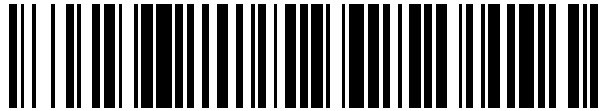


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 920 514**

51 Int. Cl.:

|                   |           |
|-------------------|-----------|
| <b>B29C 70/34</b> | (2006.01) |
| <b>B29C 70/54</b> | (2006.01) |
| <b>B29D 99/00</b> | (2010.01) |
| <b>F03D 1/06</b>  | (2006.01) |
| <b>B29L 31/08</b> | (2006.01) |

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **13.07.2018 PCT/EP2018/069110**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **17.01.2019 WO19012119**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **13.07.2018 E 18738341 (9)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.03.2022 EP 3651975**

54 Título: **Una pala de turbina eólica y un método de fabricación de la pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

**13.07.2017 EP 17181167**

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

**04.08.2022**

73 Titular/es:

**LM WIND POWER A/S (100.0%)  
Jupitervej 6  
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

**LUND-LAVERICK, MICHAEL y  
NIELSEN, LARS**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

**ES 2 920 514 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

Una pala de turbina eólica y un método de fabricación de la pala de turbina eólica

## Campo técnico

5 [0001] La presente invención se refiere a un método de fabricación de una pala de turbina eólica, que comprende las etapas de colocación de capas de un primer material de fibra en un molde, la disposición de elementos de núcleo sobre dichas capas, la colocación adicional de capas de un primer material de fibra sobre los elementos de núcleo, la infusión de dicho primer material de fibra y de los elementos de núcleo con una primera resina y el curado de dicha primera resina para formar una estructura de sándwich de la pala de turbina eólica, en la que los componentes de laminados principales ("main laminate components") se disponen en los huecos formados por los elementos de núcleo unidos a la estructura de sándwich para formar una parte de la concha de pala.

10

[0002] La presente invención se refiere además a una pala de turbina eólica de este tipo.

## Antecedentes

15 [0003] Es conocido que las palas de las turbinas eólicas modernas se han hecho más grandes y pesadas en un esfuerzo por aumentar la producción de energía de la turbina eólica. Esto se consigue aumentando el perfil aerodinámico de las palas de la turbina eólica y, por tanto, aumentando la longitud de la pala. El aumento del tamaño de la pala del aerogenerador también incrementa las cargas aerodinámicas y estáticas sobre la pala del aerogenerador, lo que a su vez también requiere unos bujes y unos bastidores principales de góndola más grandes y pesados para poder transferir estas cargas a la torre de la turbina eólica.

20

[0004] En el caso de las palas de turbinas eólicas de mayor tamaño, se necesitan moldes más grandes para fabricar las piezas de la concha de pala de estas grandes palas de turbina eólica. Esto, a su vez, aumenta la cantidad de materiales necesarios para fabricar la concha de pala y la estructura de soporte de carga dispuesta dentro de la concha de pala, con lo que se incrementan aún más los costes y el tiempo totales de fabricación.

25

[0005] La pala de la turbina eólica puede fabricarse colocando capas de un laminado de un material de fibra en un molde de pala, opcionalmente después de haber aplicado un recubrimiento de gel a la superficie de moldeo. Opcionalmente, se puede disponer un material de núcleo entre un primer conjunto de capas de material de fibra y un segundo conjunto de capas de material de fibra para formar una estructura de sándwich. A continuación, se introduce una resina en el material de fibra y el material de núcleo opcional, y finalmente se cura para formar una primera pieza de concha de pala con un perfil aerodinámico deseado.

30

[0006] El proceso se repite entonces para una segunda parte de la concha de pala. Las dos partes de la concha de pala curadas pueden entonces unirse mediante un adhesivo. Las superficies exteriores, opcionalmente sólo las líneas de pegamento, de la concha de pala pueden ser trabajadas en su forma acabada y luego revestidas para formar la pala de turbina eólica acabada.

35

[0007] El documento WO 2014/096002 divulga un proceso de fabricación en dos etapas, en el que se colocan inicialmente capas de un material de fibra sobre la superficie de moldeo, tras lo cual se colocan los elementos de núcleo, los refuerzos del borde de salida y los refuerzos del borde de ataque. A continuación, se colocan otras capas de material de fibra sobre los elementos de núcleo y los refuerzos de los bordes de salida y de ataque. A continuación se introduce una resina y se cura. A continuación, se dispone un laminado principal continuo de la pala de la turbina eólica en un hueco continuo formado por los elementos de núcleo. A continuación, el laminado principal se fija a la parte de la pala anteriormente curada, por ejemplo, introduciendo una resina que luego se cura.

45

[0008] El documento EP 3086924 A1 divulga un proceso de fabricación de una sola etapa, en el que se colocan inicialmente capas de un material de fibra y luego elementos de núcleo sobre la superficie de moldeo. Después, las capas de un primer y un segundo laminado principal se disponen en un primer hueco y un segundo hueco formados por los elementos de núcleo. Finalmente, se colocan segundas capas de un material de fibra sobre los elementos de núcleo y, además, sobre el primer y el segundo laminado principal. A continuación se introduce una resina y se cura. Se disponen además tejidos permeables en ambos lados de cada laminado principal para facilitar el flujo de resina hacia cada laminado principal. El documento EP 2788176 A1 divulga un proceso de fabricación alternativo, en el que las porciones múltiples de la concha de pala se prefabrican por separado utilizando moldes de fabricación y luego se unen en un molde de unión. Una porción central anteriormente curada que comprende un elemento de núcleo central, un laminado principal y además un primer elemento de núcleo lateral situado a cada lado del elemento de núcleo central se coloca inicialmente en el molde de unión. Otras porciones anteriormente curadas que comprenden segundos elementos centrales laterales se colocan posteriormente en el molde de unión y luego se unen a cada primer elemento central mediante una infusión al vacío. Alternativamente, los segundos elementos centrales laterales pueden colocarse directamente en el molde de unión y luego infundirse y curarse.

55

5 [0009] EP 3099471 A1 divulga un proceso de fabricación en dos etapas en el que se colocan capas de un primer material de fibra en un molde, se infunden con una primera resina y se curan. Posteriormente, se colocan capas de un segundo material de fibra sobre la estructura curada y se infundona con una segunda resina. El segundo material de fibra infundonado se cura finalmente para formar una pala de turbina eólica integrada.

[0010] EP 1162058 A1 divulga un proceso de fabricación de una estructura compuesta que tiene un material de núcleo hueco intercalado entre capas de un material reforzado con fibras, en el que la resina puede infundirse de manera uniforme y rápida debido a la forma del material de núcleo.

## 10 Objeto de la invención

[0011] Un objeto de la invención es proporcionar un método y una pala de turbina eólica que resuelva los problemas mencionados.

15 [0012] Otro objeto de la invención es proporcionar un método y una pala de turbina eólica que reduzca el tiempo total de fabricación.

[0013] Otro objeto de la invención es proporcionar un método y una pala de turbina eólica que proporcione una disposición mejorada de los laminados principales.

## Descripción detallada de la invención

20 [0014] Un objeto de la invención se consigue mediante un método de fabricación de una pala de turbina eólica, el método comprende las etapas de:

- colocar un número de primeras capas de un primer material de fibra en un molde, las primeras capas definiendo una superficie lateral exterior de la pala de turbina eólica,
- disponer un número de elementos de núcleo de un material de núcleo sobre dicho primer número de capas,
- 25 • colocar además un número de segundas capas del primer material de fibra sobre al menos dicho número de elementos de núcleo, las segundas capas definiendo una superficie lateral interna de la pala de turbina eólica,
- infundonar dichas capas de material de primera fibra y dichos elementos de núcleo con una primera resina,
- curar sustancialmente dicha primera resina para formar una estructura de sándwich de la pala de turbina eólica,
- 30 • disponer un número de componentes de laminado principal en un número correspondiente de huecos formados por dicho número de elementos de núcleo,
- fijar dichos componentes de laminado principal a la estructura de sándwich para formar una parte de concha de pala de turbina eólica, caracterizado porque
- un elemento de núcleo central está dispuesto entre al menos dos elementos de núcleo laterales, en el que

35 dichos al menos dos elementos de núcleo laterales están separados del elemento de núcleo central en una dirección de cuerda para formar un primer hueco para recibir un primer componente de laminado principal y un segundo hueco para recibir un segundo componente de laminado principal.

40 [0015] Esto proporciona un método mejorado de fabricación de palas de turbinas eólicas de gran tamaño que tienen un laminado principal dividido o una tapa de larguero ("spar cap"). Esto permite fabricar la parte de la concha de pala mediante un proceso en dos etapas, en el que la estructura de soporte de carga y el resto de la parte de la concha de pala se fabrican en etapas separadas. Esto, a su vez, permite mejorar el proceso de colocación de la estructura de soporte y, por tanto, reducir el tiempo total de fabricación. Esto también puede permitir una colocación optimizada de la estructura de soporte y/o una transferencia optimizada de las cargas del alma a cortante.

45 [0016] El presente método puede utilizarse ventajosamente para fabricar la parte aerodinámica de la concha de pala en una primera etapa y, a continuación, fabricar al menos los laminados principales en una segunda etapa. Opcionalmente, las almas a cortante o la viga de caja adyacentes pueden fabricarse junto con el laminado principal respectivo, formando así una estructura integrada. Las almas a cortante o la viga de caja pueden estar formadas por uno o varios subelementos unidos entre sí.

50 [0017] Inicialmente, se proporciona un molde de pala que tiene una superficie de moldeo conformada para formar un lado de presión o succión de la pala de turbina eólica fabricada. La superficie de moldeo se extiende en dirección longitudinal desde un primer extremo, por ejemplo una raíz de pala, hasta un segundo extremo, por ejemplo un extremo

de punta. La superficie de moldeo se extiende además en dirección de la cuerda desde un primer borde, por ejemplo un borde de ataque, hasta un segundo borde, por ejemplo un borde de salida.

5 **[0018]** En la superficie de moldeo se colocan varias primeras capas de un primer material de fibra en la dirección longitudinal y/o de la cuerda. Aquí, el término genérico "primer material de fibra" se refiere a cualquier tipo de material de fibra utilizado para formar la estructura de sándwich. Por ejemplo, pueden disponerse una, dos, tres o más primeras capas en una configuración apilada sobre la superficie de moldeo. Estas primeras capas forman un revestimiento exterior de la parte de concha de pala. Opcionalmente, puede aplicarse un recubrimiento, por ejemplo un recubrimiento de gel ("gel-coat"), a la superficie de moldeo antes de la colocación de las primeras capas. Esto reduce la cantidad de  
10 moldeo posterior necesario y, por tanto, el tiempo de acabado.

15 **[0019]** A continuación, se colocan uno o varios elementos de núcleo central sobre las primeras capas anteriores en dirección longitudinal. Los elementos de núcleo central pueden estar dispuestos a una longitud de cuerda predeterminada medida desde el borde de ataque o de salida. Los elementos de núcleo central pueden utilizarse, tras el curado de la primera resina, para guiar la estructura portante, si está prefabricada o preapilada, a su posición correcta o como barrera lateral durante la colocación, como se describe más adelante.

20 **[0020]** Uno o más elementos de núcleo lateral se sitúan además en las primeras capas mencionadas a ambos lados de los elementos de núcleo central. Una serie de primeros elementos de núcleo lateral están separados de los elementos de núcleo central hacia el borde de ataque para formar un primer hueco que se extiende en la dirección longitudinal. Varios elementos de segundo núcleo lateral están separados de los elementos de núcleo central hacia el borde de salida para formar un segundo hueco que se extiende en la dirección longitudinal. Esto permite distribuir las cargas y tensiones en la parte de concha de pala.

25 **[0021]** A continuación, se colocan varias segundas capas del primer material de fibra sobre los anteriores elementos centrales y laterales de núcleo en la dirección longitudinal y/o de cuerda. Las segundas capas se extienden además a lo largo de las primeras capas anteriores en los primeros y segundos huecos. Por ejemplo, pueden disponerse una, dos, tres o más segundas capas en una configuración apilada. Estas segundas capas forman un revestimiento interior de la parte de concha de pala, encerrando así los respectivos elementos centrales.

30 **[0022]** Tras el apilamiento, las segundas capas se cubren con un material de bolsa y se introduce una primera resina en el material de fibra mediante un proceso VARTM (moldeo por transferencia de resina asistido por vacío) o RTM (moldeo por transferencia de resina). A continuación, la primera resina se cura en una primera etapa para formar una estructura de sándwich de la pieza de concha de pala. En los huecos respectivos, la primera y la segunda capa forman un laminado combinado con un grosor mayor. Se fabrican un primer y un segundo laminado principal, como se describe  
35 más adelante, y luego se fijan a la estructura de sándwich anterior en una cuna de soporte de pala o en el molde de pala. Esto permite que el laminado principal dividido se coloque y fije con precisión en la parte de concha de pala, ya que los elementos centrales del núcleo pueden utilizarse para alinear cada laminado principal.

40 **[0023]** Según una realización, al menos uno de dichos primer y segundo componentes de laminado principal comprende una pluralidad de capas de un segundo material de fibra dispuestas en una configuración apilada, en la que dicho al menos uno de los primer y segundo componentes de laminado principal se une mediante la infusión de dichas capas de segundo material de fibra con una segunda resina y el posterior curado de dicha segunda resina.

45 **[0024]** El primer y/o segundo laminado principal puede fabricarse disponiendo una pluralidad de capas de un segundo material de fibra en una configuración apilada. Aquí, el término genérico "segundo material de fibra" se refiere a cualquier tipo de material de fibra utilizado para formar el laminado principal. La colocación de estas capas puede realizarse en un molde de laminado principal o separado del molde de pala. Las capas individuales pueden coserse o envolverse entre sí utilizando otras fibras o sujetarse de otro modo, ya sea durante o después de la colocación. De  
50 este modo se obtiene un componente laminado principal apilado en seco que puede colocarse en el hueco respectivo de la estructura de sándwich mencionada.

55 **[0025]** Las capas individuales pueden unirse alternativamente con un aglutinante termoplástico o un adhesivo o una resina dispuestos entre las capas individuales. Alternativamente, las capas individuales, por ejemplo, los tejidos o las hebras individuales de los mismos, pueden cubrirse con dicho aglutinante termoplástico o adhesivo de manera que las capas estén en contacto directo entre sí. Las capas apiladas pueden así formar un componente de laminado principal preformado o prefabricado. Estos componentes de laminado principal preformados o prefabricados pueden entonces colocarse en el hueco respectivo de la estructura de sándwich mencionada.

60 **[0026]** Una vez colocado, el componente de laminado principal puede cubrirse con un material de bolsa, y se introduce una segunda resina en el segundo material de fibra mediante un proceso VARTM o RTM. La segunda resina se cura entonces para integrar el componente de laminado principal en la parte de concha de pala.

65 **[0027]** Según una realización especial, dichas capas del segundo material de fibra se colocan directamente en el primer o segundo hueco.

- 5 **[0028]** El proceso de colocación de las capas del primer y/o segundo laminado principal puede realizarse, alternativamente, directamente en los huecos respectivos. Los elementos de núcleo central y los elementos de núcleo lateral pueden así funcionar como barreras laterales durante este proceso de colocación, permitiendo así una colocación más precisa de las capas individuales. De este modo se forma también un componente de laminado principal apilado en seco.
- 10 **[0029]** Opcionalmente, puede colocarse al menos una capa de segundo material de fibra para que se extienda sobre el elemento de núcleo central y se extienda, además, parcial o totalmente, sobre los laminados principales primero y segundo. Esto forma un revestimiento intermedia o porciones de revestimiento entre los laminados principales primero y segundo, como se menciona más adelante.
- 15 **[0030]** Según otra realización especial, al menos uno de dichos primer y segundo componentes de laminado principal se fabrica por separado de la pala de turbina eólica utilizando un molde de laminado principal, y luego se fija a la estructura de sándwich mediante un adhesivo.
- 20 **[0031]** Alternativamente, la segunda resina puede introducirse en las capas del primer y/o segundo laminado principal tras la colocación en el molde de laminado principal para formar una estructura preimpregnada. Este componente preimpregnado del laminado principal puede entonces colocarse en el hueco respectivo de la estructura de sándwich y finalmente curarse. El molde de laminado principal puede tener una superficie de moldeo que corresponda sustancialmente a la forma del hueco respectivo formado en la estructura de sándwich. Esto permite fabricar el laminado principal por separado de la pieza de concha de pala, por ejemplo, en condiciones controladas.
- 25 **[0032]** La segunda resina puede curarse alternativamente para formar una estructura prefabricada cuando el primer y/o segundo laminado principal está todavía en el molde de laminado principal. Este componente de laminado principal prefabricado puede entonces colocarse en el hueco respectivo de la estructura de sándwich y fijarse mediante un adhesivo dispuesto entre el laminado principal y el hueco. El adhesivo puede, por ejemplo, aplicarse a las superficies del hueco y/o a las superficies correspondientes de laminado principal antes o después de la colocación del componente de laminado principal prefabricado. Por ejemplo, el adhesivo puede ser un adhesivo fluido o una cinta o película adhesiva.
- 30 **[0033]** El revestimiento intermedio o las porciones de revestimiento pueden entonces impregnarse con la segunda resina y, opcionalmente, curarse en el molde de laminado principal antes de que los componentes de laminado principal se coloquen en los huecos.
- 35 **[0034]** Según una realización, la primera resina se introduce en al menos las capas de material de la primera fibra a través de un canal de entrada central situado entre dichos huecos primero y segundo.
- 40 **[0035]** Pueden disponerse varias entradas y salidas en la superficie interior de las segundas capas mencionadas antes de introducir la primera resina. Las entradas y salidas individuales pueden comprender cada una una abertura, por ejemplo un canal en forma de omega, configurado para guiar la primera resina hacia el interior o el exterior del primer material de fibra, respectivamente. Al menos un canal de entrada central puede estar dispuesto en los elementos de núcleo central y al menos un canal de entrada lateral puede estar dispuesto en los elementos de núcleo lateral. Al menos un canal de salida puede estar dispuesto en los elementos de núcleo central y/o en los elementos de núcleo lateral. Esto permite impregnar eficazmente el primer material de fibra con la primera resina.
- 45 **[0036]** Del mismo modo, pueden distribuirse varias entradas y salidas en la superficie interior de cada uno de los laminados principales primero y segundo antes de introducir la segunda resina. Alternativa o adicionalmente, la(s) entrada(s) puede(n) estar dispuesta(s) en un revestimiento intermedio o en porciones de revestimiento que se extienden entre el primer y el segundo laminado principal, como se describe más adelante. Esto permite impregnar eficazmente el segundo material de fibra con la segunda resina.
- 50 **[0037]** Alternativamente, la(s) entrada(s) puede(n) estar dispuesta(s) entre lo(s) primero(s) y segundo(s) laminados(s) principal(es) y la(s) salida(s) puede(n) estar dispuesta(s) en los lados opuestos de lo(s) primero(s) y segundo(s) laminados(s), o viceversa. De este modo, no hay entradas ni salidas dispuestas en las superficies interiores de los laminados principales primero y segundo. Esto también permite impregnar eficazmente el segundo material de fibra con la segunda resina.
- 55 **[0038]** Las entradas y salidas individuales pueden comprender cada una una abertura, por ejemplo un canal en forma de omega, configurado para guiar la segunda resina hacia el interior o el exterior del segundo material de fibra, respectivamente. La(s) entrada(s) puede(n) estar dispuesta(s) hacia una línea central del primer o segundo laminado principal, mientras que la(s) salida(s) puede(n) estar dispuesta(s) hacia los bordes opuestos del primer o segundo laminado principal, o viceversa. Esto permite impregnar eficazmente el segundo material de fibra con la segunda resina.
- 60

- 5 **[0039]** Los laminados principales primero y segundo pueden impregnarse y/o curarse simultáneamente en una o más etapas combinadas. Alternativamente, el primer laminado principal puede impregnarse y curarse en una primera etapa y el segundo laminado principal puede impregnarse y curarse en una segunda etapa, o viceversa.
- 5 **[0040]** Según otra realización especial, dicha primera resina se introduce en el material de la primera fibra a través de segundos canales de flujo integrados en el elemento central del núcleo.
- 10 **[0041]** Los elementos de núcleo lateral pueden comprender una red de flujo de resina integrada, configurada para distribuir la primera resina sobre la superficie y permitir que la primera resina fluya hacia el material de fibra tanto en la primera como en la segunda capa. Por ejemplo, la red de flujo puede estar formada en el lado superior y/o en el lado inferior de los elementos de núcleo laterales. Las ranuras individuales pueden estar interconectadas y extenderse en la dirección longitudinal y/o en la dirección de cuerda. Esto facilita el flujo de la primera resina en el material de fibra y reduce el riesgo de que se formen puntos secos.
- 15 **[0042]** Asimismo, el elemento de núcleo central puede comprender una red integrada de flujo de resina. Por ejemplo, la red de flujo de resina puede estar formada en el lado superior y/o en el lado inferior de los elementos de núcleo central. Al menos una ranura central puede extenderse en la dirección longitudinal y puede funcionar como una entrada central para conducir la resina a la red de flujo de resina. Una pluralidad de ranuras laterales puede extenderse en la dirección de cuerda y estar interconectada con la ranura central. Por ejemplo, la ranura central puede tener un perfil de sección transversal mayor que el perfil de sección transversal de las ranuras laterales. Esto facilita aún más el flujo de la primera resina a través del material de fibra y reduce el riesgo de que se formen puntos secos.
- 20 **[0043]** Según una realización especial, la segunda resina se introduce en al menos las capas de material de la segunda fibra a través de un canal de entrada central situado entre dichos componentes principales del laminado.
- 25 **[0044]** En esta configuración alternativa, los elementos de núcleo central pueden estar parcial o totalmente impregnados con la segunda resina junto con los laminados principales primero y segundo. Por ejemplo, los elementos de núcleo central pueden estar impregnados con una mezcla de la primera resina y la segunda resina. Por ejemplo, la porción de la primera capa de material de fibra que se apoya en los elementos del núcleo central y, opcionalmente, en el lado inferior de los elementos de núcleo central, puede impregnarse con la primera resina y, a continuación, curarse en la primera etapa de curado. Por ejemplo, la porción de la segunda capa del material de la primera fibra que hace tope con el elemento de núcleo central y, opcionalmente, el lado superior de los elementos de núcleo central pueden impregnarse con la segunda resina y luego curarse en la segunda etapa de curado. Esto permite impregnar las dos láminas principales con la segunda resina simultáneamente utilizando el canal de entrada central mencionado.
- 30 **[0045]** Según otra realización especial, dicha segunda resina se introduce en el segundo material de fibra a través de los primeros canales de flujo integrados en el elemento central del núcleo.
- 35 **[0046]** La red de flujo de resina en los elementos centrales del núcleo puede utilizarse alternativamente para guiar también la segunda resina al interior de los laminados principales primero y segundo a través de los bordes laterales opuestos, como se describe más adelante. Esto permite una introducción más uniforme de la resina en los laminados principales primero y segundo.
- 40 **[0047]** Un objeto de la presente invención se consigue también mediante una pala de turbina eólica fabricada como se ha descrito anteriormente, la pala de turbina eólica se extiende desde una raíz de pala hasta un extremo de punta en una dirección longitudinal y además desde un borde de ataque hasta un borde de salida en una dirección de cuerda, la pala de turbina eólica comprende al menos una parte de concha de pala que tiene una superficie lateral exterior y una superficie lateral interior, la al menos una parte de concha de pala comprende una estructura de sándwich que tiene un primer número de capas de un primer material de fibra, un elemento de núcleo central al menos dos elementos de núcleo laterales y un segundo número de capas de un primer material de fibra, en el que el elemento de núcleo central está separado de los al menos dos elementos de núcleo laterales para formar un primer hueco y un segundo hueco, en el que un primer laminado principal está dispuesto en el interior del primer hueco y un segundo laminado principal está dispuesto en el interior del segundo hueco, en el que dicho segundo número de capas de un primer material de fibra se extiende a lo largo del elemento de núcleo central, de los al menos dos elementos de núcleo laterales y además a lo largo del primer número de capas dentro del primer y segundo huecos.
- 45 **[0048]** El presente método puede utilizarse adecuadamente para fabricar palas de turbina eólica que tengan una longitud de pala igual o superior a 35 metros, preferiblemente igual o superior a 50 metros. El presente método puede utilizarse adecuadamente para fabricar palas de turbina eólica que tengan un laminado principal dividido. Los elementos del núcleo central se utilizan adecuadamente para alinear correctamente las capas individuales de los laminados principales durante el proceso de colocación. Esto reduce el riesgo de que se formen arrugas en los laminados principales.
- 50 **[0049]** La pala de turbina eólica puede ser una pala de envergadura completa o una pala modular que comprende al
- 55
- 60
- 65

menos secciones de pala configuradas para ser unidas entre sí. La pala de turbina eólica puede comprender al menos dos partes de concha de pala que juntas forman el perfil aerodinámico o el cuerpo de pala de turbina eólica. Cada parte de concha de pala comprende una estructura de sándwich en la que un primer y un segundo laminado principal están integrados en la concha de pala. Los elementos centrales y laterales del núcleo forman un primer y un segundo hueco en los que se colocan el primer y el segundo laminado principal. Los laminados principales primero y segundo forman parte de la estructura de soporte.

**[0050]** Los revestimientos interior y exterior de la estructura de sándwich se extienden por encima de los elementos individuales de núcleo y a lo largo de los huecos primero y segundo. Los revestimientos interior y exterior forman así un revestimiento o laminado combinado en dichos huecos primero y segundo. Los laminados principales primero y segundo están unidos al menos a las superficies laterales opuestas y al lado inferior de los huecos primero y segundo. Esto permite una fijación firme entre los laminados principales y el resto de la parte de la concha de pala.

**[0051]** Opcionalmente, un revestimiento interior del primer y/o segundo laminado principal puede extenderse parcialmente sobre el revestimiento interior de la estructura de sándwich. El revestimiento interior puede estar formado por una o varias capas de un segundo material de fibra, como se describe a continuación. El revestimiento interior puede estar formado por un único elemento continuo o por múltiples elementos que se extienden a lo largo del laminado principal respectivo. El revestimiento interior puede utilizarse adecuadamente para fijar el laminado principal a la superficie interior de la estructura de sándwich. Alternativamente, el revestimiento interior puede funcionar como una barrera de pegamento durante la fijación.

**[0052]** Según una realización, al menos uno de los laminados principales primero y segundo comprende una pluralidad de capas de un segundo material de fibra infundido con una segunda resina.

**[0053]** Uno o ambos laminados principales pueden comprender una pluralidad de capas de un segundo material de fibra dispuestas en una configuración apilada. Las capas pueden formar así un laminado de segundo material de fibra. Opcionalmente, las capas pueden formar también un revestimiento intermedio o brida de instalación, como se menciona más adelante. Las capas pueden estar impregnadas con una segunda resina y luego curadas, como se ha descrito anteriormente.

**[0054]** Según una realización, dichos laminados principales primero y segundo están interconectados por al menos un revestimiento intermedio o brida de instalación que se extiende sobre el lado superior del elemento central de núcleo.

**[0055]** Una o más capas superiores del laminado anterior pueden formar un revestimiento interior. Por ejemplo, una, dos, tres o más capas pueden formar el revestimiento interior. El revestimiento interior puede extenderse sobre la anchura del laminado principal y, además, parcialmente sobre la superficie interior de la estructura de sándwich. El revestimiento interior puede formar una serie de primeras bridas de instalación orientadas hacia el elemento central de núcleo y una serie de segundas bridas de instalación orientadas hacia los elementos laterales de núcleo. Las primeras bridas de instalación individuales de los laminados principales primero y segundo pueden estar alineadas o desplazadas en la dirección longitudinal. Las primeras bridas de instalación del primer laminado principal pueden sobresalir respecto, o cruzarse con, las primeras bridas de instalación del segundo laminado principal, cubriendo así parcial o totalmente el revestimiento interior sobre los elementos de núcleo central. Esto aumenta el área total de fijación. Las bridas de instalación individuales del primer y segundo laminado pueden funcionar también como barreras de pegamento durante la fijación.

**[0056]** Las bridas de instalación primera y segunda pueden estar interconectadas para formar una pluralidad de porciones de revestimiento intermedio o un revestimiento intermedio que se extienda sobre la totalidad de los elementos de núcleo central. El revestimiento intermedio o las porciones de revestimiento pueden comprender al menos una capa de material de segunda fibra. Esta configuración puede ser adecuada para elementos de núcleo central muy estrechos. Esto permite que la segunda resina fluya desde una entrada central a ambos laminados principales o desde ambos laminados principales a una salida central.

**[0057]** Los laminados principales primero y segundo pueden tener cada uno un lado inferior, un lado superior y superficies de borde opuestas. Por ejemplo, la superficie del lado superior puede estar sustancialmente enrasada con la superficie interior adyacente de la estructura de sándwich. Alternativamente, el lado superior puede formar una porción saliente que se extiende desde la superficie interior adyacente de la estructura de sándwich. Una porción adyacente de la segunda capa puede tener un perfil ahusado que se estrecha desde el laminado principal hacia el borde de salida o, de entrada. Esto puede conseguirse añadiendo una o más capas adicionales en el revestimiento interior. Alternativamente, el elemento central lateral contiguo puede tener un perfil cónico que se ahúsa desde el laminado principal hacia el borde de salida o de ataque. De este modo, se consigue una transición suave entre el laminado principal y la estructura de sándwich.

**[0058]** Las superficies de los bordes pueden enfrentarse a los elementos de núcleo central y a los elementos de núcleo lateral, respectivamente. Por ejemplo, una primera superficie de borde del primer laminado principal puede enfrentarse

a una segunda superficie de borde del segundo laminado principal. Dichas superficies de borde primera y segunda de cada laminado principal pueden estar conformadas para formar un perfil de borde ahusado o inclinado. Esto permite aumentar la rigidez y una transferencia óptima de la tensión desde el laminado principal al resto de la parte de la concha de pala.

5 **[0059]** Según una realización, dicha primera resina es igual a dicha segunda resina, y/o dicho primer material de fibra es igual a dicho segundo material de fibra.

10 **[0060]** La primera resina puede, por ejemplo, ser igual a la segunda resina, de modo que puede utilizarse la misma resina para impregnar el material de fibra tanto en la estructura de sándwich como en los laminados principales. Esto permite que la primera y la segunda resina tengan las mismas propiedades adhesivas para adherirse a los materiales de fibra primero y segundo respectivamente.

15 **[0061]** La primera resina puede, por ejemplo, diferir de la segunda, por lo que pueden utilizarse dos tipos de resina para fabricar la estructura de sándwich y los laminados principales. Por ejemplo, la primera resina puede ser una resina que se cura mediante una reacción química catalítica. La primera resina puede ser una resina a base de poliéster o viniléster. Por ejemplo, la segunda resina puede ser una resina que se cura mediante la aplicación de calor, como una resina de base epoxi. Pueden utilizarse otros tipos de resinas de curado por calor o activadas por calor.

20 **[0062]** El primer material de fibra puede, por ejemplo, ser igual al segundo material de fibra, de modo que puede utilizarse el mismo material de fibra tanto en la estructura de sándwich como en los laminados principales. Esto permite que el primer y el segundo material de fibra tengan las mismas propiedades estructurales. El primer material de fibra puede, por ejemplo, ser diferente del segundo, por lo que pueden utilizarse dos tipos de materiales de fibra para fabricar la estructura de sándwich y los laminados principales. Esto permite aumentar la resistencia estructural.

25 **[0063]** Por ejemplo, el primer y/o segundo material de fibra puede comprender fibras de vidrio, carbono o aramida. Alternativamente, el primer y/o segundo material de fibra puede comprender una mezcla de fibras, como una mezcla de vidrio y carbono. Por ejemplo, el primer y/o segundo material de fibra puede comprender fibras unidireccionales, fibras multiaxiales, fibras triaxiales, fibras biaxiales u otras orientaciones de fibra o una combinación de ellas.

30 **[0064]** Según una realización, el elemento de núcleo central tiene un lado superior, un lado inferior y dos superficies de borde opuestas, en las que el elemento del núcleo central comprende una red integrada de flujo de resina configurada para guiar la resina no curada desde una entrada central y a lo largo del elemento de núcleo central, opcionalmente, hacia los laminados principales primero y segundo.

35 **[0065]** Los elementos del núcleo central se extienden en la dirección longitudinal desde un primer extremo local hasta un segundo extremo local. Por ejemplo, el primer extremo local puede estar situado en el primer extremo o colocado a una distancia predeterminada del primer extremo. Por ejemplo, el segundo extremo local puede estar situado en el segundo extremo o colocado a una distancia predeterminada del segundo extremo. El elemento de núcleo central tiene además una primera y una segunda superficie de borde, en la que una o ambas superficies de borde pueden estar conformadas para formar un perfil de borde ahusado o inclinado. Por ejemplo, el elemento de núcleo central puede tener un perfil de sección transversal sustancialmente trapezoidal. Esto permite una fabricación más fácil de la pieza de concha de pala.

45 **[0066]** Cada uno de los elementos de núcleo central puede comprender al menos una red integrada de flujo de resina que se extiende entre las superficies de los bordes opuestos y/o los extremos opuestos del elemento de núcleo central. Por ejemplo, una primera red de flujo de resina puede estar dispuesta en el lado superior y una segunda red de flujo de resina puede estar dispuesta en el lado inferior, como se ha descrito anteriormente. La red de flujo de resina puede estar configurada para distribuir la resina no curada, por ejemplo, la primera o la segunda resina, a lo largo del elemento del núcleo central y en el primer material de fibra y, por ejemplo, también en el segundo material de fibra. La resina puede alimentarse a través de una entrada central situada por encima del elemento del núcleo central y salir por una salida, por ejemplo, situada por encima del elemento del núcleo lateral. Esto permite una distribución uniforme de la resina sobre los elementos centrales. Esto reduce el riesgo de deslaminación de la estructura central del sándwich o de los elementos centrales del mismo.

55 **[0067]** Los primeros elementos laterales de núcleo se extienden en la dirección longitudinal desde un primer extremo local hasta un segundo extremo local y, además, en la dirección de cuerda desde un primer borde local orientado hacia los elementos centrales de núcleo hasta un segundo borde local orientado hacia el borde de ataque. Los segundos elementos laterales de núcleo se extienden en la dirección longitudinal desde un primer extremo local hasta un segundo extremo local y, además, en la dirección de cuerda desde un primer borde local orientado hacia los elementos centrales de núcleo hasta un segundo borde local orientado hacia el borde de salida. Cada elemento central lateral tiene además una primera y una segunda superficie de borde. Una o ambas superficies de borde orientadas hacia el elemento central de los primeros y segundos elementos laterales de núcleo pueden estar conformadas para formar un perfil de borde ahusado o inclinado. Esto permite además una fabricación más sencilla de la pieza de la concha de pala.

65

- 5 [0068] Del mismo modo, cada uno de los elementos de núcleo laterales puede comprender al menos una red integrada de flujo de resina que se extiende entre las superficies de los bordes opuestos y/o los extremos opuestos del elemento central. Esta red de flujo de resina puede estar configurada para distribuir la primera resina no curada a lo largo del elemento de núcleo lateral y más allá en el material de la primera fibra. La primera resina puede introducirse a través de una o varias entradas situadas por encima de los elementos de núcleo laterales y salir por una o varias salidas situadas por encima de los elementos de núcleo laterales. Esto permite una distribución uniforme de la resina sobre los elementos de núcleo. Así se reduce el riesgo de deslaminación de la estructura sándwich lateral o de los elementos de núcleo laterales de la misma.
- 10 [0069] Los elementos de núcleo central y/o los elementos de núcleo lateral pueden estar hechos de madera de balsa, un material de espuma u otro material ligero adecuado. Por ejemplo, el material de espuma puede ser poliestireno, poliuretano, polietileno, polipropileno, cloruro de policinilo (PVC), acetato de celulosa o nailon.
- 15 [0070] Según una realización especial, la red de flujo de resina comprende una serie de ranuras formadas en al menos uno de los lados superiores, el lado inferior y las dos superficies de borde opuestas.
- 20 [0071] La mencionada red de flujo de resina puede fabricarse mediante el mecanizado CNC de los respectivos elementos del núcleo. La red de flujo de resina puede estar formada por ranuras de profundidad constante o variable. Esto permite una fabricación sencilla y fácil de la red de resina.
- 25 [0072] Por ejemplo, los elementos de núcleo lateral que se enfrentan al elemento de núcleo central pueden comprender ranuras dispuestas en el lado superior, el lado inferior y en una o ambas superficies de los bordes. Del mismo modo, los elementos de núcleo central pueden comprender ranuras dispuestas en el lado superior, en el lado inferior y en las superficies de los bordes. Alternativamente, los elementos de núcleo central pueden comprender unas primeras ranuras dispuestas en el lado superior y en parte de las superficies de los bordes y unas segundas ranuras dispuestas en el lado inferior y en parte de las superficies de los bordes. Las primeras y segundas ranuras pueden estar separadas entre sí para permitir el flujo independiente de la resina.
- 30 [0073] Como alternativa, las redes de flujo de resina pueden ser tubos incorporados o canales formados internamente y conectados a una pluralidad de aberturas de entrada y de salida dispuestas en las superficies exteriores de los elementos del núcleo. Pueden utilizarse otras configuraciones de las redes de flujo de resina.
- 35 [0074] Según otra realización especial, un elemento permeable a la resina está dispuesto dentro de al menos una de dichas ranuras.
- 40 [0075] El flujo de la primera y/o segunda resina puede mejorarse aún más mediante elementos permeables dispuestos en la red de flujo de resina mencionada, por ejemplo, ranuras. El elemento permeable puede estar formado por una tira, tejido o malla de un material permeable. El material permeable puede ser de poliéster, poliestireno, nylon, poliéter, acetato de polivinilo (PVA) u otro material permeable o poroso adecuado. Esto facilita aún más la distribución de la resina, ya que permite guiarla en la dirección longitudinal y/o de cuerda deseada.
- 45 [0076] Opcionalmente, uno o más medios de flujo o capas distribuidoras de flujo pueden estar dispuestos sobre las primeras y/o segundas capas de material de primera fibra para facilitar el proceso de infusión de la primera resina. Alternativa o adicionalmente, uno o más medios de flujo o capas de distribución de flujo pueden estar dispuestos en las capas de segundo material de fibra para facilitar el proceso de infusión de la segunda resina. Por ejemplo, un medio de flujo o una capa distribuidora de flujo puede extenderse sobre la superficie interior de cada componente principal de laminado. Por ejemplo, un medio de flujo o una capa distribuidora de flujo puede extenderse sobre las superficies interiores de los componentes de laminado principal primero y segundo y, además, sobre la superficie interior del elemento central.
- 50

### Descripción de los dibujos

- [0077] La invención se explica en detalle a continuación con referencia a las realizaciones mostradas en los dibujos, en las que
- 55 Figura 1 muestra una turbina eólica,
- Fig. 2 muestra una realización a modo de ejemplo de la pala de la turbina eólica,
- Fig. 3 muestra una realización a modo de ejemplo de una porción aerodinámica de una parte de la concha de pala después del primer curado,
- 60 Fig. 4 muestra la parte de la concha de pala después del segundo curado con una primera realización de la estructura de soporte,

- Fig. 5 muestra la parte de la concha de pala después del segundo curado con una segunda realización de la estructura de soporte,
- 5 Figura 6 muestra una realización a modo de ejemplo de un molde de laminado principal,
- Fig. 7 muestra una primera realización de los laminados principales primero y segundo,
- Fig. 8 muestra una segunda realización de los laminados principales primero y segundo,
- 10 Fig. 9 muestra una primera etapa de fabricación de la parte de la concha de pala,
- Fig. 10 muestra una primera realización de una segunda etapa de fabricación de la parte de la concha de pala,
- 15 Fig. 11 muestra una segunda realización de la segunda etapa de fabricación,
- Fig. 12 muestra una tercera realización de la segunda etapa de fabricación,
- Fig. 13 muestra una sección transversal de una primera realización del elemento de núcleo central con un elemento permeable a la resina,
- 20 Fig. 14 muestra una sección transversal de una segunda realización del elemento de núcleo central con una red de flujo de resina integrada, y
- 25 Figura 15 muestra una sección transversal de una tercera realización del elemento del núcleo central con una primera y una segunda red de flujo de resina.

**Lista de referencias**

- [0078]**
- 30 1. Turbina eólica  
2. Torre de turbina eólica  
3. Góndola  
4. Buje
- 35 5. Palas de turbinas eólica  
6. Rodamiento de pitch  
7. Raíz de pala  
8. Extremo de punta  
9. Borde de ataque  
10. Borde de salida
- 40 11. Concha de pala  
12. Lado de presión  
13. Lado de succión  
14. Porción de raíz de pala  
15. Porción aerodinámica de pala
- 45 16. Porción de transición  
17. Longitud de pala de turbina eólica  
18. Longitud de cuerda de pala de turbina eólica  
19. Parte de concha de pala  
20. Primer número de capas del primer material de fibra
- 50 21. Molde de pala  
22. Superficie de moldeo  
23a-b. Elementos de núcleo laterales  
23c Elemento de núcleo central  
24a-b. Huecos
- 55 25. Segundo número de capas de primer material de fibra  
26. Refuerzo de borde de salida  
27. Cuna de soporte de pala  
28a-b. Laminados principales  
29. Espacio
- 60 30a-b. Almas a cortante  
31. Molde principal de laminado  
32. Superficie de moldeo  
33. Capas de segundo material de fibra

- 34. Lado inferior de laminado principal
- 35. Lado superior de laminado principal
- 36. Superficies de bordes
- 37a-b. Bridas de instalación
- 5 38. Entradas
- 39. Tomas de corriente
- 40. Bolsa de vacío
- 41. Elemento permeable a la resina
- 42. Ranura central
- 10 43. Ranuras transversales

15 **[0079]** Los números de referencia enumerados se muestran en los dibujos mencionados, donde no todos los números de referencia se muestran en la misma figura con fines ilustrativos. La misma parte o posición vista en los dibujos se numerará con el mismo número de referencia en diferentes figuras.

### Descripción detallada de los dibujos

20 **[0080]** La Fig. 1 muestra una turbina eólica 1 moderna que comprende una torre de turbina eólica 2, una góndola 3 dispuesta en la parte superior de la torre de turbina eólica 2 y un rotor que define un plano del rotor. La góndola 3 está conectada a la torre de la turbina eólica 2, por ejemplo, a través de una unidad de rodamiento de orientación. El rotor comprende un buje 4 y varias palas de turbina eólica 5. Aquí se muestran tres palas de turbina eólica, pero el rotor puede comprender más o menos palas de turbina eólica 5. El buje 4 está conectado a un tren de potencia, por ejemplo, un generador, situado en la turbina eólica 1 a través de un eje de rotación.

25 **[0081]** El buje 4 comprende una interfaz de montaje para cada pala de turbina eólica 5. Una unidad de rodamiento de pitch 6 está opcionalmente conectada a esta interfaz de montaje y además a una raíz de pala de la pala de la turbina eólica 5.

30 **[0082]** La Fig. 2 muestra una vista esquemática de la pala de la turbina eólica 5 que se extiende en dirección longitudinal desde una raíz de pala 7 hasta un extremo de punta 8. La pala de la turbina eólica 5 se extiende además en dirección de cuerda desde un borde de ataque 9 hasta un borde de salida 10. La pala de la turbina eólica 5 comprende una concha de pala 11 que tiene dos superficies laterales opuestas que definen un lado de presión 12 y un lado de succión 13 respectivamente. La concha de pala 11 define además una porción de raíz de pala 14, una porción de pala aerodinámica 15 y una porción de transición 16 entre la porción de raíz de pala 14 y la porción de pala aerodinámica 15.

40 **[0083]** La porción de raíz de la pala 14 tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica (indicada por líneas discontinuas). La porción de raíz de la pala 14, junto con una estructura de soporte de carga, por ejemplo, un laminado principal combinado con un alma a cortante o una viga de caja, están configurados para añadir resistencia estructural a la pala de la turbina eólica 5 y transferir las cargas dinámicas al buje 4. La estructura de soporte de cargas se extiende entre el lado de presión 12 y el lado de succión 13 y más allá en la dirección longitudinal.

45 **[0084]** La porción aerodinámica de la pala 15 tiene una sección transversal con forma aerodinámica (indicada por líneas discontinuas) diseñada para generar sustentación. El perfil de la sección transversal de la concha de pala 11 se transforma gradualmente del perfil circular o elíptico al perfil aerodinámico en la porción de transición 16.

50 **[0085]** La pala de la turbina eólica 5 tiene una longitud longitudinal 17 de al menos 35 metros, preferiblemente de al menos 50 metros. La pala de la turbina eólica 5 tiene además una longitud de cuerda 18 en función de la longitud 17, en la que la longitud de cuerda máxima se encuentra entre la porción aerodinámica de la pala 15 y la porción de transición 16. La pala de la turbina eólica 5 tiene además un grosor de pala 19 en función de la longitud de cuerda 18, donde el grosor de pala 19 se mide entre el lado de presión 12 y el lado de succión 13.

55 **[0086]** La Fig. 3 muestra una realización a modo de ejemplo de una porción aerodinámica de una parte de concha de pala 19 dispuesta en un molde de pala 21 después del primer curado. La parte de la concha de pala 19 comprende una serie de primeras capas 20 de un material de fibra que se extiende a lo largo de una superficie de montaje 22. Sobre las capas 20 se dispone una serie de primeros y segundos elementos de núcleo laterales 23a, 23b en relación con los bordes de salida y de ataque 9, 10 de la parte de concha de la pala.

60 **[0087]** En las capas 20, entre los elementos de núcleo laterales primero y segundo 23a, 23b, se disponen además varios elementos centrales 23c. El elemento de núcleo central 23c está separado de los elementos de núcleo laterales primero y segundo 23a, 23b para formar un primer hueco 24a y un segundo hueco 24b para recibir los laminados principales de una estructura de soporte de carga (mostrados en las figs. 4-5).

**[0088]** Varias segundas capas 25 se extienden a lo largo de los respectivos elementos centrales 23a-c y más allá de las primeras capas 20 en los respectivos huecos 24a-b, como se indica en la fig. 3.

5 **[0089]** Opcionalmente, el refuerzo del borde de salida 26 está dispuesto además entre las capas primera y segunda 20, 25 para añadir resistencia al borde de salida 10. El refuerzo del borde de ataque (no mostrado) también puede estar dispuesto entre las capas primera y segunda 20, 25 para añadir resistencia al borde de ataque 9.

10 **[0090]** La Fig. 4 muestra la parte de la concha de pala 19 después del segundo curado con una primera realización de la estructura de soporte de carga dispuesta en los primeros y segundos huecos 24a-b. Aquí, la parte de la concha de pala 19 está dispuesta en una cuna de soporte de pala 27.

15 **[0091]** La estructura de soporte de carga comprende un primer laminado principal 28a dispuesto en el primer hueco 24a y un segundo laminado principal 28b dispuesto en el segundo hueco 24b. Entre la superficie interior de las segundas capas 25 y las respectivas superficies inferiores de los primeros y segundos laminados principales 28a-b se forma un hueco 29. Los laminados principales primero y segundo 28a-b están unidos al resto de la parte de la concha de pala 19 mediante un adhesivo dispuesto en los huecos 29.

20 **[0092]** La Fig. 5 muestra la parte de la concha de pala 19 después del segundo curado con una segunda realización de la estructura de soporte de carga. Aquí, la parte de la concha de pala 19 está dispuesta en la cuna de soporte de la pala 27.

25 **[0093]** Una primera alma a cortante 30a de la estructura de soporte de carga está formada integralmente con el primer laminado principal 28a. Del mismo modo, una segunda alma a cortante 30b de la estructura de soporte está formada integralmente con el segundo laminado principal 28b. Otro primer y segundo laminado principal 28a-b están formados integralmente con la primera y segunda alma a cortante 30a-b en el otro extremo, formando así una estructura de soporte de carga integrada.

30 **[0094]** La fig. 6 muestra una realización a modo de ejemplo de un molde de laminado principal 31 para fabricar los laminados principales primero y segundo 28a-b por separado del molde de pala 21. El molde de laminado principal 31 tiene una superficie de moldeo 32 que define la superficie inferior de los laminados principales primero y segundo 28a-b.

35 **[0095]** La fig. 7 muestra una primera realización de los laminados principales primero y segundo 28a-b, en la que los laminados principales primero y segundo 28a-b se fabrican individualmente como componentes separados.

40 **[0096]** Los laminados principales primero y segundo 28a-b comprenden cada uno una pluralidad de capas 33 de un segundo material de fibra dispuestas en una configuración apilada. Las capas inferiores de la pila definen un lado inferior 34 y las capas superiores de la pila definen un lado superior 35. El apilado tiene además una primera superficie de borde 36a orientada hacia el primer o segundo elemento de núcleo lateral 23a, 23b y una segunda superficie de borde 36b orientada hacia el elemento de núcleo central 23c.

45 **[0097]** Las superficies de los bordes primero y segundo 36a-b están aquí ahusadas con respecto a la superficie superior o inferior 34, 35, de modo que forman un perfil de borde ahusado. Esto permite una transferencia de carga óptima y un posicionamiento más fácil en los primeros y segundos huecos.

50 **[0098]** Las capas superiores de los respectivos laminados principales 28a-b se proyectan más allá de las superficies de borde 36a-b para formar dos bridas de instalación o topes de resina. La primera brida de instalación 37a se proyecta desde la primera superficie de borde 36a para entrar en contacto con el elemento central lateral 23a, 23b y la segunda brida de instalación 37b se proyecta desde la segunda superficie de borde 36b.

55 **[0099]** La fig. 8 muestra una segunda realización de los laminados principales primero y segundo 28a-b, en la que las bridas de instalación 37b de los laminados principales primero y segundo 28a-b, de orientación opuesta, forman una brida de instalación combinada 37b'. Esta brida de instalación combinada 37b' se extiende a lo ancho del elemento central de núcleo 23c. Esto permite una manipulación más fácil de los dos laminados principales.

60 **[0100]** Alternativamente, las bridas de instalación 37a, 37b, 37b' pueden omitirse y la cara superior 35 del laminado principal está sustancialmente enrasada con la superficie interior de los elementos laterales y centrales 23a-c, como se indica en las figs. 10-11.

**[0101]** La Fig. 9 muestra una primera etapa de fabricación de la parte de concha de pala 19, en la que las primeras capas 20 del primer material de fibra se disponen inicialmente sobre la superficie de moldeo 22. A continuación, los elementos de núcleo laterales 23a-b y el elemento de núcleo central 23c se disponen sobre las capas 20. Las segundas capas 25 del primer material de fibra se colocan después sobre los respectivos elementos de núcleo lateral y central

23a-c y además a lo largo de las primeras capas 20 en los primeros y segundos huecos 24a-b para formar una estructura de sándwich.

5 [0102] En la estructura de sándwich se colocan varias entradas 38 y varias salidas 39 y toda la estructura se cubre con una bolsa de vacío 40. A continuación, se introduce una primera resina en el material de la primera fibra y en el material de núcleo mediante un sistema de infusión al vacío. El exceso de primera resina se conduce fuera de la estructura a través de las salidas 39. La primera resina se cura finalmente en una primera etapa de curado para formar la parte aerodinámica de la parte de la concha de pala 19.

10 [0103] Una vez curada, la parte aerodinámica de la parte de la concha de pala 19 puede transferirse a la cuna de soporte de la pala 27 o permanecer en el molde de la pala 21.

15 [0104] La fig. 10 muestra una primera etapa de fabricación de la parte de la concha de pala 19. Aquí, los laminados principales primero y segundo 28a-b se colocan y curan directamente en los huecos primero y segundo 24a-b.

[0105] Las capas 33 del primer laminado principal 28a se colocan en el primer hueco 24a utilizando las superficies de los bordes de los huecos para alinear con precisión las capas individuales y formar el apilamiento.

20 [0106] A continuación, el apilamiento del segundo material de fibra se cubre con otra bolsa de vacío 40 y la segunda resina se introduce en el segundo material de fibra mediante otro sistema de infusión al vacío. El exceso de segunda resina se conduce fuera de la estructura a través de las salidas 39. La segunda resina se cura entonces en una segunda etapa para fijar el primer laminado principal 28a al resto de la parte de la concha de pala 19.

25 [0107] El proceso se repite para la fabricación del segundo laminado principal 28b.

30 [0108] La fig. 11 muestra una segunda realización de la segunda etapa de fabricación, en la que los laminados principales primero y segundo 28a-b se infusionan con la segunda resina simultáneamente a través de una entrada central 38' y las entradas 38. La entrada central 38' está dispuesta por encima del elemento central del núcleo 23c y la segunda resina es conducida a los laminados principales primero y segundo 28a-b a través de sus superficies de borde opuestas.

35 [0109] En esta configuración, pueden omitirse las entradas 38 dispuestas por encima de los laminados principales primero y segundo 28a-b. Alternativa o adicionalmente, pueden omitirse las salidas más internas 39 dispuestas por encima de las láminas principales primera y segunda 28a-b y más cercanas a la entrada central 38'.

[0110] La fig. 12 muestra una tercera realización de la segunda etapa de fabricación, en la que no hay entradas ni salidas dispuestas en las superficies interiores de los laminados principales primero y segundo 28a-b.

40 [0111] En esta configuración, los laminados principales primero y segundo 28a-b se infusionan con la segunda resina simultáneamente a través de una entrada central 38'. La entrada central 38' está dispuesta por encima del elemento central del núcleo 23c y la segunda resina es conducida al interior de los laminados principales primero y segundo 28a-b a través de sus superficies de borde opuestas.

45 [0112] El exceso de segunda resina se conduce fuera de la estructura a través de las salidas 39. Las salidas 39 están dispuestas por encima de los elementos centrales laterales 23a-b adyacentes a los laminados principales primero y segundo 28a-b.

50 [0113] La fig. 13 muestra una sección transversal de una primera realización del elemento de núcleo central 23c con un elemento permeable a la resina 41 dispuesto en una ranura central 42. La ranura central 42 está conectada a una abertura de entrada formada en el lado superior del elemento de núcleo central 23c. La ranura central 42 está interconectada además con una pluralidad de ranuras 43 que se extienden en dirección de cuerda o transversal. Las ranuras individuales 43 están finalmente conectadas a una abertura de salida formada en la superficie del borde 44 del elemento del núcleo central 23c.

55 [0114] El elemento central de núcleo 23c tiene aquí un perfil trapezoidal, en el que las superficies de los bordes 44 tienen forma de superficies de borde ahusadas que se estrechan desde el lado inferior hacia el superior.

60 [0115] La resina, por ejemplo la segunda, se introduce en el elemento de núcleo central 23c por el lado superior, como indican las flechas. A continuación, la resina es guiada a través de las ranuras 42, 43 y fuera de las superficies de los bordes 44, como se indica además con las flechas. Esto permite una introducción uniforme de la resina en los laminados principales primero y segundo 28a-b.

[0116] El elemento permeable a la resina 41 está configurado para facilitar el flujo de resina dentro de las respectivas ranuras 42, 43. Aquí, el elemento permeable a la resina 41 tiene forma de malla.

5 [0117] La fig. 14 muestra una sección transversal de una segunda realización del elemento de núcleo central 23c con una red integrada de flujo de resina 45. Las ranuras 43 dispuestas en el lado superior 46 forman una primera parte de la red de flujo de resina 45.

10 [0118] Un segundo conjunto de ranuras 47 está dispuesto en el lado inferior 48 del elemento de núcleo central 23c. Estas ranuras 47 están interconectadas con la ranura central 42 y además con otro conjunto de aberturas de salida dispuestas en las superficies de los bordes 44. Estas ranuras 47 forman una segunda parte de la red de flujo de resina 45. La primera y la segunda parte de la red de flujo de resina 45 están interconectadas a través de los elementos centrales 42.

15 [0119] La fig. 15 muestra una sección transversal de una tercera realización del elemento de núcleo central 23c con una primera red de flujo de resina 45' y una segunda red de flujo de resina 49. La primera red de flujo de resina 45' está dispuesta en el lado superior 46, mientras que la segunda red de flujo 49 está dispuesta en el lado inferior 48.

20 [0120] Cada una de las dos redes de flujo de resina 45', 49 comprende un número de ranuras centrales 42', 42" conectadas a las ranuras 43, 47 respectivamente. Aquí, las redes de flujo primera y segunda 45', 49 están dispuestas como redes separadas para el flujo independiente de resinas.

25 [0121] En una configuración, la primera resina se introduce en las dos redes de flujo de resina 45', 49 durante la primera etapa de fabricación. El elemento central del núcleo 23c se satura completamente con la primera resina y luego se cura al menos sustancialmente. La segunda resina se introduce después directamente en los dos laminados principales 28a-b a través de las entradas 38 durante la segunda etapa de fabricación y se cura finalmente.

30 [0122] En una configuración alternativa, la primera resina se introduce únicamente en la segunda red de flujo de resina 49 durante la primera etapa de fabricación. De este modo, el elemento central de núcleo 23c se satura parcialmente con la primera resina, que está al menos sustancialmente curada. La segunda resina se introduce después en la primera red de flujo de resina 45' a través de las entradas centrales 38' y además en los dos laminados principales 28a-b durante la segunda etapa de fabricación. La segunda resina se cura finalmente. El elemento central de núcleo 23c queda así saturado con una mezcla de la primera y la segunda resina.

35 [0123] Las realizaciones mencionadas pueden combinarse de cualquier manera sin apartarse de la presente invención, que se define en las reivindicaciones adjuntas.

## REIVINDICACIONES

1. Un método de fabricación de una pala de turbina eólica (5), el método comprende las etapas de:
- colocar un número de primeras capas (20) de un primer material de fibra en un molde (21), las primeras capas (20) definiendo una superficie lateral exterior de la pala de turbina eólica (5),
  - disponer un número de elementos de núcleo de un material de núcleo sobre dicho primer número de capas (20),
  - colocar además un número de segundas capas (25) del primer material de fibra sobre al menos dicho número de elementos de núcleo, definiendo las segundas capas (25) una superficie lateral interna de la pala de turbina eólica (5),
  - infundir dicho primer material de fibra y los elementos de núcleo con una primera resina,
  - curar sustancialmente dicha primera resina para formar una estructura de sándwich de la pala de turbina eólica (5),
  - disponer un número de componentes de laminado principal en un número correspondiente de huecos formados por dicho número de elementos de núcleo,
  - fijar dichos componentes de laminado principal a la estructura de sándwich para formar una parte de concha de pala (19) de la pala de turbina eólica (5), caracterizado porque
  - un elemento de núcleo central (23c) está dispuesto entre al menos dos elementos de núcleo laterales (23a, 23b), en el que dichos al menos dos elementos de núcleo laterales (23a, 23b) están separados del elemento de núcleo central (23c) en una dirección de cuerda para formar un primer hueco (24a) para recibir un primer componente de laminado principal (28a) y un segundo hueco (24b) para recibir un segundo componente de laminado principal (28b).
2. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos uno de dichos primer y segundo componentes de laminado principal (28a, 28b) comprende una pluralidad de capas (33) de un segundo material de fibra dispuestas en una configuración apilada, en la que dicho al menos uno de los componentes del primer y segundo laminado principal (28a, 28b) se une mediante la infusión de dicho segundo material de fibra con una segunda resina y el posterior curado de dicha segunda resina.
3. Un método según la reivindicación 2, caracterizado porque dicha pluralidad de capas (33) del segundo material de fibra se coloca directamente en el primer o segundo hueco (24a, 24b).
4. Un método según la reivindicación 1, caracterizado porque al menos uno de dichos componentes de laminado principal (28a, 28b) se fabrica por separado de la pala de turbina eólica (5) utilizando un molde de laminado principal (31), y luego se fija a la estructura de sándwich utilizando un adhesivo.
5. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque la primera resina se introduce al menos en el elemento de núcleo central a través de un canal central de entrada (38') situado entre dichos primeros y segundos huecos (24a, 24b).
6. Un método según la reivindicación 5, caracterizado porque dicha primera resina se introduce en el primer material de fibra a través de segundos canales de flujo integrados en el elemento de núcleo central (23c).
7. Un método según cualquiera de las reivindicaciones 2 a 6, caracterizado porque la segunda resina se introduce en al menos el segundo material de fibra a través de un canal de entrada central (38') situado entre dichos componentes de laminado principal (28a, 28b).
8. Un método según la reivindicación 7, caracterizado porque dicha segunda resina se introduce en el segundo material de fibra a través de los primeros canales de flujo integrados en el elemento de núcleo central (23c).
9. Una pala de turbina eólica (5) fabricada según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en la que la pala de turbina eólica (5) se extiende desde una raíz de pala (7) hasta un extremo de punta (8) en dirección longitudinal y, además, desde un borde de ataque (9) hasta un borde de salida (10) en dirección de cuerda, la pala de turbina eólica (5) comprendiendo al menos una parte de concha de pala (19) que tiene una superficie lateral exterior y una superficie lateral interior, la al menos una parte de concha de pala (19) comprende una estructura de sándwich que tiene un número de primeras capas (20) de un primer material de fibra, un elemento de núcleo central (23c), al menos dos elementos de núcleo laterales (23a, 23b) y un número de segundas capas (25) del primer material de fibra, en el que el elemento de núcleo central (23c) está separado de los al menos dos elementos de núcleo laterales (23a, 23b) para formar un primer hueco (24a) y un segundo hueco (24b), en el que un primer laminado principal (28a) está dispuesto dentro del primer hueco (24a) y un segundo laminado principal (28b) está dispuesto dentro del segundo hueco (24b), en el que dicho segundo número de capas (25) de un primer material de fibra se extiende a lo largo del elemento de núcleo central (23c), de los al menos dos elementos de núcleo laterales (23a, 23b) y además a lo largo del primer número de capas (20) dentro de los primeros y segundos huecos (24a, 24b).

10. Una pala de turbina eólica según la reivindicación 9, caracterizada porque al menos uno de los primer y segundo laminados principales (28a, 28b) comprende una pluralidad de capas (33) de un segundo material de fibra infundido con una segunda resina.
- 5 11. Una pala de turbina eólica según la reivindicación 10, caracterizada porque dicha primera resina es igual a dicha segunda resina, y/o dicho primer material de fibra es igual a dicho segundo material de fibra.
12. Una pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizada porque dichos primer y segundo laminado principal (28a, 28b) están interconectados por al menos un revestimiento intermedio o brida de instalación (37b') que se extiende sobre el lado superior (46) del elemento de núcleo central (23c).
- 10 13. Una pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, caracterizada porque el elemento de núcleo central (23c) tiene un lado superior (46), un lado inferior (48) y dos superficies de borde opuestas (44), en la que el elemento de núcleo central (23c) comprende una red integrada de flujo de resina (45) configurada para guiar la resina no curada desde una entrada central (38') y a lo largo del elemento de núcleo central (23c), opcionalmente, hacia los laminados principales primero y segundo (28a, 28b).
- 15 14. Una pala de turbina eólica según la reivindicación 13, caracterizada porque la red de flujo de resina (25) comprende una serie de ranuras (42, 43) formadas en al menos uno de los lados superiores (46), el lado inferior (48) y las dos superficies de borde opuestas (44).
- 20 15. Una pala de turbina eólica según la reivindicación 14, caracterizada porque un elemento permeable a la resina (41) está dispuesto dentro de al menos una de dichas ranuras (42, 43).
- 25

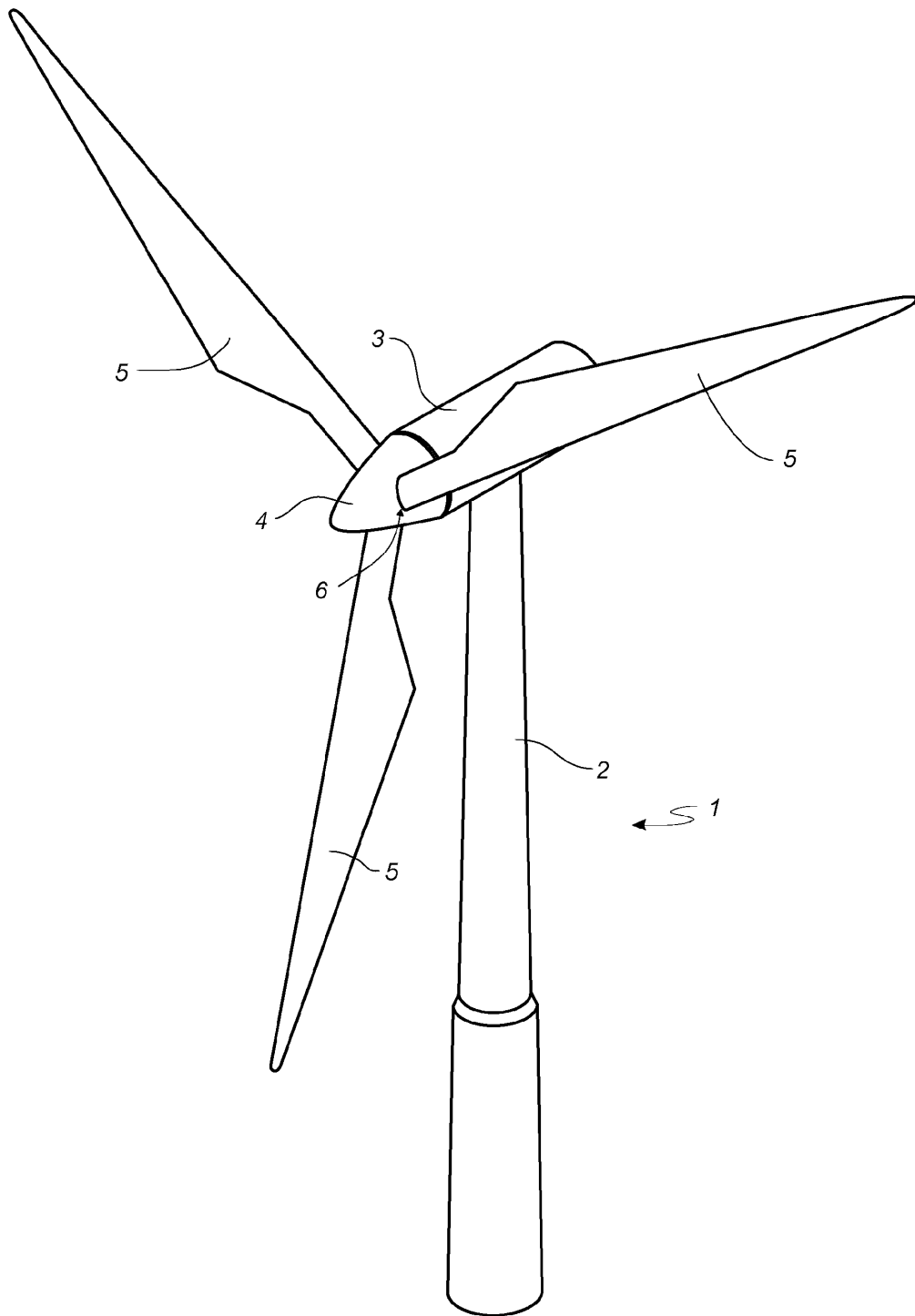


Fig. 1

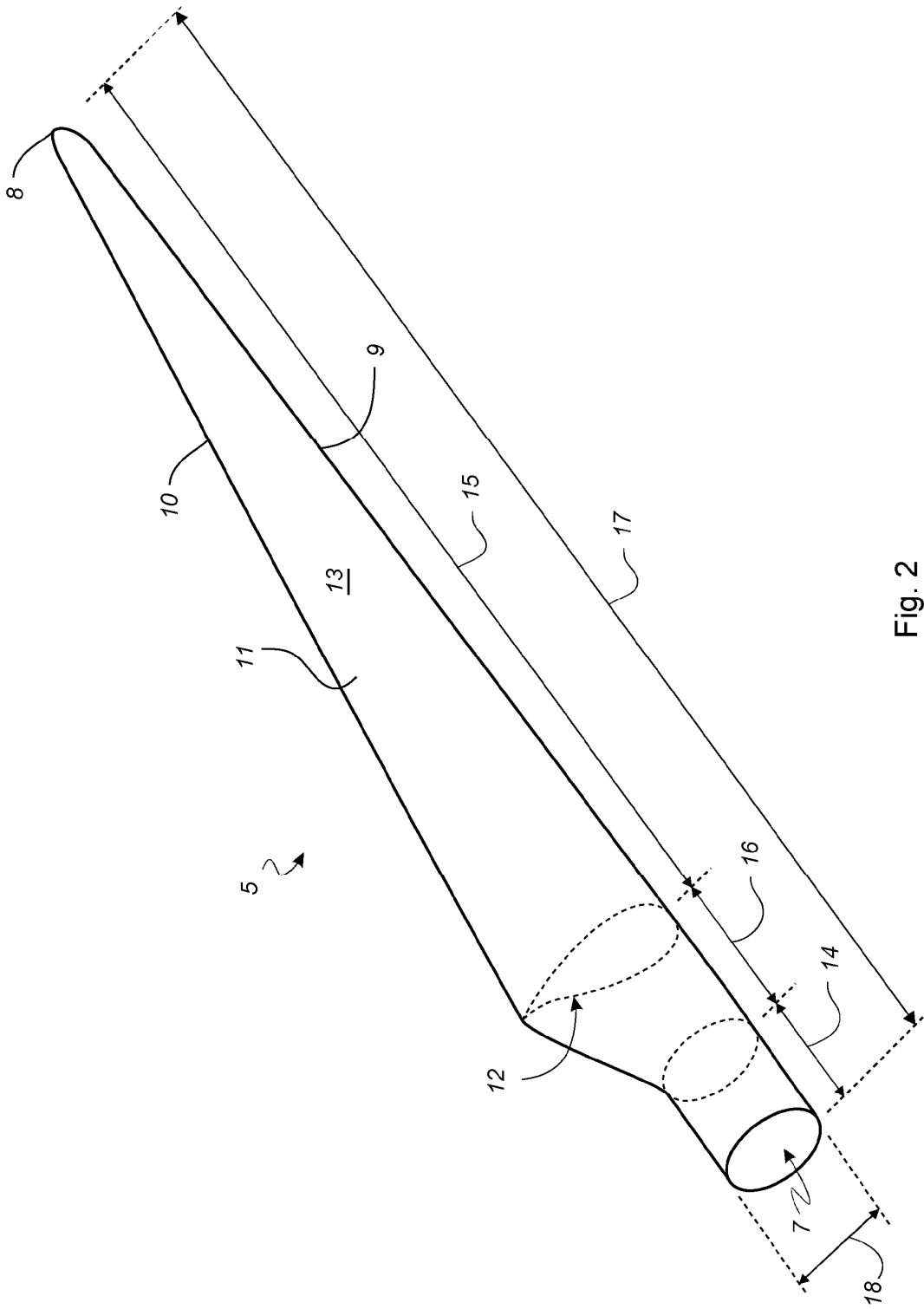


Fig. 2

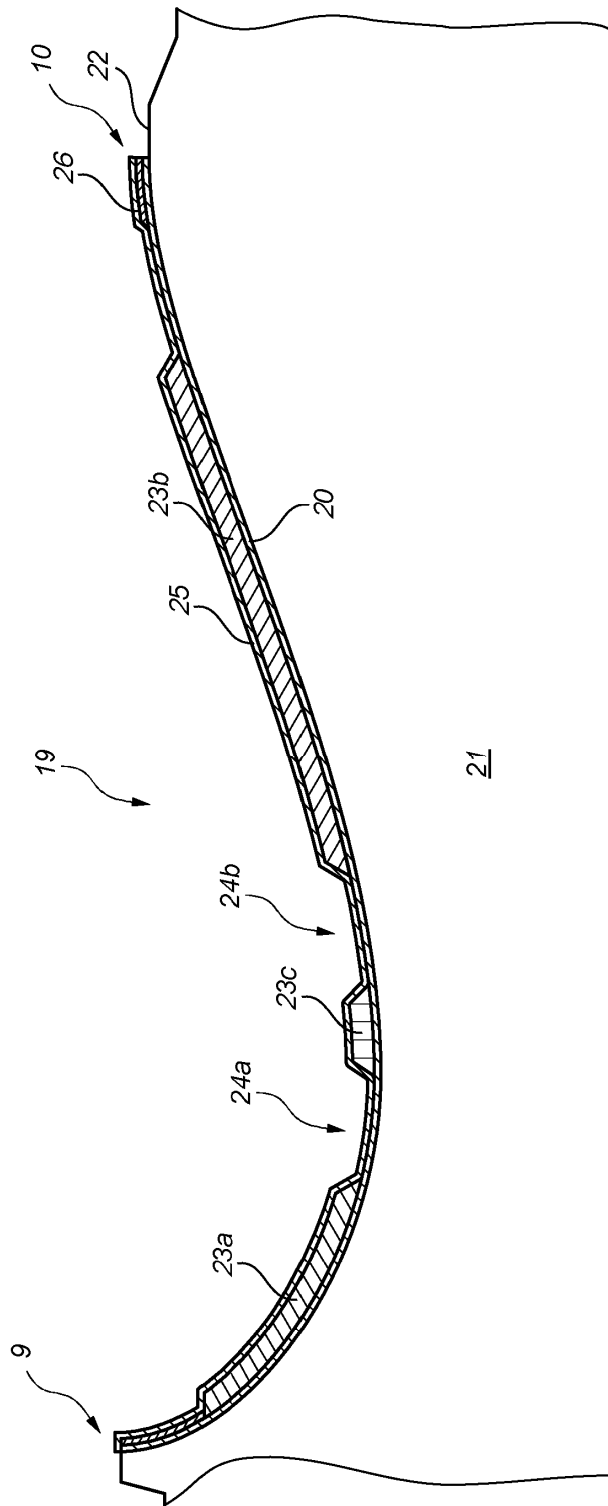


Fig. 3

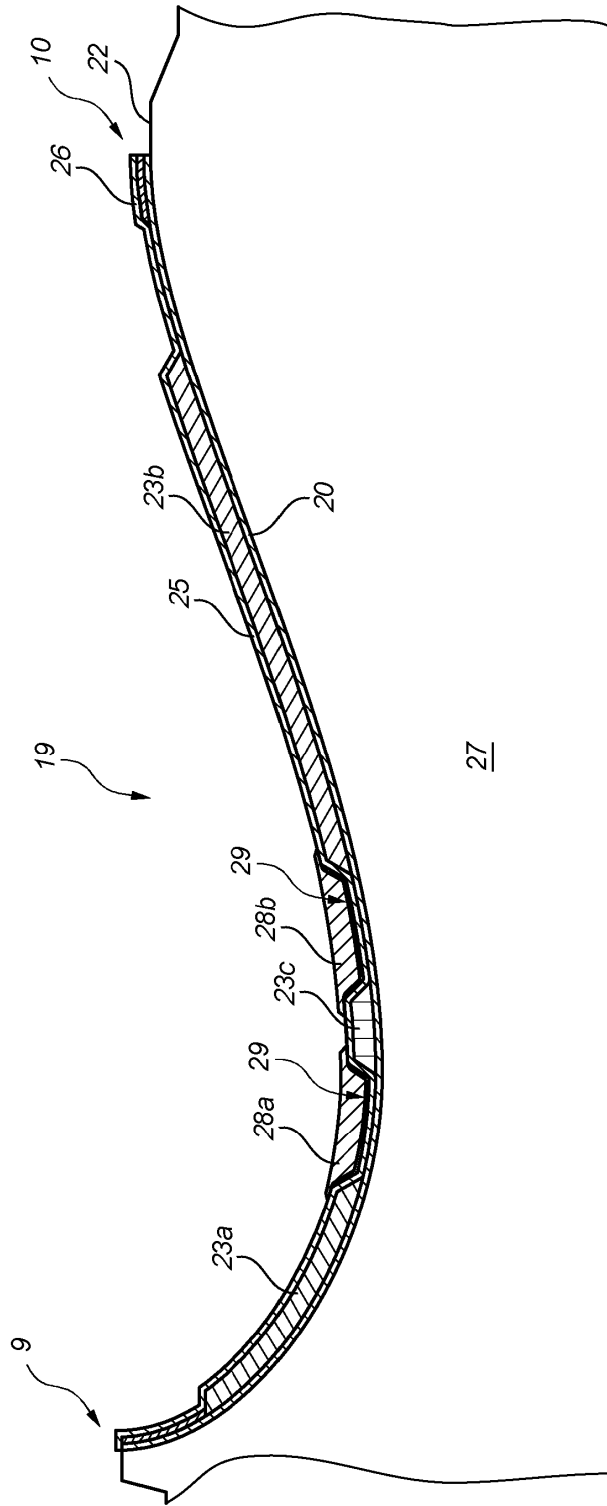


Fig. 4

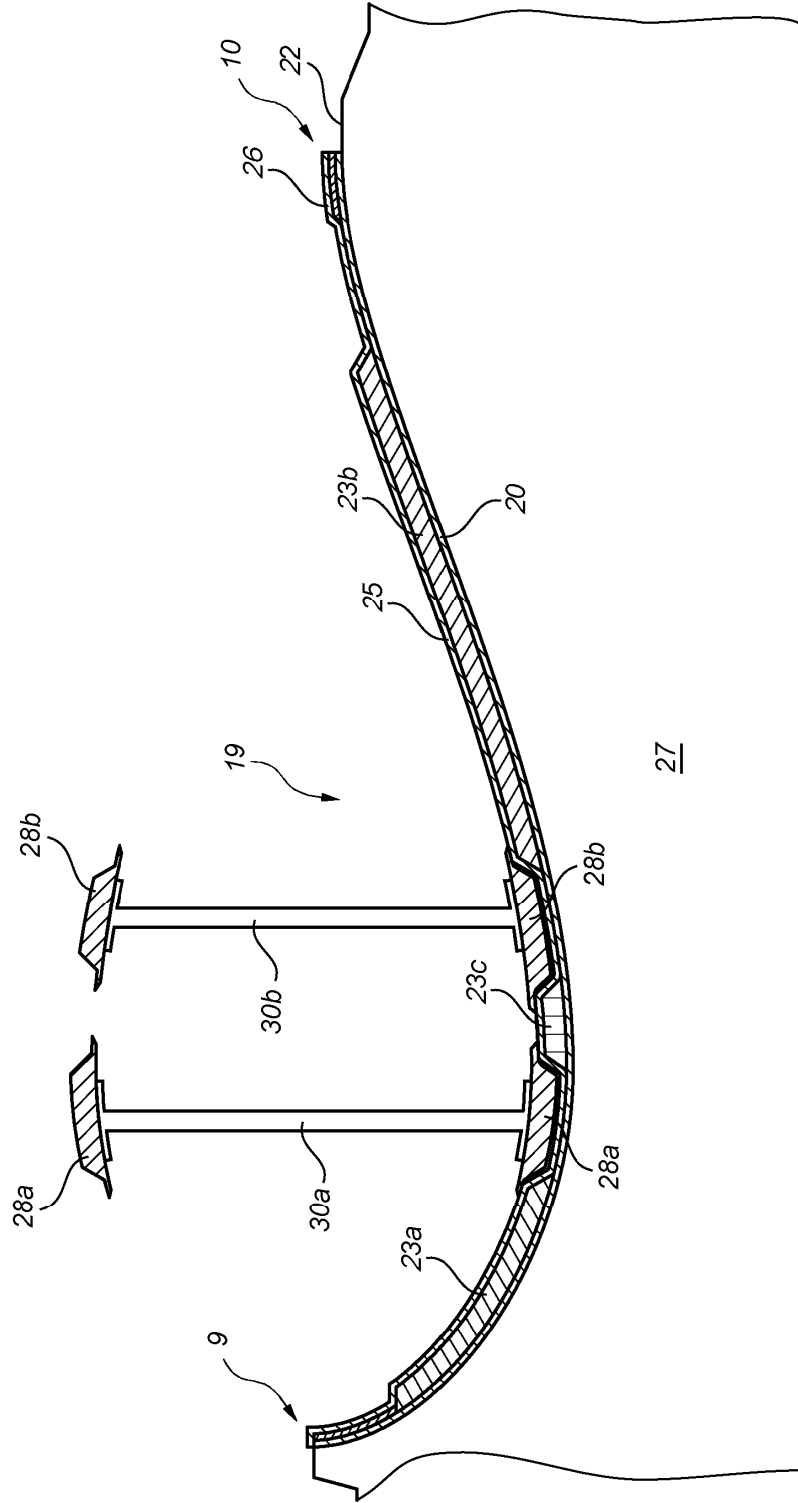


Fig. 5

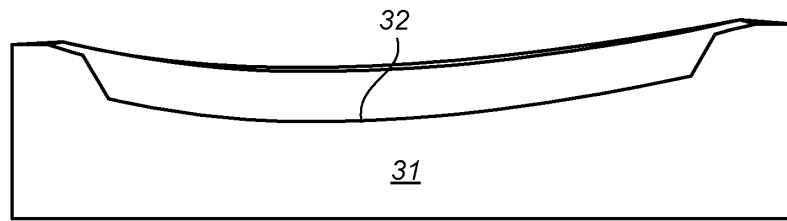


Fig. 6

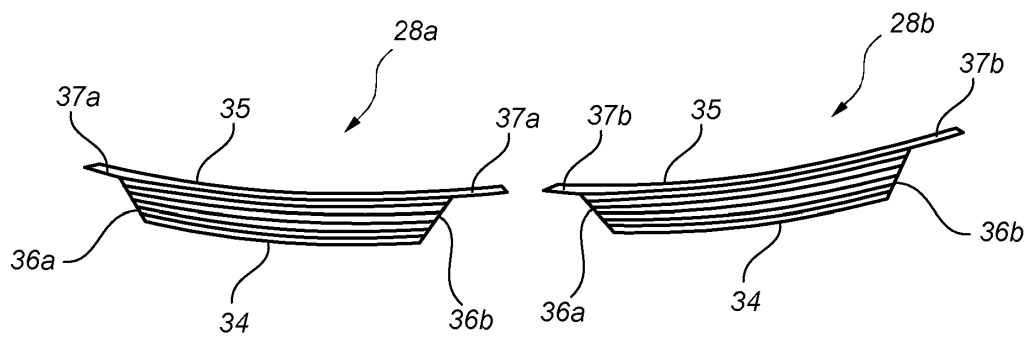


Fig. 7

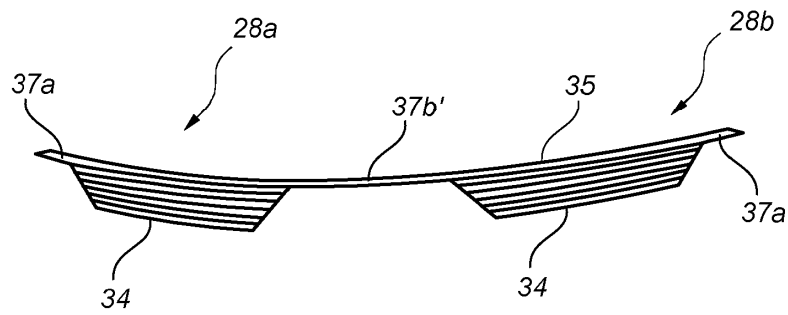


Fig. 8

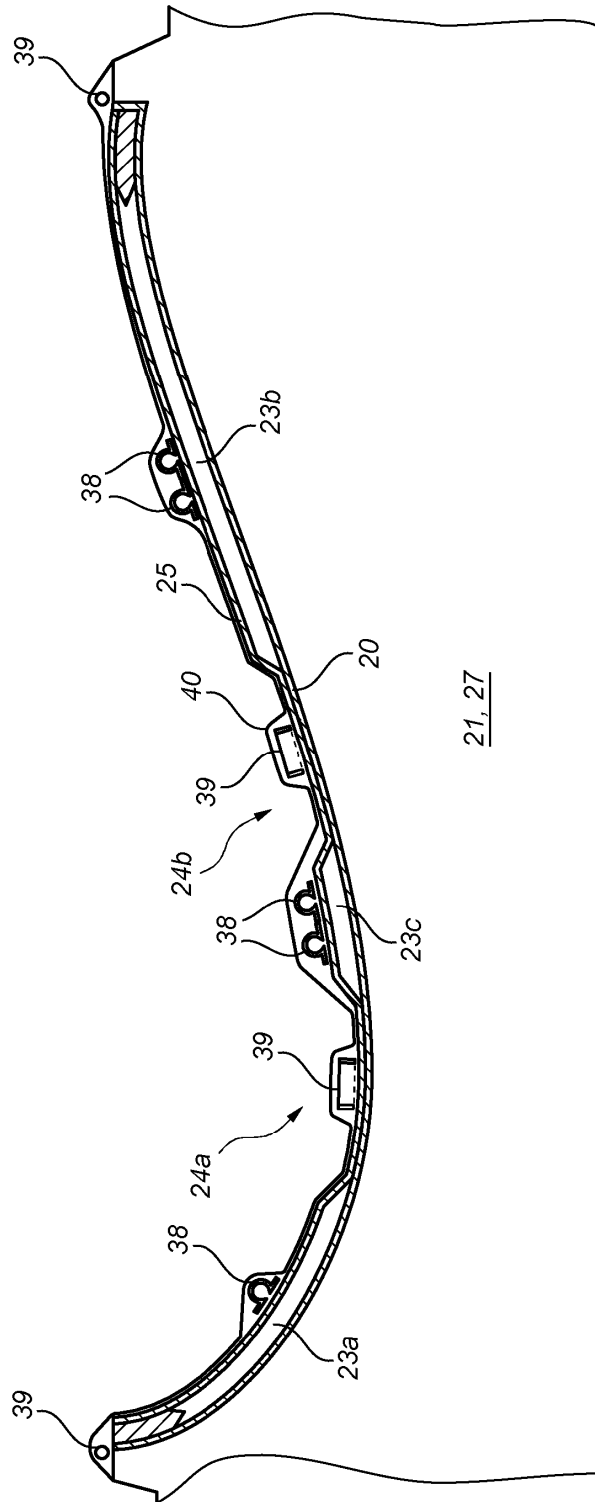


Fig. 9

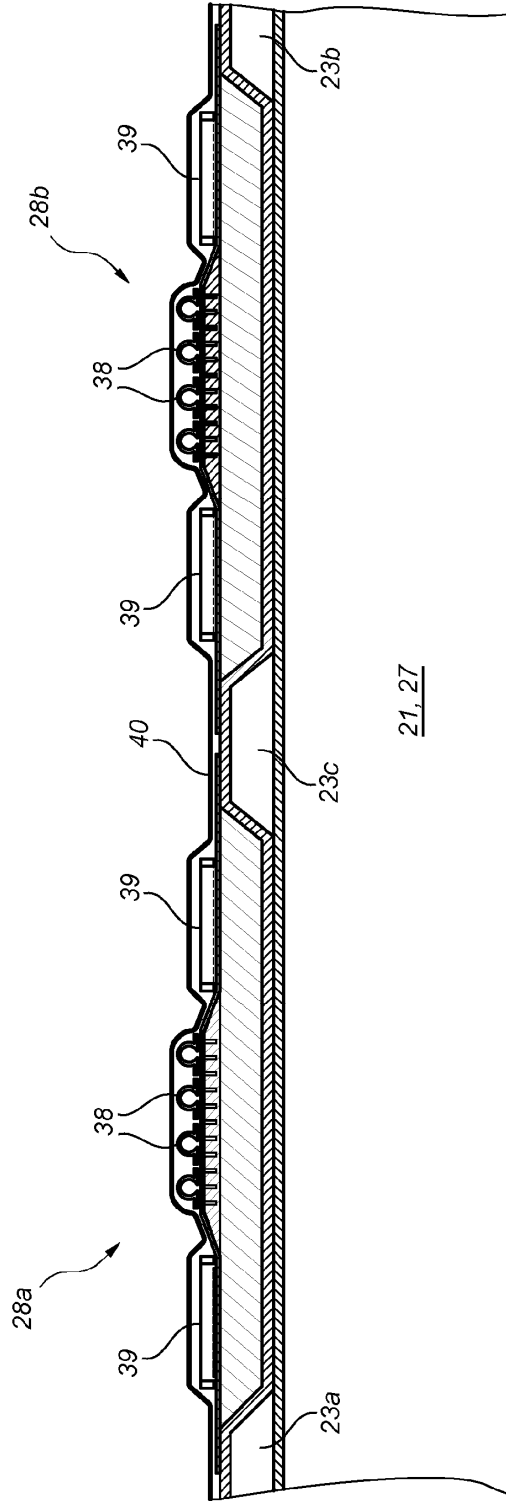


Fig. 10

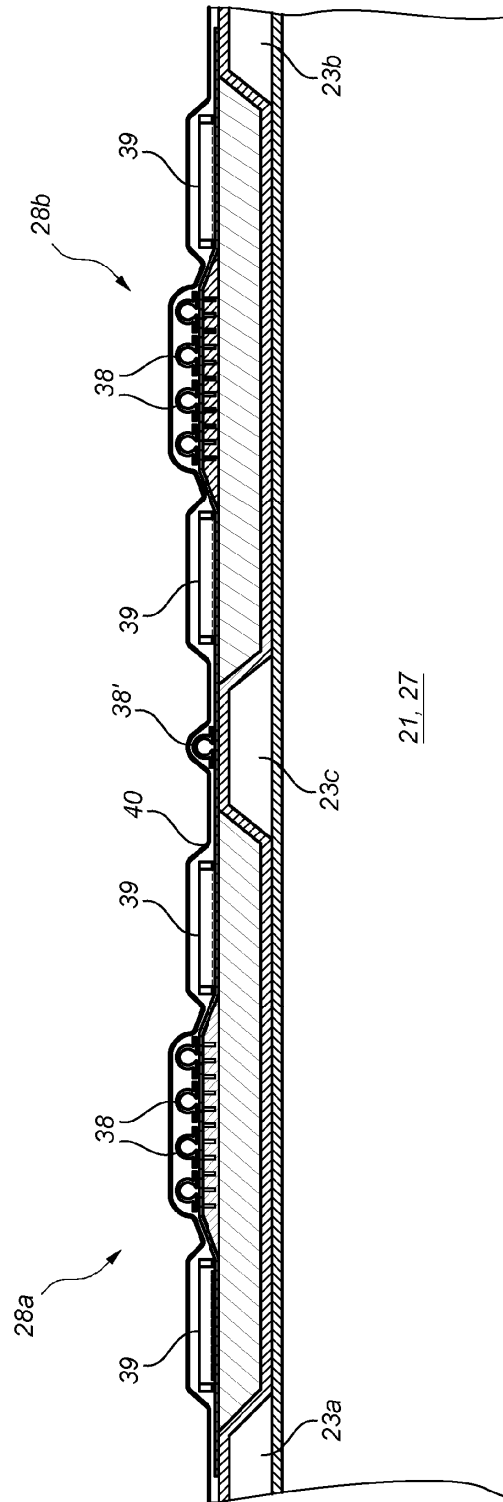
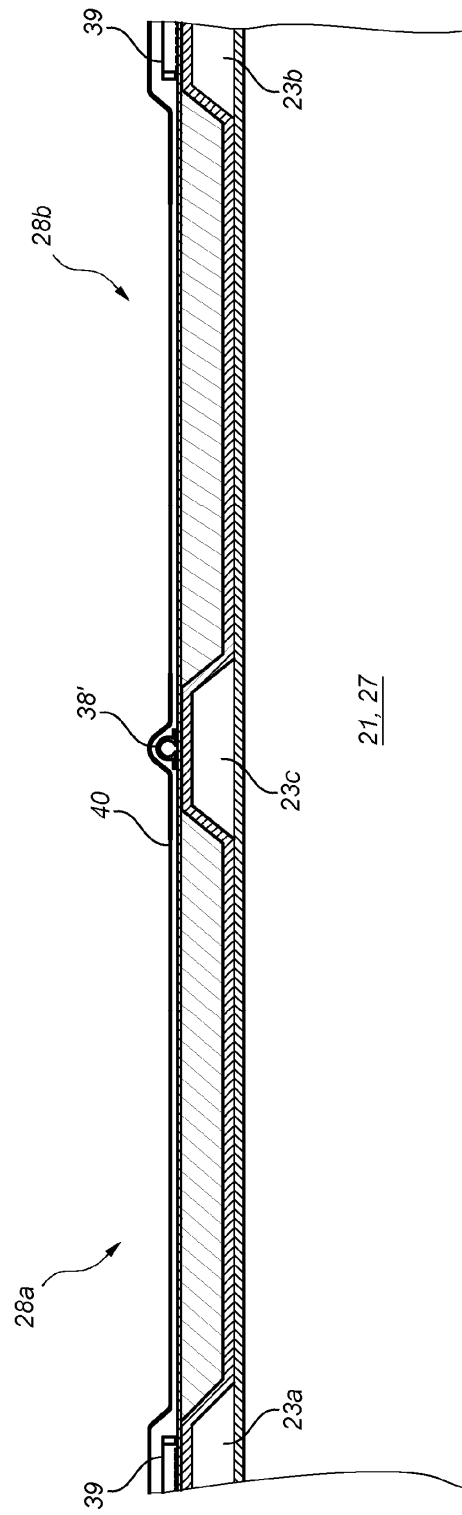


Fig. 11



21, 27

Fig. 12

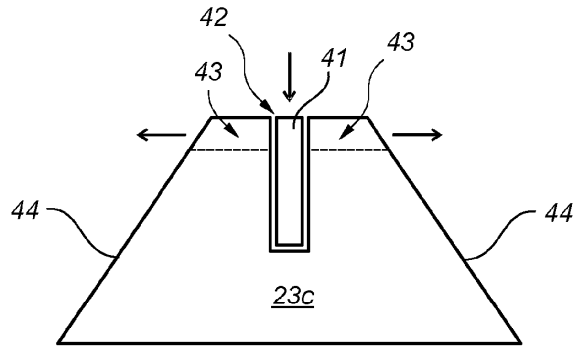


Fig. 13

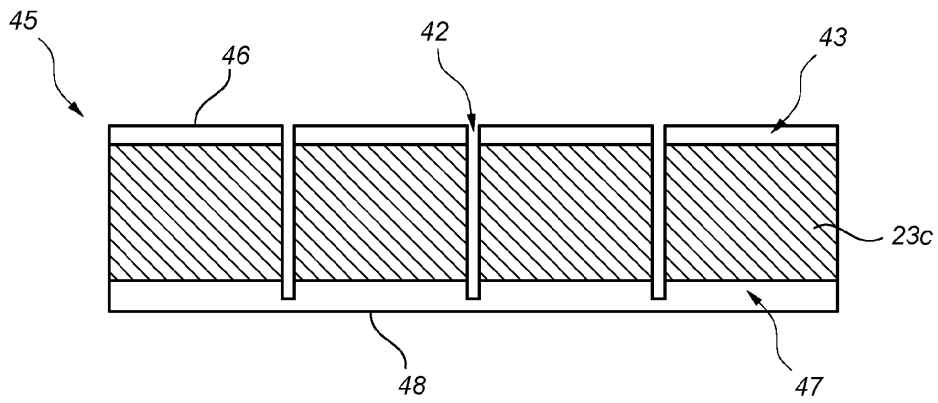


Fig. 14

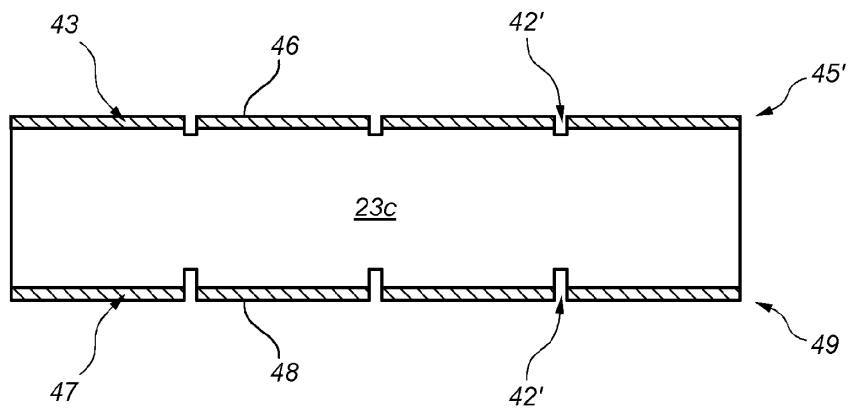


Fig. 15