciertos canales de flujo, posiblemente distintos, de la primera parte central pueda reducirse o eliminarse sustancialmente, reduciendo o eliminando sustancialmente el riesgo de puntos débiles en una parte de la carcasa terminada.

En otras palabras, el método de acuerdo con la invención de fabricar una parte de la carcasa oblonga que comprende un material de polímero reforzado con fibra por medio de un proceso de infusión es el método de la reivindicación 1. En una realización, la primera parte central y la segunda parte central están hechas del mismo tipo de material, y la superficie de la primera parte central tiene una mayor permeabilidad al polímero líquido que la superficie de la segunda

parte central porque la superficie de la segunda parte central se ha recubierto con una sustancia que cierra al menos algunos de los poros del material en su superficie.

5 En una realización, los canales de flujo del elemento central se extienden solo en la segunda parte central y no en la primera parte central. De ese modo, el flujo de polímero líquido en la superficie de la primera parte central puede distribuirse aún más uniformemente sobre el área superficial, ya que el polímero líquido puede fluir a través de los poros del material de la primera parte central pero no a través de canales de flujo de la primera parte central, de manera que el fenómeno de desplazamiento en ciertos canales de flujo de la primera parte central puede eliminarse sustancialmente, por lo tanto, reduciendo aún más el riesgo de puntos débiles en una parte de la carcasa terminada.

En una realización, los canales de flujo de al menos un elemento central tienen la forma de canales rectos.

10 En una realización, los canales de flujo de al menos un elemento central han sido cortados, taladrados o de otro modo formados mediante la eliminación de astillas.

En una realización, los canales de flujo del elemento central están formados entre bloques que forman al menos parte del elemento central.

15 En una realización, la primera parte central está hecha de un primer material central y la segunda parte central está hecha de un segundo material central, por lo que el primer material central tiene una mayor permeabilidad al polímero líquido que el del segundo material central, de modo que durante la infusión, el polímero líquido penetra el primer material central más fácilmente de lo que penetra el segundo material central. De ese modo, el flujo de polímero líquido en la superficie de la primera parte central puede distribuirse aún más uniformemente sobre el área superficial, ya que el polímero líquido puede penetrar más uniformemente en la totalidad de la primera parte central.

20 En una realización, el primer material central es un polímero espumado, y el segundo material central es madera de balsa. El polímero espumado puede tener en general una mayor permeabilidad al polímero líquido que la madera de balsa, y esta combinación puede ser ventajosa también en términos de costes, ya que la madera de balsa puede ser relativamente más barata que el polímero espumado. La primera parte central será típica y sustancialmente más pequeña que la segunda parte central, de modo que un coste mayor del polímero de espuma tendrá un impacto relativamente pequeño en los costes globales. Además, puede ser ventajoso evitar la madera de balsa en el área de transición, ya que la humedad y los hongos en la madera de balsa bajo ciertas circunstancias, especialmente en el área de transición, debido a temperaturas elevadas, tal como 150 grados Celsius, pueden causar burbujas de aire durante la infusión de polímero que pueden dar como resultado la deslaminación. Además, se puede evitar el riesgo de que las astillas de balsa caigan en la inserción de la fibra.

25 30 El primer material central puede ser un polímero espumado de tipo de célula abierta, por lo que se puede asegurar una permeabilidad adecuada en todo el material sin la necesidad de canales suplementarios formados en el material, por ejemplo mediante corte o taladrado.

El primer material central puede ser un polímero de espuma de tipo de célula abierta, tal como PVC H80.

35 El segundo material central puede ser madera de balsa recubierta en la superficie para reducir la permeabilidad con el fin de evitar la penetración de la resina en el material central y, por lo tanto, aumentar la cantidad de resina en el producto final

En una realización, el primer material central es un polímero espumado de tipo de célula abierta, y el segundo material central es madera de balsa que está recubierta en la superficie para reducir la permeabilidad.

40 En una realización, el primer material central es un polímero espumado de tipo de célula abierta, y el segundo material central es un polímero de espuma de tipo de célula cerrada. El polímero de espuma del tipo de célula abierta puede tener en general una mayor permeabilidad al polímero líquido que la del polímero de espuma del tipo de célula cerrada. Durante la infusión de polímero líquido, el polímero fluye en la dirección desde la inserción de la fibra a la segunda parte central, de modo que pasa de la primera parte central en su camino hacia la segunda parte central. Como se explicó anteriormente, durante la infusión de polímero, el flujo de polímero líquido que se propaga a través de las capas de fibra apiladas puede acelerarse en el área de transición, ya que el área de sección transversal del material de fibra porosa se reduce sobre la sección de borde cónico del elemento central. Este efecto se mejora adicionalmente por el polímero que fluye en la dirección desde la inserción de la fibra hasta la segunda parte central, y en consecuencia es incluso más ventajoso que la superficie de la primera parte central que tiene una mayor permeabilidad al polímero líquido que la superficie de la segunda parte central, en términos de reducir el riesgo de áreas de bajo saturado con polímero endurecido en una parte de la carcasa terminada.

45 50 La invención se refiere además a un método de fabricación de una pala de turbina eólica mediante el montaje de dos partes de la carcasa oblonga fabricadas como se describió anteriormente.

La presente invención se refiere además a una parte de la carcasa oblonga que comprende un material polimérico reforzado con fibras fabricado mediante un proceso de infusión, en el que el material de fibra se ha dispuesto en una cavidad de moldeo y se impregna posteriormente con polímero líquido, en donde la parte de carcasa oblonga comprende una pluralidad de capas de fibras apiladas para formar una inserción de fibra que constituye una estructura portadora de carga, tal como un laminado principal, que se extiende en una dirección longitudinal de la parte de la carcasa, y al menos un elemento central dispuesto a lo largo de al menos parte de la inserción de la fibra, el al menos un elemento central que tiene una sección de borde cónico y que comprende canales de flujo que comprenden polímero endurecido, en el que la pluralidad de capas de fibra que forman la inserción de fibra está apilada de modo que la sección de borde cónico de al menos un elemento central esté pegada entre las capas de fibra y de ese modo en la inserción de fibra, en el que las capas de fibra apiladas y los canales de flujo de el al menos un elemento central están al menos parcialmente llenos con polímero endurecido.

La parte de la carcasa oblonga se caracteriza porque el al menos un elemento central está compuesto por una primera parte central y una segunda parte central dispuesta a lo largo de la otra en la dirección longitudinal de la parte de la carcasa de modo que la primera parte central esté dispuesta entre la segunda parte central y una línea central de la inserción de fibra, en la que la primera parte central forma al menos parte de la sección del borde cónico del elemento central, y porque una capa superficial de la primera parte central tiene un mayor contenido de polímero endurecido absorbido por los poros de la capa superficial que el contenido de polímero endurecido de una capa superficial de la segunda parte central. De ese modo, se pueden lograr las propiedades descritas anteriormente.

En una realización, los canales de flujo del elemento central se extienden solo en la segunda parte central y no en la primera parte central. De ese modo, se pueden lograr las propiedades descritas anteriormente.

En una realización, los canales de flujo del elemento central están formados entre bloques que forman al menos parte del elemento central. De ese modo, se pueden lograr las propiedades descritas anteriormente.

En una realización, la primera parte central está hecha de un primer material central y la segunda parte central está hecha de un segundo material central, donde el primer material central tiene un mayor contenido de polímero endurecido absorbido por los poros del material central que el contenido de polímero endurecido del segundo material central. De ese modo, se pueden lograr las propiedades descritas anteriormente.

En una realización, el primer material central es polímero esponjoso, posiblemente de tipo de célula abierta, y el segundo material central es madera de balsa, posiblemente recubierta en su superficie, de modo que se reduce el contenido de polímero endurecido absorbido por la madera de balsa. De ese modo, se pueden lograr las propiedades descritas anteriormente.

En una realización, cuando se ve en una sección transversal perpendicular a la dirección longitudinal de la parte de la carcasa, estando dicha sección transversal situada en la posición donde la parte de la carcasa oblonga tiene su anchura máxima, el ancho de la primera parte central es al menos  $1/20$ , preferiblemente al menos  $1/15$ , y lo más preferido al menos  $1/12$  del ancho de la segunda parte central. De ese modo, se puede lograr un área de transición adecuada.

La invención se refiere además a una pala de turbina eólica que comprende dos partes de carcasa oblonga como se describe anteriormente.

La invención se explicará ahora con más detalle a continuación por medio de ejemplos de realizaciones con referencia al dibujo muy esquemático, en el que

La figura 1 es una vista superior de una pala de turbina eólica.

La figura 2 es una sección transversal a lo largo de la línea II-II de la figura 1;

La Fig. 3 es un detalle de la Fig. 2 en una escala mayor;

La figura 4 es una sección transversal de un molde durante la producción de una pala de turbina eólica; y

La figura 5 es una vista en perspectiva de un elemento central.

La figura 1 muestra una vista de una pala 1 de turbina eólica. La pala 1 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región 2 de raíz más cercana al centro de conexión no mostrado en el que va a montarse la pala de turbina eólica, una región 7 de punta más alejada del centro de conexión, una región 3 perfilada o de perfil aerodinámico entre la región 2 de raíz y la región 7 de punta y una región 4 de transición entre la región 2 de raíz y la región 3 de perfil aerodinámico. La pala 1 comprende un borde 5 delantero orientado hacia la

dirección de rotación de la pala 1, cuando la pala está montada en el centro de conexión, y un borde 6 posterior está orientado en la dirección opuesta al borde 5 delantero.

La región 3 de perfil aerodinámico (también denominada región perfilada) tiene una forma ideal de pala o casi ideal con respecto a la generación de sustentación, mientras que la región 2 de raíz debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, que por ejemplo hace que sea más fácil y más seguro para montar la pala 1 en el centro de conexión. El diámetro (o la cuerda) de la región 2 de raíz puede ser constante a lo largo de toda la región de raíz. La región 4 de transición tiene un perfil de transición que cambia gradualmente de la forma circular o elíptica de la región 2 de raíz al perfil de plano aerodinámico de la región 3 de plano aerodinámico. La longitud de cuerda de la región 4 de transición típicamente aumenta al aumentar la distancia desde el centro de conexión. La región 3 de plano aerodinámico tiene un perfil aerodinámico con una cuerda que se extiende entre el borde 5 delantero y el borde 6 posterior de la pala 1. El ancho de la cuerda disminuye a medida que aumenta la distancia desde el centro.

Una saliente 8 de la pala 1 se define como la posición, donde la pala 1 tiene su mayor longitud de cuerda. El saliente 8 se proporciona típicamente en el límite entre la región 4 de transición y la región 3 de plano aerodinámico.

La figura 2 muestra una sección transversal a través de la pala 1 de turbina eólica de la figura 1 a lo largo de la línea II-II situada aproximadamente en el saliente 8. Se observa que la pala 1 de turbina eólica está compuesta por una primera parte 9 de carcasa oblonga y una segunda parte 10 de carcasa oblonga que están unidas entre sí en el borde 5 delantero y en el borde 6 posterior, respectivamente, de la pala 1 de turbina eólica formando así una cavidad 11 interna. Además, la primera y la segunda partes 9,10 de carcasa oblonga están conectadas internamente por medio de elementos 12 de refuerzo que se extienden longitudinalmente, tales como vigas o bandas, que están alineadas dentro de las partes de la carcasa de la pala de turbina eólica y unidas a las partes de la carcasa.

La primera y la segunda partes 9,10 de la carcasa oblonga comprenden un material polimérico reforzado con fibra producido mediante un proceso de infusión, tal como infusión al vacío o VARTM (Moldeo por Transferencia de Resina Asistida al Vacío). Durante el proceso de fabricación, el polímero líquido, también llamado resina, se carga en una cavidad de moldeo, en el cual el material de fibra previamente ha sido insertado, y donde se genera un vacío en la cavidad de moldeo que queda delineado en el polímero. El polímero puede ser plástico termoestable o termoplástico. Típicamente, las fibras distribuidas uniformemente se disponen en capas en una primera parte de un molde rígido, siendo las fibras mechas, es decir, haces de bandas de fibra, bandas de mechas o esteras, que son esteras de fieltro hechas de fibras individuales o esteras tejidas hechas de mechas de fibra. A continuación, se coloca una segunda parte de un molde, que a menudo está hecha de una bolsa de vacío resiliente, sobre la parte superior del material de fibra y se sella contra la primera parte de molde para generar una cavidad de moldeo. Al generar un vacío, típicamente del 80 al 95% del vacío total, en la cavidad de moldeo entre la primera parte del molde y la bolsa de vacío, el polímero líquido puede aspirarse y llenar la cavidad de moldeo con el material de fibra contenido aquí. Las llamadas capas de distribución o tubos de distribución, también llamados canales de entrada se utilizan entre la bolsa de vacío y el material de fibra con el fin de obtener una distribución de polímero lo más eficiente y eficaz posible. En la mayoría de los casos, el polímero aplicado es poliéster o epoxi, y el refuerzo de fibra se basa más a menudo en fibras de vidrio o fibras de carbono.

La Fig. 4 ilustra una forma de realización muy esquemática del método de fabricación de una de las partes 9, 10 de carcasa oblonga de la pala 1 de turbina eólica mostrada en las Figs. 1 y 2, mediante lo cual el material de fibra se coloca en una cavidad 13 de moldeo de una primera parte 14 de molde rígida y se cubre con una bolsa 15 de vacío resiliente provista con canales 16, 16' de entrada en forma de  $\Omega$  y canales 17, 18 de vacío. Se observa que un primer canal 17 de vacío se coloca en la posición correspondiente al borde 5 delantero de la pala terminada, y un segundo canal 18 de vacío se coloca en la posición correspondiente al borde 6 posterior de la pala terminada. Además, se observa que un grupo de canales 16' de entrada en forma de  $\Omega$  están situados encima de una inserción 19 de fibra, que en la parte de la carcasa terminada constituye una estructura portadora de carga en la forma de un laminado principal. Canales 16 de entrada adicionales en forma de  $\Omega$  se colocan en diferentes posiciones en cualquier lado del grupo de canales 16' de entrada en forma de  $\Omega$ .

Durante el proceso de llenado del molde, se genera un vacío, que a este respecto se entiende como presión insuficiente o presión negativa con respecto a la presión circundante, a través de los canales 17, 18 de vacío en la cavidad 13 de moldeo, por lo cual se extrae el polímero líquido en la cavidad de moldeo a través de los canales 16, 16' de entrada para llenar dicha cavidad de moldeo.

Desde los canales 16, 16' de entrada el polímero se dispersa en todas las direcciones en la cavidad 13 de moldeo debido a la presión negativa a medida que un frente de flujo se mueve hacia los canales 17, 18 de vacío. En la realización mostrada en la figura 4, se entiende que el polímero generalmente se dispersa en las direcciones desde el área de la inserción 19 de fibra a las áreas del borde 5 delantero y del borde 6 posterior, respectivamente, de la pala 1 terminada. Son concebibles otras numerosas configuraciones de canales de entrada y canales de vacío que caen dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

Es importante colocar los canales 16, 16' de entrada y los canales 17, 18 de vacío de manera óptima para obtener un llenado completo de la cavidad de moldeo. Sin embargo, garantizar la distribución completa del polímero en toda la cavidad de moldeo es a menudo difícil, y, en consecuencia, esto puede dar lugar en ocasiones a los denominados puntos secos, es decir, áreas con material de fibra que no están suficientemente impregnadas con resina. Tales áreas donde el material de fibra no está impregnado suficientemente, y donde puede haber bolsas de aire, pueden ser difíciles o imposibles de evitar controlando la presión de vacío y una posible sobrepresión en el lado de entrada. En las técnicas de infusión al vacío que emplean una parte del molde rígida y una parte del molde resiliente en forma de bolsa de vacío, los puntos secos pueden repararse después del proceso de llenado del molde perforando la bolsa en la ubicación respectiva y sacando aire, por ejemplo por medio de una aguja de jeringa. El polímero líquido se puede inyectar opcionalmente en la ubicación respectiva, y esto puede hacerse, por ejemplo, también por medio de una aguja de jeringa. Este es un proceso tedioso y lento. En el caso de partes grandes de molde, el personal debe pararse en la bolsa de vacío. Esto no es deseable, especialmente cuando el polímero no se ha endurecido, ya que puede dar como resultado deformaciones en el material de fibra insertado y, por lo tanto, en un debilitamiento local de la estructura, que puede provocar, por ejemplo, efectos de pandeo.

Con el fin de producir una de las partes 9,10 de carcasa oblonga de la pala 1 de turbina eólica mostrada en las Figs. 1 y 2, como se ilustra en la Fig. 4, en primer lugar, el material de fibra está dispuesto en la cavidad 13 de moldeo. Se apila una pluralidad de capas de fibras para formar la inserción 19 de fibras, que en una parte de la carcasa terminada constituye una estructura portadora de carga, tal como un laminado principal, que se extiende en una dirección longitudinal de la parte 1 de la carcasa a fabricar, como se indica en la línea 20 en la Fig. 1. Un elemento 21 central está dispuesto a lo largo de al menos parte de la inserción 19 de fibra en la dirección longitudinal de la parte 1 de la carcasa y tiene una sección 22 de borde cónico, como se ilustra en la Fig. 3 que muestra el detalle III de la Fig. 2. El elemento 21 central comprende canales 23, 24, 25, 26 de flujo para la distribución de polímero líquido por toda la cavidad 13 de moldeo. La pluralidad de capas de fibra que forman la inserción 19 de fibra se apila de modo que la sección 22 de borde cónico del elemento 21 central esté pegada entre las capas de fibra y de ese modo en la inserción 19 de fibra. De ese modo, se puede lograr una transición gradual entre las capas de fibra que forman la inserción 19 de fibra y el elemento 21 central, por lo que se puede evitar un cambio abrupto en las propiedades de la parte 1 de la carcasa terminada y de las áreas débiles resultantes. Después de colocar el material de fibra y disponer del elemento 21 central, como se describió anteriormente, se infunde polímero líquido en la cavidad 13 de moldeo, de manera que se propaga a través de las capas de fibra apiladas y hacia los canales 23, 24, 25, 26 de flujo del elemento 21 central. Una punta 33 de la sección 22 de borde cónico puede estar situada ligeramente más cerca de un exterior 34 de la inserción 19 de fibra que un interior 35 de la inserción 19 de fibra.

De acuerdo con la presente invención, el elemento 21 central está compuesto por una primera parte 27 central y una segunda parte 28 central dispuestas una junto a la otra en la dirección longitudinal de la parte de la carcasa 1 a fabricar. De ese modo, la primera parte 27 central está dispuesta entre la segunda parte 28 central y una línea 29 central de la inserción 19 de fibra, como se indica en la figura 4. De ese modo, el polímero fluye en la dirección desde la inserción 19 de fibra a la segunda parte 28 central, de modo que pasa de la primera parte 27 central en su camino hacia la segunda parte 28 central.

La primera parte 27 central forma al menos parte de la sección 22 de borde cónico del elemento 21 central. Además, de acuerdo con la presente invención, la superficie de la primera parte 27 central tiene una mayor permeabilidad al polímero líquido que la de la superficie de la segunda parte 28 central, de modo que, durante la infusión, el polímero líquido penetra en la superficie de la primera parte 27 central más fácilmente de lo que penetra en la superficie de la segunda parte 28 central. De este modo, el flujo de polímero líquido en la superficie de la primera parte 27 central puede distribuirse más uniformemente sobre el área superficial, de modo que el fenómeno de desplazamiento en ciertos canales de flujo de la primera parte 27 central puede reducirse sustancialmente, reduciendo de ese modo el riesgo de puntos débiles en una parte 1 de la carcasa terminada.

Se puede lograr que la superficie de la primera parte 27 central tenga una mayor permeabilidad al polímero líquido que la superficie de la segunda parte 28 central proporcionando a la primera parte 27 central una capa superficial que tenga una mayor permeabilidad al polímero líquido que la de una capa superficial de la segunda parte 28 central. De ese modo, en la parte de la carcasa terminada, el contenido de polímero endurecido absorbido por los poros de la capa superficial de la primera parte 27 central puede ser mayor que el contenido de polímero endurecido de la capa superficial de la segunda parte 28 central. Dicha capa superficial de la primera parte 27 central con una mayor permeabilidad al polímero líquido que la de una capa superficial de la segunda parte 28 central puede proporcionarse sobre superficies de un bloque de material que tiene canales de flujo formados en el mismo para la distribución de polímero líquido a través de la primera parte 27 central.

La primera parte 27 central puede constituir una parte de la sección 22 de borde cónico del elemento 21 central, por lo que la segunda parte 28 central puede constituir la parte restante de la sección 22 de borde cónico. Alternativamente, la primera parte 27 central puede constituir la sección 22 de borde cónica completa del elemento 21 central e incluso también una parte de una sección no cónica del elemento 21 central. En la realización ilustrada en la figura 3, la primera parte 27 central y la segunda parte 28 central están separadas por una línea 30 situada en algún lugar entre una sección que claramente cónica y una sección de forma sustancialmente no cónica.

El elemento 21 central completo está cubierto con un material reforzado con fibra, tal como una o más capas 32 de polímero reforzado con fibra, es decir, un revestimiento interno y externo, véase la Fig. 3. El material central se puede usar como un espaciador entre dichas capas para formar una estructura tipo sándwich y típicamente está hecho de un material rígido, ligero con el fin de reducir el peso de la estructura de material compuesto. Con el fin de asegurar una distribución eficaz del polímero líquido durante el proceso de impregnación, el elemento central está provisto de una red de distribución de resina en la forma de canales 23, 24, 25, 26 de flujo, como se ilustra en la figura 3. Los canales de flujo del elemento central pueden formarse entre bloques que forman al menos parte del elemento central, como se ilustra en la figura 5. Dichos bloques se pueden proporcionar adheridos en una red o malla, por ejemplo, una capa de fibra, de modo que se disponen fácilmente en el molde 14 y se adaptan o conforman fácilmente a la forma de la cavidad 13 de moldeo.

Sin embargo, en una realización, los canales 23, 24 de flujo del elemento 21 central se extienden solo en la segunda parte 28 central y no en la primera parte 27 central. De este modo, el polímero líquido puede fluir a través de los poros del material de la primera parte 27 central pero no a través de canales de flujo de la primera parte 27 central, de modo que el fenómeno de desplazamiento en ciertos canales de flujo de la primera parte central pueda eliminarse sustancialmente, lo que reduce aún más el riesgo de puntos débiles en una parte de la carcasa terminada. Durante la infusión de polímero, el flujo de polímero líquido que se propaga a través de las capas de fibra apiladas se puede acelerar en el área de transición, ya que el área de sección transversal del material de fibra porosa se reduce sobre la sección de borde cónico del elemento central. En ciertas circunstancias, esto podría hacer que el polímero líquido se desplace en los posibles canales de flujo de la sección del borde cónico del elemento central, creando así un contenido de polímero ligeramente reducido del material de fibra reforzado terminado en la entrada de dichos canales de flujo en comparación con otras áreas de la parte de la carcasa terminada. Sin embargo, cuando el polímero líquido alcanza una parte sustancialmente no cónica del elemento 21 central, es decir, en la realización mostrada en la figura 3, más o menos la segunda parte 28 central, el área en sección transversal de la capa relativamente delgada de material de fibra porosa colocado en los lados superior e inferior del elemento 21 central para formar las capas 32 de polímero reforzado con fibra es relativamente constante en la dirección de flujo dirigida contra el canal 18 de vacío derecho, y, en consecuencia, la velocidad de flujo es relativamente constante y, por lo tanto, típicamente no puede dar lugar al fenómeno de desplazamiento en canales de flujo de la segunda 28 parte central.

La primera parte 27 central puede estar hecha de un primer material central y la segunda parte 28 central puede estar hecha de un segundo material central, por lo que el primer material central tiene una mayor permeabilidad al polímero líquido que el del segundo material central, de modo que durante la infusión, el polímero líquido penetra el primer material central más fácilmente de lo que penetra el segundo material central. De ese modo, en la parte de la carcasa terminada, el primer material central puede tener un mayor contenido de polímero endurecido absorbido por los poros del material central que el contenido de polímero endurecido del segundo material central.

El primer material central puede ser, por ejemplo, polímero espumado de tipo de célula abierta, tal como PVC H80, y el segundo material central puede ser madera de balsa, por lo que puede lograrse que el primer material central tenga una mayor permeabilidad al polímero líquido que el del segundo material central. La balsa puede ser típicamente recubierta superficialmente para reducir la permeabilidad con el fin de evitar la penetración de la resina en el material central de la segunda parte 28 central que típicamente puede ser sustancialmente más grande que la primera parte 27 central. De ese modo, el peso del producto final puede reducirse.

El primer material central puede ser, por ejemplo, polímero espumado de tipo de célula cerrada, y el segundo material central puede ser madera de balsa, por lo que puede lograrse que al menos una capa de superficie del primer material central tenga una mayor permeabilidad al polímero líquido que el del segundo material central. Posiblemente solo una parte de la primera parte 27 central situada debajo de una capa superficial puede estar provista de canales de flujo formados en el material para mejorar la distribución de resina líquida a través de la primera parte 27 central. Tales canales pueden ser perforados en la primera parte 27 central desde sus lados o pueden formarse en una pieza separada de material de espuma de célula cerrada que posteriormente está provista con dicha capa superficial de espuma de celda cerrada sin canales de flujo. Alternativamente, si también se prefieren canales de flujo en las superficies cónicas de la primera parte central, se pueden formar canales de flujo a través de las superficies cónicas de la primera parte central como en la realización mostrada en la figura 5.

Se observa que en el contexto de esta descripción, un material descrito como permeable al polímero líquido significa un material poroso, tal como un material que tiene poros o cavidades en las cuales el polímero puede ser absorbido generalmente a lo largo de dicho material. Tales poros o cavidades pueden formarse, por ejemplo, espumando un material tal como un polímero o pueden ser poros que existen naturalmente en la madera de balsa, por ejemplo. En consecuencia, dichos poros o cavidades típicamente se extenderán regularmente sobre el volumen del material. Sin embargo, la densidad con que tales poros o cavidades están en el material puede muy bien variar sobre el volumen del material. Sin embargo, se observa que la superficie de un material poroso generalmente permeable al polímero líquido puede tratarse superficialmente, por ejemplo mediante recubrimiento, de modo que la superficie es relativamente no permeable al polímero líquido. En consecuencia, es posible hacer que la superficie de cierto material poroso sea más o menos permeable al polímero líquido por medio de un tratamiento de superficie apropiado.

5 Por otra parte, cuando esta descripción se refiere a canales de flujo para polímero líquido en un elemento central, los canales de flujo "se refieren a canales claramente formados en el material mediante corte, perforación o cualquier otro tipo de proceso de extracción de astilla o proceso de moldeo adecuado, en oposición a poros o cavidades como se describió anteriormente. Los canales de flujo pueden tener preferiblemente la forma de canales rectos, posiblemente interconectados. Además, como se describió anteriormente, los canales de flujo del elemento central pueden formarse entre bloques que forman al menos parte del elemento central.

10 Como ejemplo, en palas de turbina eólica de la técnica anterior, el fenómeno de desplazamiento de polímeros líquidos en canales de flujo distintos durante la fabricación puede dar como resultado en una pala de turbina eólica terminada un contenido de fibra de aproximadamente 72-73% y un contenido de resina de aproximadamente 27-28% en las entradas de dichos canales de flujo, lo que puede ocasionar puntos débiles. De acuerdo con la presente invención, por el contrario, se puede obtener, por ejemplo, un contenido de fibra de aproximadamente 69-70% y un contenido de resina de aproximadamente 30-31% generalmente sobre la superficie de la primera parte central, como resultado de la reducción o eliminando el fenómeno de desplazamiento de polímeros líquidos.

15 Cuando se ve en una sección transversal perpendicular a la dirección longitudinal de la parte 9, 10 de la carcasa oblonga, estando dicha sección transversal situada en la posición donde la parte 9, 10 de la carcasa oblonga tiene su anchura máxima, el ancho de la primera parte 27 central puede ser al menos 1/20, preferiblemente al menos 1/15, y lo más preferido al menos 1/12 del ancho de la segunda parte 28 central. El ancho de la primera parte 27 central está en la Fig. 5 denotado w; el ancho de la segunda parte 28 central no se indica en la figura, ya que solo se ilustra una parte de la segunda parte 28 central. En una pala 1 de turbina eólica, dicha sección transversal puede estar situada en el saliente 8 de la pala 1. Puramente como ejemplo, en una pala 1 de turbina eólica que tiene una longitud de 47,5 metros, la primera parte 27 central puede tener un ancho de aproximadamente 15 cm y la segunda parte 28 central puede tener un ancho de aproximadamente 150 cm.

25 En la realización ilustrada en la figura 4, aparte del primer elemento 21 central dispuesto a la derecha de la inserción 19 de fibra, un segundo elemento 31 central está dispuesto a la izquierda de la inserción 19 de fibra. La composición del segundo elemento 31 central puede corresponder a la del primer elemento 21 central, pero como se indica, la forma general del segundo elemento 31 central es diferente de la del primer elemento 21 central. Las partes centrales primera y segunda del segundo elemento 31 central pueden estar dispuestas en espejo con respecto a la primera y segunda partes centrales del primer elemento 21 central. Sin embargo, como la invención es aplicable a la fabricación de cualquier parte de la carcasa oblonga que comprenda un material polimérico reforzado con fibra por medio de un proceso de infusión, los elementos 21, 31 centrales pueden tener formas diferentes a las indicadas en la figura 4. En el caso de la fabricación de una pala de turbina eólica, la inserción 19 de fibra puede formar un denominado laminado principal, y por ejemplo en el caso de palas de turbina eólica grandes, las partes de carcasa oblonga producidas pueden incluir adicionalmente a la inserción 19 de fibra una inserción de fibra adicional (no mostrada) que forma un denominado laminado principal pequeño. Dicha inserción de fibra adicional puede estar dispuesta a lo largo de la inserción 19 de fibra, típicamente a lo largo de una parte de la longitud de la inserción 19 de fibra, y un tercer elemento central (no mostrado) puede disponerse entonces entre la inserción 19 de fibra y la inserción de fibra adicional. El tercer elemento central puede comprender entonces una sección de borde cónico en cada lado, de modo que pueda pegarse en la inserción 19 de fibra, así como en la inserción de fibra adicional. El tercer elemento central puede comprender una parte central y dos partes centrales laterales, por lo que la superficie de las partes centrales laterales tiene una mayor permeabilidad al polímero líquido que la superficie de la parte central. Sin embargo, dicha parte central también puede quedar afuera.

Aunque la invención se ha ilustrado por medio de una pala de turbina eólica compuesta por dos partes de la carcasa oblonga, la invención es igualmente aplicable a la fabricación de cualquier otro tipo de carcasa oblonga que comprenda un material polimérico reforzado con fibra por medio de un proceso de infusión

45 Lista de numerales de referencia

1 pala de turbina eólica

2 región de raíz

3 plano aerodinámico

4 región 5 de transición borde frontal

50 6 borde posterior

7 región de punta

8 saliente

- 9 primera parte de la carcasa oblonga
- 10 segunda parte de la cáscara oblonga
- 11 cavidad interna
- 12 elementos de refuerzo
- 5 13 cavidad de moldeo
- 14 partes de molde rígido
- 15 bolsa de vacío resiliente
- 16, 16" canales de entrada en forma de  $\Omega$
- 17 primer canal de vacío
- 10 18 segundo canal de vacío
- 19 inserción de fibra
- 20 línea
- 21 elemento central
- 22 sección de borde cónico
- 15 23, 24, 25, 26 canales de flujo
- 27 primera parte central
- 28 segunda parte central
- 29 línea central
- 30 línea
- 20 31 segundo elemento central
- 32 capas de polímero reforzado con fibra
- 33 punta de la sección de borde cónico
- 34 exterior de la inserción de fibra
- 35 interior de la inserción de fibra

## REIVINDICACIONES

1. Un método para fabricar una parte (9, 10) de la carcasa oblonga que comprende un material de polímero reforzado con fibra por medio de un proceso de infusión, mediante el cual el material de fibra está dispuesto en una cavidad (13) de molde y posteriormente impregnado con polímero líquido, por el cual la pluralidad de capas de fibra se apila para formar una inserción (19) de fibra, que en una parte de la carcasa terminada constituye una estructura portadora de carga, tal como un laminado principal, extendiéndose en una dirección longitudinal de la parte de la carcasa a ser fabricada, por lo que al menos un elemento (21) central está dispuesto a lo largo de al menos parte de la inserción (19) de fibra, teniendo al menos un elemento (21) central una sección (22) de borde cónico y que comprende canales (23, 24) de flujo para polímero líquido, donde la pluralidad de capas de fibra para formar la inserción (19) de fibra está apilada de modo que la sección (22) de borde cónico de al menos un elemento (21) central esté pegado entre las capas de fibra y por lo tanto en la inserción (19) de fibra, mediante el cual se infunde polímero líquido en la cavidad (13) de molde para que se propague a través las capas de fibra apiladas y en los canales (23, 24) de flujo de al menos un elemento (21) central, en donde el al menos un elemento (21) central está compuesto por una primera parte (27) central y una segunda parte (28) central que están dispuestos uno al lado del otro en la dirección longitudinal de la parte (9, 10) de la carcasa a fabricar de modo que la primera parte (27) central está dispuesta entre la segunda parte (28) central y una línea (29) central de la inserción (19) de fibra, en la que la primera parte (27) central forma al menos parte de la sección (22) del borde cónico del elemento (21) central, y en el que la superficie de la primera parte (27) central tiene una mayor permeabilidad al polímero líquido que la de la superficie de la segunda parte (28) central de modo que, durante la infusión, el polímero líquido penetre la superficie de la primera parte (27) central más fácilmente de lo que penetra la superficie de la segunda parte (28) central, y en la que, durante la infusión de polímero líquido, el polímero fluye en la dirección desde la inserción (19) de fibra a la segunda parte (28) central para que pase la primera parte (27) central en su camino a la segunda parte (28) central.
2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1, por el cual los canales (23, 24) de flujo del elemento (21) central se extienden únicamente en la segunda parte (28) central y no en la primera parte (27) central.
3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, por el cual se forman canales (23, 24) de flujo del elemento central entre bloques que forman al menos parte del elemento (21) central.
4. Un método de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el que la primera parte (27) central está hecha de un primer material central y la segunda parte (28) central está hecha de un segundo material central, por lo que el primer material tiene una mayor permeabilidad al polímero líquido que la del segundo material central, de modo que, durante la infusión, el polímero líquido penetra el primer material central más fácilmente de lo que penetra el segundo material central.
5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4, en el que el primer material central es un polímero de espuma, posiblemente de tipo de célula abierta, y el segundo material central es madera de balsa, posiblemente con la superficie recubierta para reducir la permeabilidad.
6. Un método de fabricación de una pala (1) de turbina eólica mediante el ensamblaje de dos partes (9, 10) de la carcasa oblongas fabricadas de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones precedentes.
7. Una parte (9,10) de la carcasa oblonga que comprende un material de polímero reforzado con fibras fabricado mediante un proceso de infusión, por lo que el material de fibra se ha dispuesto en una cavidad (13) de molde y posteriormente impregnado con polímero líquido, donde la parte (9,10) de la carcasa oblonga comprende una pluralidad de capas de fibra apiladas para formar una inserción (19) de fibra que constituye una estructura portadora de carga, como un laminado principal, que se extiende en una dirección longitudinal de la parte (9,10) de la carcasa y al menos un elemento (21) central dispuesto a lo largo de al menos parte de la inserción (19) de fibra, el al menos un elemento (21) central que tiene una sección (22) de borde cónico y que comprende canales (23, 24) de flujo que comprenden polímero endurecido, donde la pluralidad de capas de fibra que forman la inserción (19) de fibra está apilada de modo que la sección (22) de borde cónico del al menos un elemento (21) central esté pegado entre las capas de fibra y de ese modo en la inserción (19) de fibra, donde las capas de fibra apiladas y los canales (23, 24) de flujo de al menos un elemento (21) central están rellenas al menos parcialmente con polímero endurecido, en donde al menos un elemento (21) central está compuesto por una primera parte (27) central y una segunda parte (28) central dispuestas una junto a la otra en el dirección longitudinal de la parte (9, 10) de la carcasa de manera que la primera parte (27) central está dispuesta entre la segunda parte (28) central y una línea (29) central de la inserción (19) de fibra, donde la primera parte (27) central forma al menos parte de la sección (22) de borde cónico del elemento (21) central, caracterizada porque una capa superficial de la primera parte (27) central tiene un mayor contenido de polímero endurecido absorbido por los poros de la capa superficial que el contenido de polímero endurecido de una capa superficial de la segunda parte (28) central.
8. Una parte de la carcasa oblonga de acuerdo con la reivindicación 7, en la que los canales (23, 24) de flujo del elemento (21) central se extienden solo en la segunda parte (28) central y no en la primera parte (27) central.

9. Una parte de la carcasa oblonga de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en la que los canales (23, 24) de flujo del elemento (21) central están formados entre bloques que forman al menos parte del elemento central.
- 5 10. Una parte de la carcasa oblonga de acuerdo una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en la que la primera parte (27) central está hecha de un primer material central y la segunda parte (28) central está hecha de un segundo material central, donde el primer material central tiene un mayor contenido de polímero endurecido absorbido por los poros del material central que el contenido del polímero endurecido del segundo material central.
11. Una parte de la carcasa oblonga de acuerdo la reivindicación 10, en la que el primer material central es polímero espumado, posiblemente de tipo célula abierta, y el segundo material central es madera de balsa, posiblemente con la superficie recubierta de modo que el contenido de polímero endurecido absorbido por la madera de balsa se reduce.
- 10 12. Una parte de la carcasa oblonga de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en la que, cuando se ve en una sección transversal perpendicular a la dirección longitudinal de la parte (9,10) de la carcasa, dicha sección transversal está situada en la posición donde la parte de la carcasa oblonga tiene su anchura máxima, el ancho de la primera parte (27) central es al menos  $1/20$ , preferiblemente al menos  $1/15$ , y lo más preferido al menos  $1/12$  del ancho de la segunda parte (28) central.
- 15 13. Una pala (1) de turbina eólica que comprende dos partes (9,10) de carcasa oblonga de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12.

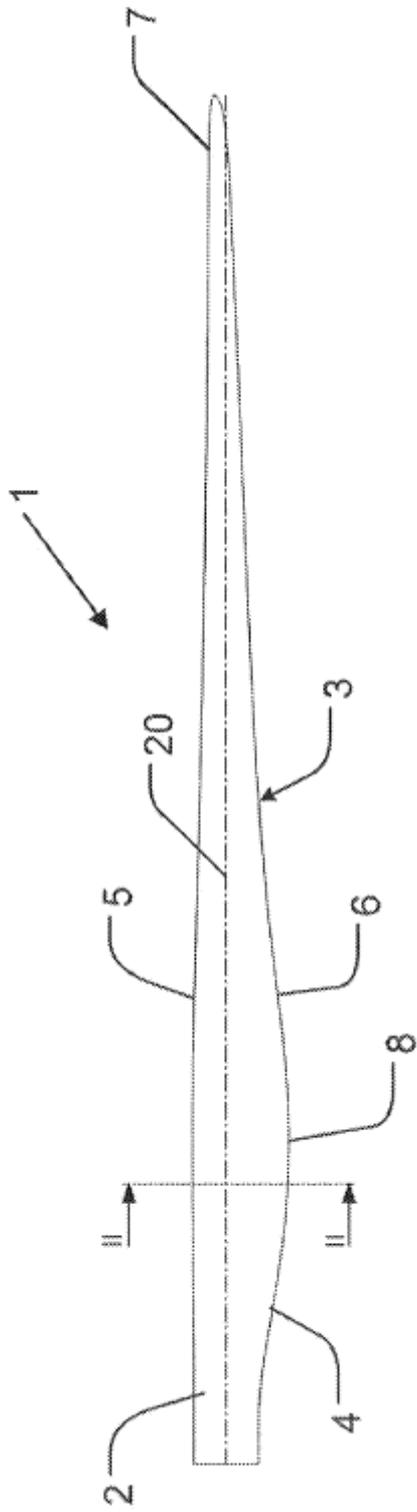


Fig. 1

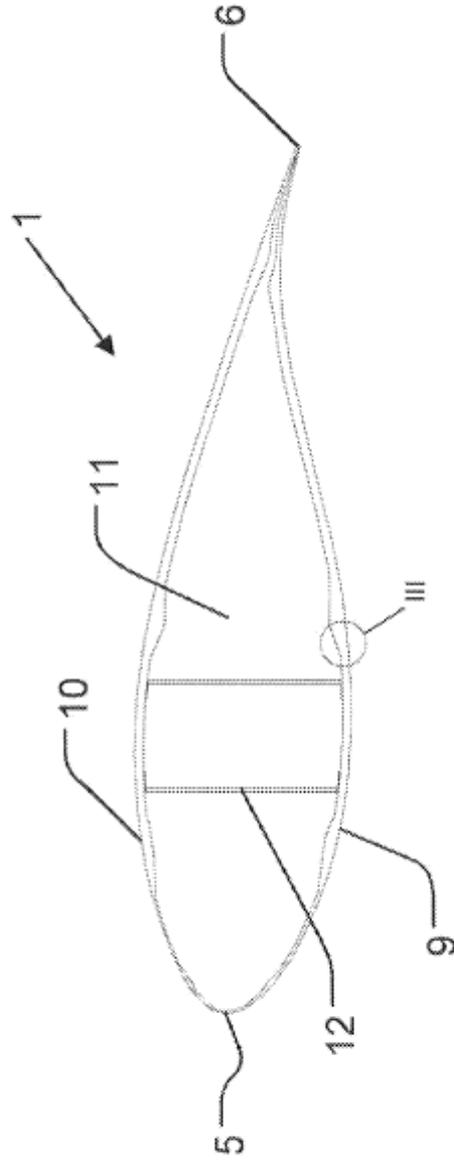


Fig. 2

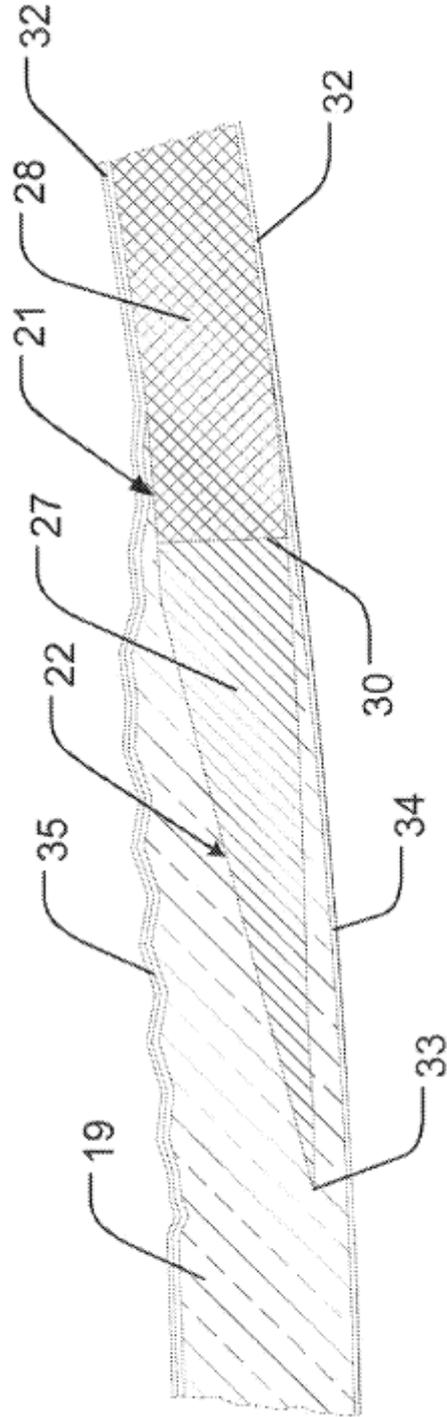


Fig. 3

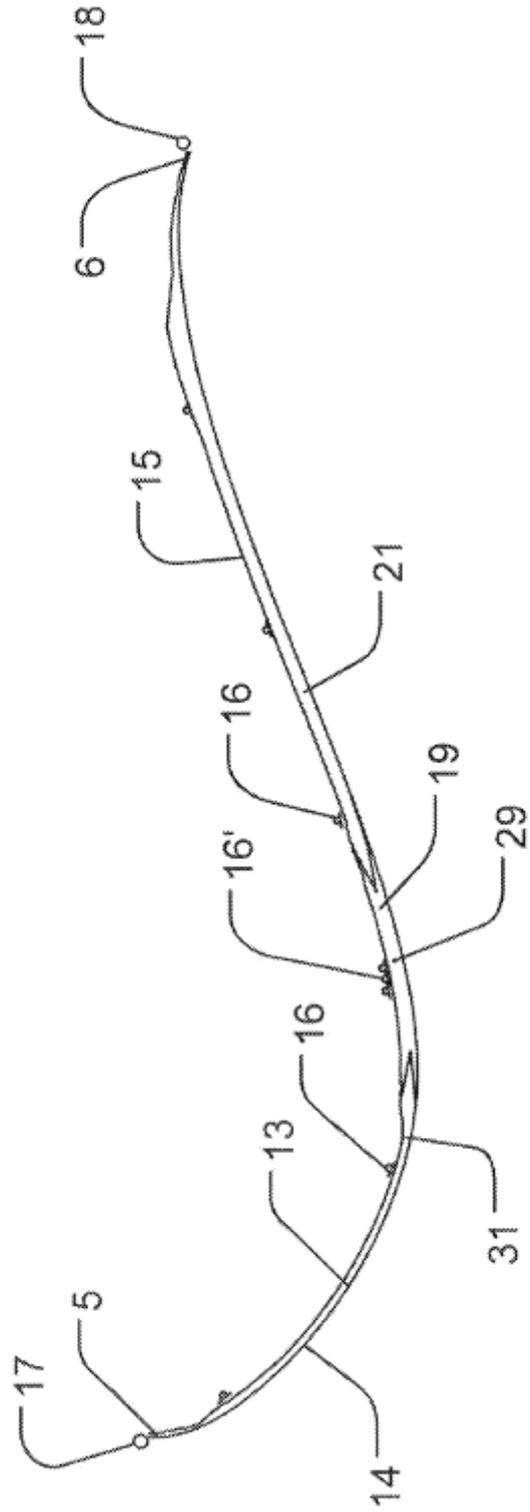


Fig. 4

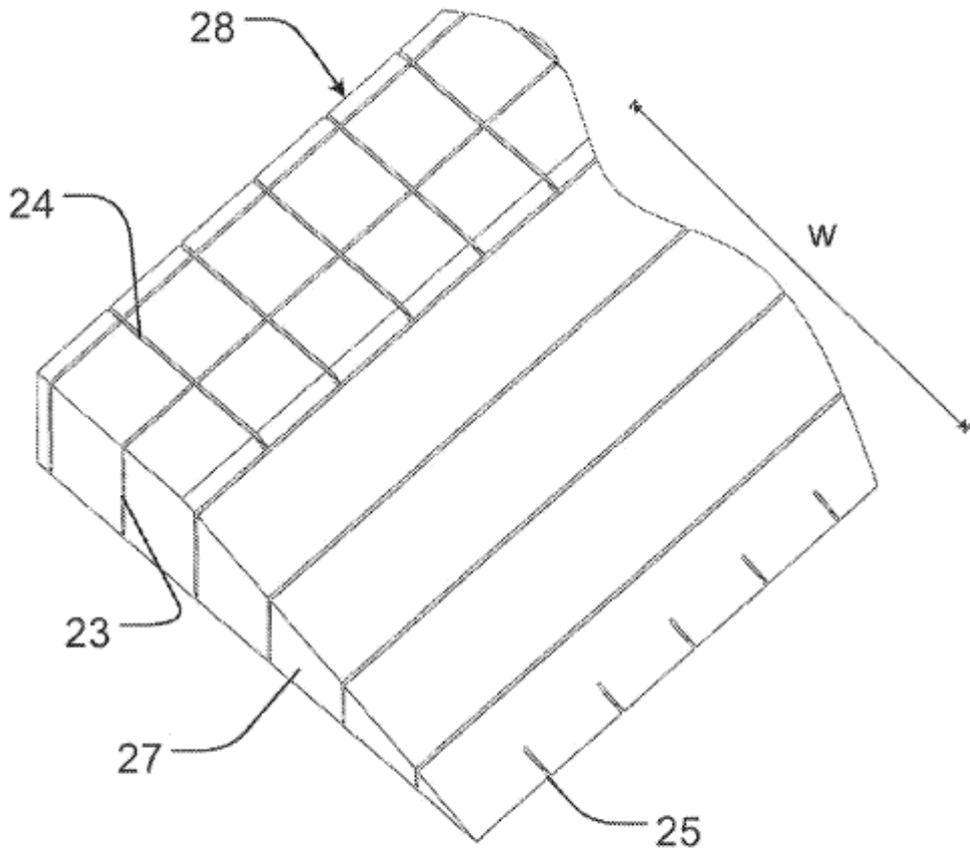


Fig. 5