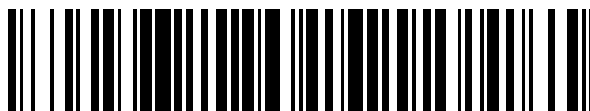


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 396 156**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

B29C 65/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2009 E 09765922 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.10.2012 EP 2318705**

54 Título: **Método de fabricación de un larguero para una turbina eólica a partir de elementos que comprenden diferentes materiales, y el larguero relacionado**

30 Prioridad:

20.06.2008 DK 200800851

20.06.2008 US 132791 P

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

19.02.2013

73 Titular/es:

VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)

Hedeager 44

8200-AARHUS N, DK

72 Inventor/es:

HANCOCK, MARK;

HEDGES, ANDREW y

VRONSKY, TOMAS

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 396 156 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 un larguero para una turbina eólica a partir de elementos que comprenden diferentes materiales, y el larguero relacionado

Campo técnico

- 5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de un larguero para una turbina eólica y al propio larguero.

Antecedentes de la invención

- 10 Convencionalmente un larguero actúa como una viga de refuerzo en una pala de turbina eólica. El larguero está ubicado entre dos partes de carcasa, una que define una parte de carcasa al barlovento y otra que define una parte de carcasa al sotavento. El larguero está ubicado en la cavidad entre las dos partes de carcasa de turbina eólica y se extiende sustancialmente por toda la cavidad de carcasa para aumentar la resistencia de la pala de turbina eólica.

Para aumentar la resistencia del larguero y para limitar su peso, a menudo se usan materiales compuestos para largueros que van a usarse en palas de turbina eólica, puesto que tales palas están expuestas a cargas variables con picos altos.

- 15 Convencionalmente, un larguero es un elemento tubular que se fabrica mediante el uso de un molde macho, por ejemplo enrollando un material adecuado alrededor de un mandril o un elemento de núcleo similar.

- 20 Cuando se enrolla o se aplica con otros medios un material sobre un mandril o un núcleo, la geometría interna del elemento tubular final se define mediante la geometría del mandril o núcleo, permitiendo por tanto una geometría interna bien definida. Por el contrario, la geometría externa del elemento tubular final está menos bien definida puesto que el efecto de variaciones incluso pequeñas en el mandril o núcleo y/o una pequeña variación en las capas más internas de material enrollado aumenta con el número de arrollamientos.

- 25 Alternativamente, a veces se realiza un larguero a partir de dos elementos moldeados por separado que posteriormente se unen para definir un elemento tubular. Para conseguir un elemento tubular del tamaño correcto, puede aplicarse un elemento de ajuste de altura para garantizar que el larguero final encaje en la cavidad entre las dos partes de carcasa que definen la pala de turbina eólica.

- 30 El documento US 5.547.629 da a conocer perfiles de ala huecos de una pieza a partir de materiales de filamentos de carbono moldeados, con estructuras de soporte internas formadas de manera solidaria en una única operación en molde cerrado. Los revestimientos externos y la estructura de refuerzo interna se curan conjuntamente como una unidad solidaria. Para conseguir esto, se abre un molde que tiene una cavidad que define la forma externa del perfil de ala. A continuación se coloca material de fibra y material de núcleo precortado, previamente impregnado en las mitades de molde. Al menos dos mandriles elásticos alargados adyacentes se ponen en contacto con las hojas precortadas de la fibra previamente impregnada para presionar las hojas y el núcleo en contacto con el molde tras su posterior cierre. Un alma alargada de material de fibra previamente impregnado se coloca entre los mandriles adyacentes, y en contacto con ellos, para hacer que dichos bordes del alma entren en contacto con las hojas de material de fibra previamente impregnado en lados opuestos de la cavidad de molde. Se cierra el molde; y se aplica calor para curar el material de fibra previamente impregnado y para adherir el alma con las hojas precortadas. Después de que el perfil de ala se retire de la cavidad, se retiran los mandriles elásticos tirando de los mismos por un extremo abierto del perfil de ala. Esto hace que los mandriles se estiren y contraigan cuando se retiran del perfil de ala.

- 40 El documento DE 10 2005 059298 da a conocer una pala de turbina eólica que incluye un revestimiento externo y una estructura de soporte interna. El revestimiento tiene una forma de perfil de ala cerrada e incluye una superficie externa, una superficie interna, y lados opuestos a lo largo de una longitud de la pala. La estructura de soporte interna se dispone dentro de la forma de perfil de ala cerrada. La estructura de soporte interna incluye al menos un elemento de soporte de carga de corte dispuesto por los lados opuestos y orientado longitudinalmente a lo largo de la longitud de la pala. La estructura de soporte interna incluye además una pluralidad de elementos de soporte de carga de flexión dispuestos a lo largo de la superficie interna en una dirección longitudinal a lo largo de la longitud de la pala. La estructura de soporte interna está configurada para colocar un centro de corte y un centro de carga de presión aerodinámica de la pala en diferentes ubicaciones una en relación con otra.

- 50 El documento US 2005/186081 da a conocer una tapa de larguero de pala eólica formada a partir de un material tejido en 3D, unitario, solidario que tiene un grosor constante y un peso controlado variable debido a un ancho de sección decreciente desde la raíz hasta la punta de la pala eólica.

Sumario de la invención

Es un objetivo de las realizaciones de la presente invención proporcionar un método mejorado de fabricación de un larguero para una pala de turbina eólica y proporcionar un larguero mejorado.

Por tanto, en un primer aspecto, la invención proporciona un método de fabricación de un larguero para una pala de turbina eólica, según la reivindicación 1.

5 Las al menos cuatro partes de larguero, las tapas y las almas, se conectan para formar un elemento tubular que puede constituir parte de la resistencia longitudinal de la pala de turbina eólica, siendo parte por tanto del refuerzo de la pala.

Debe entenderse, que a este respecto por elemento tubular se entiende un elemento hueco con una forma alargada. La forma puede ser no uniforme. La geometría externa puede ser de una forma sustancialmente rectangular, una forma parcialmente circular, una forma ovalada o cualquier otra forma. La geometría interna puede ser diferente de la forma externa, definiendo por tanto un elemento tubular en forma de un anillo alargado de una forma arbitraria.

10 En una sección transversal el larguero puede ser sustancialmente rectangular, por ejemplo con esquinas redondeadas. El área de la sección transversal puede disminuir desde el extremo de raíz hasta el extremo de punta a lo largo de la longitud del larguero para tener un larguero que se ajuste a una pala de turbina eólica que tiene un tamaño reducido en el extremo de punta en comparación con el extremo de raíz. Sin embargo, el ancho del larguero puede aumentar localmente para aumentar la resistencia y la rigidez del larguero localmente. Por tanto, en una
15 realización preferida, el larguero puede ser aproximadamente cónico, es decir puede tener una base que sea sustancialmente circular transformándose en una forma aproximadamente rectangular con esquinas redondeadas y con lados que tienen una sección decreciente uno hacia otro.

20 Como ejemplo, el larguero puede tener una longitud de aproximadamente 45 metros, un ancho máximo de aproximadamente 1,0 metros, y una altura máxima de aproximadamente 0,8 metros. En comparación con esto el ancho mínimo del larguero puede ser de aproximadamente 100 milímetros. Debe entenderse que esto es sólo un ejemplo de un larguero. También pueden usarse otros largueros que sean tanto más pequeños como más grandes dependiendo de la pala de turbina eólica que va a fabricarse.

25 Las al menos dos tapas de larguero pueden formar una parte superior y una inferior de un larguero que es sustancialmente rectangular, mientras que las almas pueden formar conexiones sustancialmente verticales entre las mismas cuando se conectan en las partes de superficie de junta. De este modo se proporciona un larguero de al menos cuatro elementos separados, que pueden conectarse para formar un larguero con una geometría externa bien definida garantizando un mejor acoplamiento entre las carcasas de pala y el larguero.

30 Las partes intermedias y las partes de extremo se proporcionan de modo que comprenden diferentes materiales. En una realización, las partes intermedias comprenden principalmente plástico reforzado con fibras de carbono. Mientras que las partes de extremo pueden comprender principalmente plástico reforzado con fibras de vidrio.

35 Los materiales usados más comúnmente para la parte intermedia pueden ser fibras unidireccionales y una matriz de resina. También puede añadirse una carga. Las fibras pueden ser, por ejemplo, fibras de carbono, vidrio, madera o fibras naturales. Como ejemplo, la resina puede ser una resina termoendurecida, tal como resina epoxídica, o puede ser una resina termoplástica, tal como PET (poli(tereftalato de etileno)). Un ejemplo de una carga adecuada son las nanopartículas.

El material usado más comúnmente para las partes de extremo pueden ser fibras biaxiales y una matriz de resina. La fibra puede ser, por ejemplo, de vidrio o madera. Y como ejemplo, la resina puede ser una resina termoendurecida, tal como resina epoxídica, o puede ser una resina termoplástica, tal como PET.

40 Los materiales pueden seleccionarse de modo que las partes intermedias y las partes de extremo tengan diferentes características con respecto a la resistencia. De este modo puede obtenerse que las partes intermedias y las partes de extremo tengan una capacidad diferente para soportar una carga, y/o tengan diferentes niveles de tensión a la que hay un cambio significativo en el estado del material, siendo la tensión al menos una de tensión de tracción, tensión de compresión, o tensión de corte.

45 Además, los materiales pueden seleccionarse de modo que las partes intermedias y las partes de extremo tengan diferentes características con respecto a la flexibilidad. De este modo las partes intermedias y las partes de extremo pueden tener diferentes propiedades para ser flexibles, es decir, un nivel diferente de con qué facilidad se flexionan o conforman. Dicho de otro modo, los materiales pueden ser diferentes en relación con la medida en la que y la tasa a la que son posibles ajustes a los cambios de circunstancias.

50 La zona de transición se dota de una composición de los diferentes materiales que cambia progresivamente que comprenden la parte intermedia y las partes de extremo. Por tanto, en la zona de transición la resina puede cambiar progresivamente, las fibras pueden cambiar progresivamente, o ambas pueden cambiar progresivamente. Otros materiales de la parte intermedia y la parte de extremo también pueden cambiar progresivamente.

55 En una realización, al menos una de las tapas se moldea en un molde de tapa, por lo que las partes de superficie de junta de la tapa se conforman mediante el contacto con el molde de tapa durante su moldeo. Conformando las partes de superficie de junta de tapa mediante el contacto con el molde, estas partes puede diseñarse especialmente bien para la conexión con las superficies de junta de las almas, puesto que las partes de las

superficies de junta de tapa pueden tener una estructura de superficie que se optimiza para, por ejemplo, un adhesivo apropiado y/o una forma que coincida de manera precisa con una superficie de junta de alma correspondiente.

5 Las tapas pueden formar una superficie externa del larguero tubular, superficie externa que se define geoméricamente mediante el contacto con el molde de tapa durante su moldeo. Por consiguiente, no sólo las superficies de junta de tapa pueden definirse mediante el contacto con el molde, también la superficie externa de la parte intermedia puede definirse mediante el molde.

10 Además, cada alma puede moldearse en un molde de alma, y las partes de superficie de junta de las almas pueden definirse geoméricamente mediante el contacto con el molde de alma durante su moldeo. Alternativamente, las almas pueden ser hojas sustancialmente planas de un material no moldeado, tal como plástico o madera.

Si se moldean, las almas pueden formar una superficie interna del larguero tubular, superficie interna que se define geoméricamente mediante el contacto con el molde de alma durante su moldeo.

15 Las tapas pueden proporcionarse de modo que las partes de extremo de las mismas se extiendan de manera transversal a la parte intermedia. En una realización, las partes de extremo se extienden desde la parte intermedia a un ángulo de 75-100 grados, tal como aproximadamente 90 grados, formando por tanto una tapa que tiene forma de U a lo largo de la longitud del larguero ensamblado.

20 Las tapas que tienen partes de extremo que se extienden de manera transversal a la parte intermedia pueden garantizar una buena adhesión entre las partes de extremo de las tapas y las almas. Además, esta configuración puede facilitar la distribución de las fuerzas de corte, puesto que la adhesión entre la tapa y el alma se cargará en corte.

Una parte de flexión puede conectar la parte intermedia y cada una de las partes de extremo. En la parte de flexión, las tapas pueden tener una curvatura mayor de modo que cada una de las partes de extremo se extienda de manera transversal a la parte intermedia con un ángulo que se encuentra dentro de un intervalo predefinido, tal como un intervalo de 75-100 grados.

25 El método puede comprender una etapa de disponer las tapas una en relación con otra de modo que las partes de extremo de una tapa se extiendan desde la parte intermedia hacia las partes de extremo de otra tapa. De este modo, las partes de superficie de junta de alma pueden conectarse a las partes de superficie de junta de tapa disponiendo las almas de modo que se extiendan entre las partes de extremo de las tapas con las partes de superficie de junta de alma solapando las partes de superficie de junta de tapa, formando por tanto un larguero que es tubular.

30 Las tapas pueden disponerse una en relación con otra de modo que se forme una distancia predefinida entre las partes de superficie externa de las tapas antes de la etapa de conectar las partes de superficie de junta de las tapas con las partes de superficie de junta de las almas. Esto permite ensamblar un larguero que tiene una altura bien definida, y por tanto un larguero que corresponde al tamaño y la forma de las carcasas de pala de manera más precisa.

35 Las almas pueden proporcionarse como paneles sustancialmente planos para facilitar la conexión de las partes de superficie de junta de las tapas y almas. Esto puede ser especialmente una ventaja si las tapas se disponen una en relación con otra de modo que las partes de extremo de una tapa se extiendan desde la parte intermedia hacia las partes de extremo de otra tapa.

40 Las tapas pueden proporcionarse de modo que un ángulo que existe entre las partes de extremo y la parte intermedia pueda variar con una deformación elástica de las tapas. El ángulo puede ser un ángulo por encima de 90 grados. Como las partes de superficie de junta de las almas pueden conectarse a las partes de superficie de junta de tapa disponiendo las almas de modo que se extiendan entre las partes de extremo de las tapas con las partes de superficie de junta de alma solapando las partes de superficie de junta de tapa, las almas pueden presionarse hacia las tapas durante el ensamblaje del larguero. Cuando se presionan las almas hacia las tapas, las tapas pueden deformarse, puesto que las partes de extremo de cada una de las tapas pueden presionarse una hacia otra por lo que el ángulo puede cambiar hacia un ángulo de aproximadamente 90 grados.

45 Las tapas y almas pueden proporcionarse de modo que comprendan diferentes materiales. Como ejemplo, tanto las tapas como las almas pueden comprender plástico reforzado con fibras, donde las fibras de las tapas pueden ser principalmente fibras de carbono y las fibras de las almas pueden ser principalmente de vidrio. La resina puede ser la misma para ambas o pueden ser diferentes formas de resina. También pueden usarse otros materiales, o bien como una alternativa de o bien en combinación con el plástico reforzado con fibras.

50 Las almas pueden proporcionarse como construcciones intercaladas que tengan un núcleo que comprende por ejemplo una madera de balsa o espuma termoplástica o termoendurecida. También pueden usarse otros materiales de núcleo. Las almas pueden comprender una capa interna y una externa a cada lado del núcleo, capas que como ejemplo pueden comprender principalmente fibras biaxiales y una matriz de resina. Las fibras pueden ser, por ejemplo, fibras de vidrio y la resina puede ser, por ejemplo, una resina termoendurecida, tal como resina epoxídica, o

puede ser una resina termoplástica, tal como PET.

Las tapas y almas pueden dotarse de diferentes estructuras, por ejemplo o bien debido al uso de diferentes materiales o bien debido al uso de fibras unidireccionales y fibras biaxiales, respectivamente.

5 Las almas y tapas pueden proporcionarse como elementos laminados moldeando al menos un tipo de material de fibra y al menos un tipo de resina en moldes individuales. Cada una de las tapas puede moldearse como una sola pieza para evitar el ensamblaje de las tapas de una pluralidad de elementos de tapa. Sin embargo, el ensamblaje de los elementos de tapa puede ser una etapa en una realización del método.

Como la carcasa al barlovento y la carcasa al sotavento de la pala de turbina pueden curvarse de manera ligeramente diferente, los al menos dos moldes individuales para las tapas pueden tener una forma diferente.

10 De manera similar, pueden usarse moldes individuales para proporcionar las almas. Las almas pueden proporcionarse de una pluralidad de elementos de alma, moldeándose cada elemento de alma en un molde separado. Como ejemplo, cada alma puede comprender una pluralidad de elementos de alma con una longitud en el intervalo de 5-15 metros, tal como 10 metros por elemento. Los elementos de alma pueden ser de diferente longitud. Debe entenderse, que un alma puede comprender alternativamente varios elementos de alma sustancialmente planos de un material no moldeado.

15 Por consiguiente, el método puede comprender además una etapa de ensamblar las almas a partir de una pluralidad de elementos de alma. Las almas pueden ensamblarse a partir de los elementos de alma antes de conectar las tapas y las almas para formar el larguero, o alternativamente, los elementos de alma pueden conectarse mientras que simultáneamente se conectan las tapas y el alma y formando por tanto el larguero.

20 Las juntas de alma, es decir las juntas entre dos elementos de alma adyacentes, pueden estar escalonadas a lo largo de la longitud del larguero ensamblado para evitar que las juntas de alma en lados opuestos del larguero se coloquen cara a cara.

25 Para formar un larguero conectando las tapas y las almas, el método puede comprender además una etapa de aplicar un adhesivo a al menos una de las partes de superficie de junta y una etapa de curar dicho adhesivo. El adhesivo puede curarse mediante el uso de calor.

30 Para poder colocar las tapas y las almas una en relación con otra antes de conectarlas, puede ser ventajoso que las tapas y las almas comprendan una marca de ensamblaje, puesto que una marca de este tipo puede facilitar la colocación de las tapas y las almas una en relación con otra. Las marcas pueden proporcionarse durante el moldeo de las tapas y las almas, puesto que los moldes como ejemplo pueden comprender una o más referencias, por ejemplo en forma de pequeños salientes que forman una indentación en las tapas y las almas durante su moldeo.

Para facilitar la conexión de los largueros y las almas, el método puede comprender además una etapa de proporcionar una herramienta de ensamblaje, y una etapa de disponer las tapas y las almas en la misma antes de la etapa de conectar las tapas y las almas.

35 La herramienta de ensamblaje puede comprender un soporte y por consiguiente, la etapa de disponer las tapas y las almas en la herramienta de ensamblaje puede comprender una etapa de disponerlas en este soporte de modo que las tapas y las almas se coloquen en una posición específica una en relación con otra, facilitando así la colocación correcta de los largueros y las almas antes de conectarlos.

40 Cuando se coloca el larguero entre dos partes de carcasa de una pala de turbina eólica, la parte de superficie externa puede formar una cara de contacto para el ensamblaje con una carcasa de pala. El larguero puede unirse a la parte de carcasa añadiendo un adhesivo a la parte de superficie externa de cada una de las tapas y posteriormente colocando las partes de carcasa alrededor del larguero de modo que una parte de una superficie interna de cada una de las partes de carcasa se una a la parte de superficie externa de cada una de las tapas.

45 En una realización alternativa, la parte de superficie externa puede adaptarse para formar parte de una superficie aerodinámicamente activa de una pala de turbina eólica. Por tanto, el larguero puede no encapsularse por completo dentro de las partes de carcasa.

50 El larguero puede comprender más elementos que las tapas y las almas. En una realización, el larguero comprende además una sección de raíz separada. Por tanto, el método puede comprender además una etapa de unir la sección de raíz que se forma como una sección separada a las tapas y las almas. La sección de raíz puede unirse durante la conexión de las superficies de junta de las tapas y las almas, o puede unirse posteriormente. La sección de raíz puede unirse mediante diferentes procesos, tales como mediante adhesión, envoltura o infusión.

El método puede comprender además una etapa de proporcionar en un extremo de raíz del larguero, una pluralidad de estructuras de unión que facilitan la unión de la pala a un cubo. El extremo de raíz puede formar parte de una sección de raíz separada o puede formar parte de un larguero que se ensambla a partir de tapas y almas sin una sección de raíz separada. Una estructura de unión puede comprender como ejemplo un elemento de acero hueco

con un roscado interno en el que puede fijarse un perno u otro elemento roscado.

5 Para facilitar la protección frente a las descargas eléctricas de la pala de turbina eólica, el método puede comprender además una etapa de proporcionar un cortocircuito en cada una de las tapas. Los cortocircuitos pueden conectar las tapas eléctricamente. El cortocircuito puede ser como ejemplo placas de cobre delgadas que se conectan entre sí y a un conductor de bajada. Los cortocircuitos pueden laminarse en el interior de las tapas.

Para aumentar la estabilidad del larguero, el método puede comprender además una etapa de unir un elemento de refuerzo a al menos una de las tapas, disponiéndose el elemento de refuerzo para aumentar una rigidez del larguero en la dirección longitudinal. El elemento de refuerzo puede unirse, por ejemplo, durante el moldeo de las tapas o durante el ensamblaje del larguero cuando se conectan las partes de superficie de junta de las tapas y las almas.

10 Ejemplos de elementos de refuerzo son un elemento transversal que se une a y se extiende desde una superficie interna de una tapa hasta la superficie interna de otra tapa, y diferentes elementos alargados que se unen a una superficie interna de las tapas y se extienden a lo largo de las tapas. Otro ejemplo de un elemento de refuerzo es un elemento de nervio que comprende una pluralidad de nervios que se unen a una superficie interna de las tapas. Los nervios pueden colocarse adyacentes entre sí con una distancia mutua de, por ejemplo, 1 metro. También pueden usarse otros elementos de refuerzo.

15 En un segundo aspecto, la invención proporciona un larguero para una pala de turbina eólica según la reivindicación 7.

En particular el larguero puede comprender:

- partes intermedias que comprenden plástico reforzado con fibras de carbono,
- 20 - partes de extremo que comprenden plástico reforzado con fibras de vidrio,
- partes intermedias y partes de extremo que tienen diferentes características con respecto a resistencia o flexibilidad,
- partes de superficie de junta de las tapas que se conforman mediante el contacto con un molde de tapa,
- partes de extremo que se extienden transversalmente a la parte intermedia,
- 25 - un alma que comprende una pluralidad de elementos de alma,
- un cortocircuito en cada una de las tapas, conectando los cortocircuitos las tapas eléctricamente para facilitar la protección frente a las descargas eléctricas de la pala, y/o
- un elemento de refuerzo unido a al menos una de las tapas, disponiéndose el elemento de refuerzo para aumentar una rigidez del larguero en la dirección longitudinal.

30 En un tercer aspecto no cubierto por la invención se proporciona un larguero para una pala de turbina eólica, teniendo el larguero una estructura tubular y ensamblándose a partir de al menos dos tapas y dos almas, formando cada una de las tapas una parte intermedia entre dos partes de extremo, en el que cada una de las partes de extremo forma una parte de superficie de junta de tapa a lo largo de un borde de extensión longitudinal de la parte de extremo y la parte intermedia forma una parte de superficie externa del larguero, y teniendo cada una de las almas partes de superficie de junta de alma a lo largo de bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente, en el que las partes de superficie de junta de las tapas se conectan a las partes de superficie de junta de las almas, en el que al menos una de las almas comprende al menos dos elementos de alma adyacentes con caras enfrentadas que no están conectadas entre sí.

40 Esto significa, que estos elementos de alma adyacentes no se conectan directamente entre sí sino que sólo se conectan entre sí a través de las tapas a las que se unen los dos. Por consiguiente, no se adhieren, pegan, atornillan o unen de manera similar entre sí.

El larguero puede fabricarse mediante el uso del método del primer aspecto de la invención. Debe entenderse, que las características de los aspectos primero y segundo mencionados anteriormente de la invención también pueden aplicarse al larguero del tercer aspecto de la invención.

45 En un cuarto aspecto, la invención proporciona una pala para una turbina eólica que comprende un larguero según el segundo aspecto de la invención. El larguero puede fabricarse según el primer aspecto de la invención. Debe entenderse, que las características de los aspectos primero y segundo descritos previamente también pueden aplicarse al cuarto aspecto de la invención.

50 Cuando se conectan las partes de superficie de junta de las tapas y las almas para formar un larguero, puede usarse una herramienta de ensamblaje. Un ejemplo de una herramienta de ensamblaje de este tipo podría ser:

- Una herramienta de ensamblaje para ensamblar un larguero para una pala de turbina eólica, comprendiendo el larguero al menos dos tapas y dos almas, formando cada tapa una parte intermedia entre dos partes de extremo, donde cada parte de extremo forma una parte de superficie de junta de tapa a lo largo de un borde longitudinal de la parte de extremo y la parte intermedia forma una parte de superficie externa del larguero, y teniendo cada alma partes de superficie de junta de alma a lo largo de bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente, comprendiendo la herramienta un soporte de tapa para sujetar tapas, un soporte de alma para sujetar almas y una estructura de ensamblaje que facilita la colocación de los soportes uno en relación con otro.
- Colocando las tapas y las almas una en relación con otra puede garantizarse adicionalmente que la geometría del larguero se adapte de manera más precisa a la geometría de la pala de turbina final.
- La estructura de ensamblaje puede comprender una estructura de articulación que facilite la rotación de un soporte en relación con un soporte adyacente. Por tanto, los soportes pueden conectarse entre sí mediante una estructura de articulación que con la rotación de un soporte en relación con un soporte adyacente facilita la colocación de los soportes uno en relación con otro.
- En una configuración abierta inicial, en la que la herramienta de ensamblaje puede estar lista para recibir las tapas y las almas, todos los soportes puede colocarse con una superficie de soporte superior dirigida hacia arriba. Después de haber colocado las tapas y las almas en los soportes, la estructura de ensamblaje puede facilitar que tres de las cuatro estructuras de soporte se eleven y roten una en relación con otra y en relación con la última estructura de soporte que puede permanecer en su posición inicial que tiene la superficie de soporte superior dirigida hacia arriba. El movimiento de elevación y rotación puede controlarse y limitarse mediante la estructura de articulación de la estructura de ensamblaje que facilita la rotación correcta de los soportes uno en relación con otro.
- Como alternativa a la estructura de articulación, la estructura de ensamblaje puede comprender una estructura de unión que facilite la unión de al menos un soporte a al menos otro soporte. Los soportes, en una posición inicial, puede seguir estando colocados con la superficie de soporte superior dirigida hacia arriba. Y después de haber colocado las tapas y las almas en los soportes, cada uno de los soportes puede moverse a la posición correcta en la que la estructura de unión puede garantizar que un soporte se une a al menos uno de los soportes adyacentes para formar un larguero tubular.
- Para facilitar la colocación de los soportes uno en relación con otro, la estructura de ensamblaje puede comprender un elemento mecánico para la colocación de los soportes uno en relación con otro. El elemento mecánico puede comprender una estructura hidráulica, una estructura eléctrica, un dispositivo de grúa, u otras estructuras mecánicas.
- Al menos uno de los soportes puede comprender una marca de herramienta que coincida con una marca de ensamblaje correspondiente en al menos una tapa o un alma. Estas marcas pueden facilitar la colocación de la tapa o alma en relación con el soporte, garantizando así una posición final correcta de las tapas y las almas una en relación con otra antes de conectarlas.
- En una realización, la marca de herramienta comprende uno o más salientes y la marca de ensamblaje correspondiente comprende una o más indentaciones. Estos salientes se disponen para su enganche con las indentaciones de la tapa o el alma. En una realización alternativa, la marca de ensamblaje comprende uno o más salientes, mientras que la marca de herramienta comprende una o más indentaciones. En otras realizaciones pueden usarse otras marcas correspondientes que faciliten la colocación de las tapas o el alma en relación con la herramienta de ensamblaje.
- Para garantizar que una tapa o alma permanezca dentro de una estructura de soporte el tiempo necesario, los soportes pueden comprender una estructura de fijación que facilite la fijación de una tapa o un alma a cada uno de los soportes. Puede proporcionarse una estructura de fijación para cada una de las estructuras de soporte. La tapa y/o el alma puede fijarse, por ejemplo, mediante fuerzas magnéticas, mediante el uso de presión de succión, mediante adhesión, mediante tornillos, remaches, o mediante otros medios.
- Como las tapas y/o almas fabricadas pueden tener un grado de flexión longitudinal debido a contracciones térmicas, puede ser ventajoso que la herramienta de ensamblaje comprenda además una estructura de manipulación adaptada para manipular parte de la curvatura y torsión de al menos una de las tapas y almas. De este modo, puede cumplirse con las tolerancias requeridas. Por curvatura de la parte se entiende a este respecto la flexión longitudinal de al menos una parte de las tapas y/o almas. Además, debe entenderse que la torsión cubre una rotación parcial de una parte de las tapas y/o almas.
- La herramienta de ensamblaje puede comprender además una estructura de calentamiento que facilite el curado de un adhesivo proporcionado en al menos una de las partes de superficie de junta. Como ejemplo, la estructura de calentamiento puede comprender hilos calentados eléctricamente que se incorporan en los soportes en posiciones en las que se colocan las partes de superficie de junta durante el ensamblaje del larguero.

Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán adicionalmente realizaciones de la invención con referencia a los dibujos, en los que:

la figura 1a ilustra una realización de un larguero que tiene una estructura tubular y que se ensambla a partir de al menos dos tapas y dos almas,

la figura 1b es una vista ampliada de la figura 1a que ilustra una junta entre una tapa y un alma,

5 las figuras 2a y 2b ilustran un larguero que comprende una pluralidad de elementos de alma,

la figura 2c es una vista ampliada de una parte de la figura 2b,

la figura 2d ilustra un larguero que comprende una pluralidad de elementos de alma,

la figura 3a ilustra un molde de larguero para una tapa,

la figura 3b ilustra un molde de alma para un alma,

10 las figuras 4a y 4b ilustran dos maneras diferentes de unir el larguero a las carcasas de pala de turbina eólica,

la figura 5 ilustra un larguero que comprende partes intermedias y partes de extremo de diferentes materiales, y almas que comprenden construcciones intercaladas,

las figuras 6a-6d ilustran diferentes realizaciones de un larguero que comprende diferentes elementos de refuerzo,

las figuras 7a y 7b ilustran diferentes realizaciones de un larguero con diferentes extremos de raíz,

15 las figuras 8a y 8b ilustran un larguero que comprende una protección frente a las descargas eléctricas para una pala de turbina eólica, y

las figuras 9a y 9b ilustran una herramienta de ensamblaje para un larguero.

Descripción detallada de los dibujos

20 La figura 1a ilustra una realización de un larguero 1 para una pala de turbina eólica (no mostrada). El larguero 1 comprende dos tapas 2a, 2b y dos almas 3a, 3b.

Cada tapa 2a, 2b forma una parte intermedia 4 entre dos partes de extremo 5. Cada parte de extremo 5 forma una parte de superficie de junta de tapa 6 y la parte intermedia 4 forma una parte de superficie externa 7.

Cada alma 3a, 3b está dotada de partes de superficie de junta de alma 8 a lo largo de bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente.

25 Cuando se conectan las partes de superficie de junta de las tapas 6 con las partes de superficie de junta de las almas 8, se forma un larguero 1 que tiene una configuración tubular. Se usa un adhesivo 9 para adherir las partes de superficie de junta 6, 8 entre sí tal como se ilustra en la figura 1b que muestra una parte ampliada de la figura 1a.

30 Las tapas 2a, 2b y las almas 3a, 3b se moldean en moldes de tapa y moldes de alma, y sus partes de superficie de junta 6, 8 se definen geoméricamente mediante una forma de estos moldes. Es decir las partes de superficie de junta 6, 8 se conforman mediante el contacto con el molde garantizando una geometría bien definida de las partes de superficie de junta 6, 8.

35 Tal como se ilustra, las partes de extremo 5 de las tapas 2a, 2b se extienden transversalmente a la parte intermedia 4 a un ángulo de aproximadamente 90 grados, por lo que las partes de extremo 5 de la una tapa 2a se extienden desde la parte intermedia 4 hacia las partes de extremo 5 de la otra tapa 2b cuando el larguero 1 está ensamblado. Las almas 3a, 3b se unen a las tapas 2a, 2b en las partes de extremo 5.

La figura 2a ilustra partes de un larguero 1 en las que las almas 3a, 3b comprenden una pluralidad de elementos de alma 10a, 10b. Para evitar una junta a tope entre los elementos de alma 10a, 10b, cada uno de los elementos de alma 10a, 10b comprende una superficie de junta 11a, 11b que termina en un ángulo agudo. Esto aumenta el área de las superficies de junta 11a, 11b y facilita la unión de los elementos de alma 10a, 10b.

40 Las figuras 2b y 2c ilustran una realización alternativa de un larguero 1 en el que las almas 3a, 3b comprenden una pluralidad de elementos de alma 10a, 10b, 10c. En lugar de la junta solapada ilustrada en la figura 2a, los elementos de alma 10a, 10b se unen en sus secciones de extremo formando, en esta realización, un corte elíptico que deja un orificio 36 en las almas 3a, 3b. En el área de corte 36, las cargas de corte se absorben por las tapas 2a, 2b.

45 La figura 2b ilustra además que las juntas de alma, es decir las juntas entre dos elementos de alma adyacentes 10a, 10b, y 10b, 10c están escalonadas a lo largo de la longitud del larguero ensamblado 1 para evitar que las juntas de alma en lados opuestos del larguero 1 se coloquen cara a cara entre sí. Esta manera de escalonar las juntas de alma también puede aplicarse para las juntas de alma de la figura 2a.

La figura 2d ilustra una alternativa adicional de un larguero 1 en el que las almas 3a, 3b comprenden una pluralidad de elementos de alma 10a, 10b, 10c. Tal como se ilustra, dos elementos de alma adyacentes 10a, 10b - 10b, 10c tienen caras enfrentadas 100 que no están conectadas entre sí.

5 Esto significa, que estos elementos de alma adyacentes 10a, 10b - 10b, 10c no están directamente conectados entre sí sino sólo conectados entre sí a través de las tapas 2a, 2b a las que se unen ambos. Por consiguiente, los elementos de alma adyacentes 10a, 10b - 10b, 10c no se adhieren, pegan, atornillan o unen de manera similar entre sí

10 Cuando no se conectan los elementos de alma 10a, 10b - 10b, 10c sólo se requiere adherir las tapas 2a, 2b y las almas 3a, 3b y puede omitirse una adhesión adicional para los elementos de alma. Esto puede disminuir la cantidad de adhesivo necesario cuando se ensambla el larguero 1 y el tiempo implicado en el ensamblaje del larguero, y por tanto reducir los costes asociados con esto. Los orificios 36 pueden usarse para un acceso de inspección y están conformados de modo que minimizan las concentraciones de tensión en el extremo de los elementos de alma.

La figura 3a ilustra una realización de un molde de tapa 12 con una tapa 2a, y la figura 3b ilustra una realización de un molde de alma 13 con un alma 3a.

15 El molde de tapa 12 comprende un molde inferior 14 y dos extensiones de molde superior 15. La superficie interna de las extensiones de molde superior 15 está dotada de un material que no se adhiere a la resina de la tapa 2a y que además puede definir geoméricamente las partes de junta de superficie de tapa 6 mediante el contacto con las mismas. Un ejemplo de un material de este tipo es el tejido pelable.

20 La parte de superficie externa 7 de la parte intermedia 4 también se define mediante el contacto con la superficie interna del molde de tapa 12.

La superficie interna del molde de tapa 12 comprende dos referencias 16 en forma de pequeños salientes, un cono pequeño. Cada referencia 16 forma una indentación 17 en la tapa 2a durante su moldeo. Estas indentaciones 17 se usan para colocar la tapa 2a en relación con las almas 3a, 3b (no mostradas) antes de conectarlas. La colocación puede realizarse mediante el uso de una herramienta de ensamblaje.

25 Tal como se ilustra en la figura 3b, la superficie interna 18 y las partes de superficie de junta de alma 8 del alma 3a se definen mediante el contacto con el molde de alma 13, permitiendo por tanto una geometría bien definida de las partes de superficie de junta de alma 8 que van a unirse con las partes de superficie de tapa 5. Es decir las partes de superficies de junta coincidentes 6, 8 se moldean para facilitar una junta más precisa entre las tapas 2a, 2b y las almas 3a, 3b.

30 Las figuras 4a y 4b ilustran dos maneras diferentes de unir el larguero 1 a las carcasas de una pala de turbina eólica 19.

35 En la figura 4a el larguero 1 está colocado entre dos carcasas de pala 20a, 20b de la pala de turbina eólica 19a. Las partes de superficie externa 7 forman una cara de contacto para el ensamblaje con las carcasas de pala 20a, 20b. El larguero 1 se une a las carcasas de pala 20a, 20b añadiendo un adhesivo (no mostrada) a la parte de superficie externa 7 de cada una de las tapas 2a, 2b.

En la figura 4b se ilustra una realización alternativa. Las partes de superficie externa 7 se adaptan para formar parte de la superficie aerodinámicamente activa de la pala de turbina eólica 19b. Por tanto, el larguero 1 no se encapsula completamente dentro de las carcasas de pala 21a, 21b, 21c.

40 La figura 5 ilustra un larguero 1 que comprende dos tapas 2a, 2b y dos almas 3a, 3b. Las tapas 2a, 2b comprenden partes intermedias 4 y partes de extremo 5 de diferentes materiales. Y las almas 3a, 3b se proporcionan como construcciones intercaladas.

En la realización ilustrada, las partes intermedias 4 comprenden fibras unidireccionales, una matriz de resina y una carga. La parte principal de las fibras son fibras de carbono. Las partes de extremo 5 comprenden fibras biaxiales y una matriz de resina. La parte principal de las fibras son fibras de vidrio.

45 Las almas 3a, 3b se proporcionan como construcciones intercaladas que tienen un núcleo 22 que comprende una espuma. Las almas 3a, 3b comprenden además una capa externa 23 y una capa interna 24 a cada lado del núcleo 22. Estas capas 23, 24 comprenden principalmente fibras biaxiales, en forma de fibras de vidrio, y una matriz de resina.

50 Las figuras 6a-6d ilustran diferentes realizaciones de un larguero 1 que comprende diferentes formas de elementos de refuerzo 25 para aumentar la estabilidad del larguero 1. El elemento de refuerzo 25 está unido a al menos una de las tapas 2a, 2b.

La figura 6a ilustra un elemento de refuerzo 25a en forma de elemento transversal que se une a y se extiende desde la superficie interna de la tapa superior 2a a la superficie interna de la tapa inferior 2b.

- La figura 6b ilustra un elemento de refuerzo 25b en forma de dos elementos alargados uniéndose cada uno a la superficie interna de una de las tapas 2a, 2b y extendiéndose a lo largo de las tapas 2a, 2b. El elemento de refuerzo 25b está formado como viga en T.
- 5 La figura 6c ilustra un elemento de refuerzo 25c en forma de dos elementos alargados, uniéndose cada uno a la superficie interna de una de las tapas 2a, 2b y extendiéndose a lo largo de las tapas 2a, 2b. El elemento de refuerzo 25b está formado como viga en forma de omega.
- La figura 6d ilustra un elemento de refuerzo 25d en forma de un elemento de nervio que comprende una pluralidad de nervios. Los nervios se unen a la superficie interna de las tapas 2a, 2b y se colocan adyacentes entre sí con una distancia mutua de aproximadamente 1 metro.
- 10 Las figuras 7a y 7b ilustran diferentes realizaciones de un larguero 1 que tiene diferentes extremos de raíz 26.
- La figura 7a ilustra una realización de un larguero que comprende una sección de raíz separada 27. La sección de raíz 27 se ha unido mediante adhesión, envoltura o infusión.
- 15 Una pluralidad de estructuras de adhesión 28 que facilitan la unión de la pala (no mostrada) a un cubo (no mostrado) se proporcionan en el extremo de raíz 26 del larguero 1. En la figura 7a, las estructuras de unión 28 se proporcionan en el extremo de raíz 26 de la sección de raíz separada 27, mientras que la figura 7b ilustra un larguero 1, en el que las estructuras de unión 28 se proporcionan en las tapas y almas. Las estructuras de unión 28 son elementos de acero huecos con un roscado interno en el que puede fijarse un perno u otro elemento roscado desde el cubo.
- Las figuras 8a y 8b ilustran un larguero 1 que comprende una protección frente a las descargas eléctricas para una pala de turbina eólica. La figura 8b es una vista ampliada de una parte de la figura 8a.
- 20 La protección frente a las descargas eléctricas se proporciona laminando un cortocircuito 29 en el interior de cada una de las tapas 2a, 2b. Los cortocircuitos 29 conectan las tapas 2a, 2b eléctricamente. Los cortocircuitos 29 son placas de cobre delgadas que se conectan entre sí a lo largo de un lado del larguero 1 en una conexión 30. Además, los cortocircuitos 29 se conectan a un conductor de bajada 31.
- 25 Las figuras 9a y 9b ilustran una realización de una herramienta de ensamblaje 32 para ensamblar las tapas 2 y almas 3 de un larguero 1.
- La herramienta de ensamblaje 32 comprende una estructura de soporte de tapa 33 para sujetar cada tapa 2 y una estructura de soporte de alma 34 para sujetar cada alma 3 durante el ensamblaje del larguero 1.
- Además, la herramienta de ensamblaje 32 comprende una estructura de ensamblaje que comprende una estructura de articulación 35 que facilita la rotación de un soporte 33, 34 en relación con un soporte adyacente 33, 34.
- 30 La figura 9a ilustra una configuración abierta inicial de la herramienta de ensamblaje 32, en la que la herramienta de ensamblaje 1 ha recibido las tapas 2 y las almas 3. Después de haber colocado las tapas 2 y las almas 3 en los soportes 33, 34, la estructura de ensamblaje facilita que tres 33a, 34a, 34b de las cuatro estructuras de soporte se eleven y roten una en relación con otra y en relación con la última estructura de soporte 33b que permanece en su posición inicial que tiene la superficie de soporte superior dirigida hacia arriba. El movimiento de elevación y rotación se controla y limita mediante la estructura de articulación 35 de la estructura de ensamblaje que facilita la rotación correcta de los soportes 33, 34 uno en relación con otro.
- 35 La figura 9b ilustra una configuración cerrada final de la herramienta de ensamblaje 32, en la que el larguero 1 se ensambla conectando las partes de superficie de junta de las tapas 6 con las partes de superficie de junta de las almas 8. Las partes de superficie de junta de las almas 8 se presionan hacia las partes de superficie de junta de las tapas 6 mediante las estructuras de soporte 34.
- 40 Los detalles del solapamiento entre las partes de superficie de junta de las tapas 6 y las partes de superficie de junta de las almas 8 pueden observarse en la figura 1b.

REIVINDICACIONES

1. Método de fabricación de un larguero (1) para una pala de turbina eólica (19), comprendiendo el método las etapas de:
 - 5 - proporcionar al menos dos tapas (2), formando cada tapa (2) una parte intermedia (4) entre dos partes de extremo (5), en el que cada una de las partes de extremo (5) forma una parte de superficie de junta de tapa (6) a lo largo de un borde de extensión longitudinal de la parte de extremo (5) y la parte intermedia (4) forma una parte de superficie externa (7) del larguero,
 - proporcionar al menos dos almas (3), estando dotada cada alma (3) de partes de superficie de junta de alma (8) a lo largo de bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente, y
 - 10 - conectar las partes de superficie de junta (6) de las tapas con las partes de superficie de junta (8) de las almas para formar una configuración tubular del larguero (1),
 en el que las partes intermedias (4) y las partes de extremo (5) se proporcionan de modo que comprenden diferentes materiales, y en el que se proporciona una zona de transición entre la parte intermedia (4) y las partes de extremo (5), estando dotada la zona de transición de una composición de los diferentes materiales que cambia progresivamente comprendida en la parte intermedia (4) y las partes de extremo (5).
- 15 2. Método según la reivindicación 1, en el que las partes intermedias (4) comprenden plástico reforzado con fibras de carbono.
3. Método según la reivindicación 1 o 2, en el que las partes de extremo (5) comprenden plástico reforzado con fibras de vidrio.
- 20 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que los materiales se seleccionan de modo que las partes intermedias (4) y las partes de extremo (5) tienen diferentes características con respecto a resistencia o flexibilidad.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las partes de extremo (5) se extienden de manera transversal a la parte intermedia (4).
- 25 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que las almas (3) y tapas (2) se proporcionan como elementos laminados moldeando al menos un tipo de material de fibra y al menos un tipo de resina en moldes individuales (12, 13).
- 30 7. Larguero (1) para una pala de turbina eólica (19), teniendo el larguero (1) una estructura tubular y estando ensamblado a partir de al menos dos tapas (2) y dos almas (3), formando cada tapa (2) una parte intermedia (4) entre dos partes de extremo (5), en el que cada parte de extremo (5) forma una parte de superficie de junta de tapa (6) a lo largo de un borde de extensión longitudinal de la parte de extremo (5) y la parte intermedia (4) forma una parte de superficie externa (7) del larguero, y teniendo cada alma (3) partes de superficie de junta de alma (8) a lo largo de bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente, en el que las partes de superficie de junta (6) de las tapas están conectadas a las partes de superficie de junta (8) de las almas, caracterizado porque las partes intermedias (4) y las partes de extremo (5) comprenden diferentes materiales, y se proporciona una zona de transición entre la parte intermedia (4) y las partes de extremo (5), estando dotada la zona de transición de una composición de los diferentes materiales que cambia progresivamente que está comprendida en la parte intermedia (4) y las partes de extremo (5).
- 35 8. Larguero (1) según la reivindicación 7, en el que las partes intermedias (4) comprenden plástico reforzado con fibras de carbono.
9. Larguero (1) según la reivindicación 7 u 8, en el que las partes de extremo (5) comprenden plástico reforzado con fibras de vidrio.
- 40 10. Larguero (1) según cualquiera de las reivindicaciones 7-9, en el que las partes intermedias (4) y las partes de extremo (5) tienen diferentes características con respecto a resistencia o flexibilidad.
- 45 11. Larguero (1) según cualquiera de las reivindicaciones 7-10, en el que las partes de extremo (5) se extienden de manera transversal a la parte intermedia (4).
12. Larguero (1) según cualquiera de las reivindicaciones 7-11, en el que al menos una de las almas (3) comprende una pluralidad de elementos de alma (10).
- 50 13. Larguero (1) según cualquiera de las reivindicaciones 7-12, que comprende además un cortocircuito (29) en cada una de las tapas (2), conectando los cortocircuitos (29) las tapas (2) eléctricamente para facilitar la protección frente a las descargas eléctricas de la pala.

- 5
14. Larguero (1) según cualquiera de las reivindicaciones 7-13, que comprende además un elemento de refuerzo (25) unido a al menos una de las tapas (2), estando dispuesto el elemento de refuerzo para aumentar una rigidez del larguero (1) en la dirección longitudinal.
 15. Pala (19) para una turbina eólica que comprende un larguero (1) según cualquiera de las reivindicaciones 7-14.

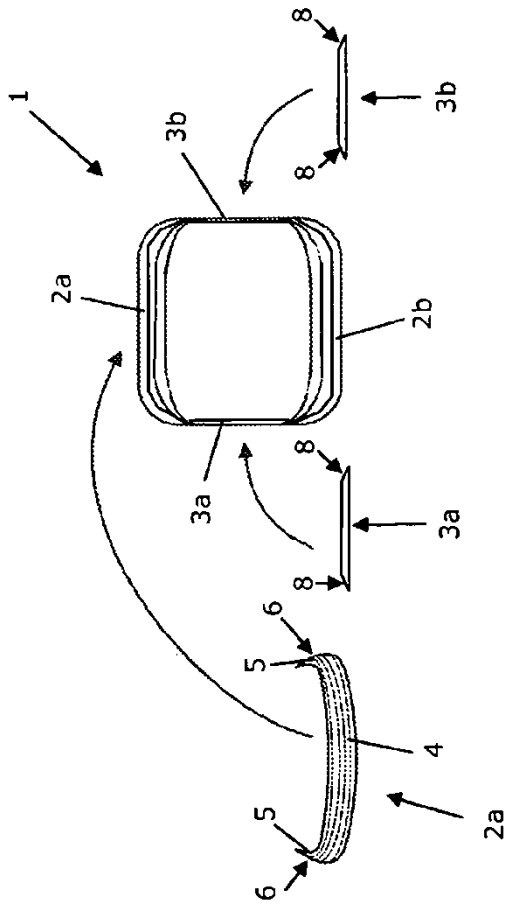


Fig. 1a

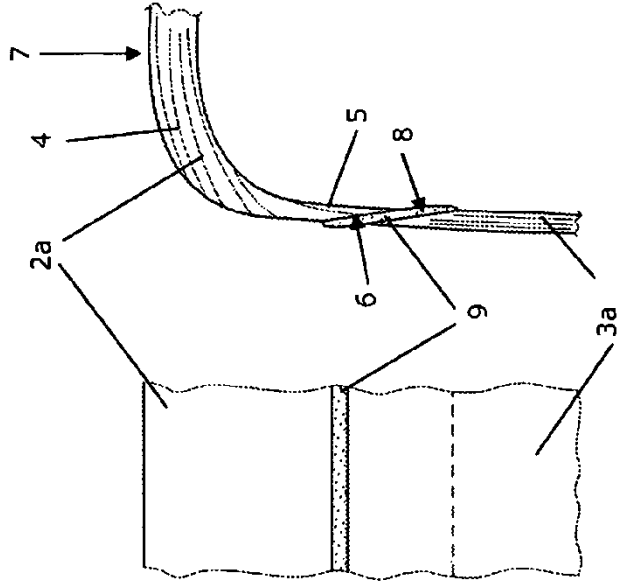


Fig. 1b

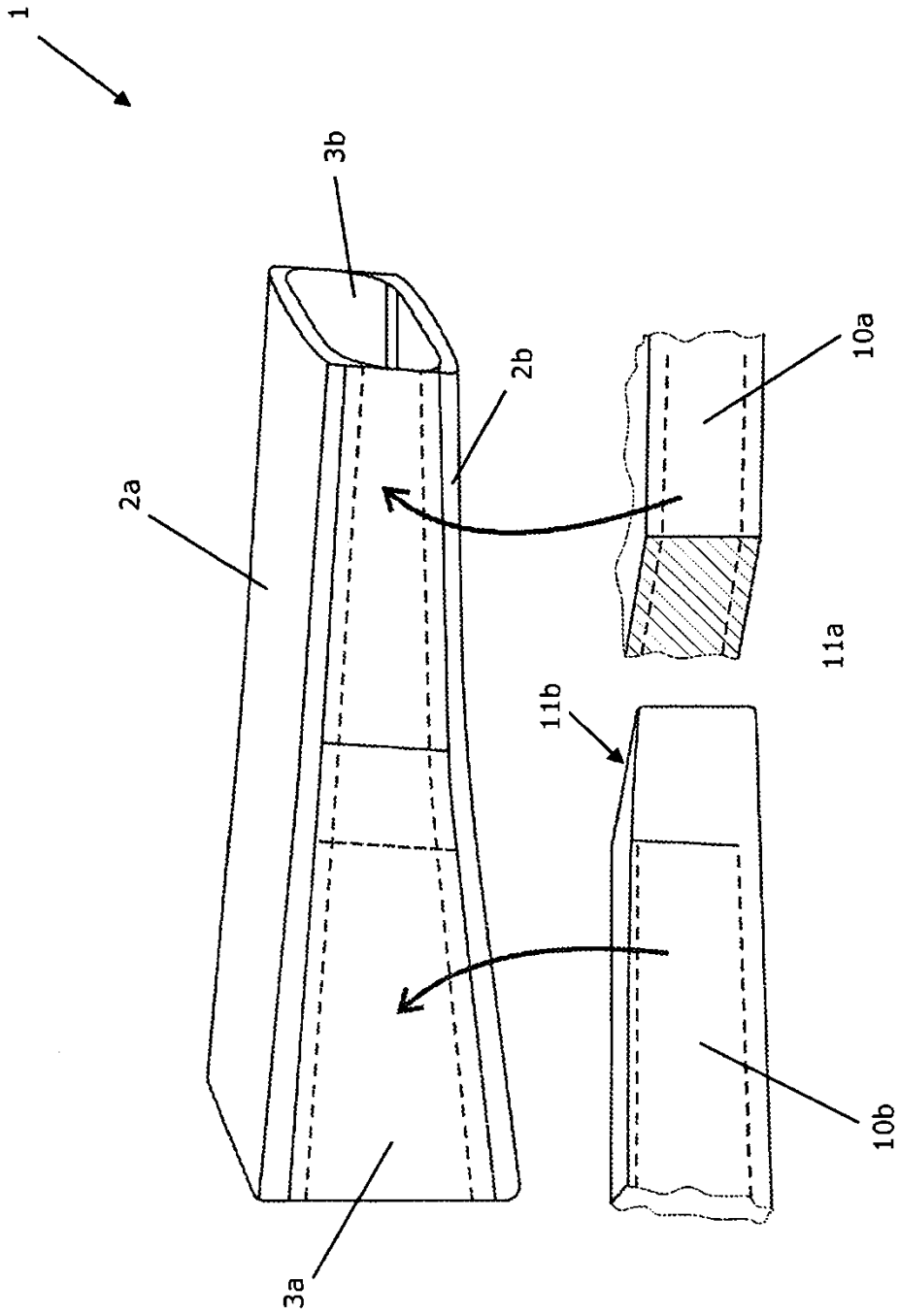


Fig. 2a

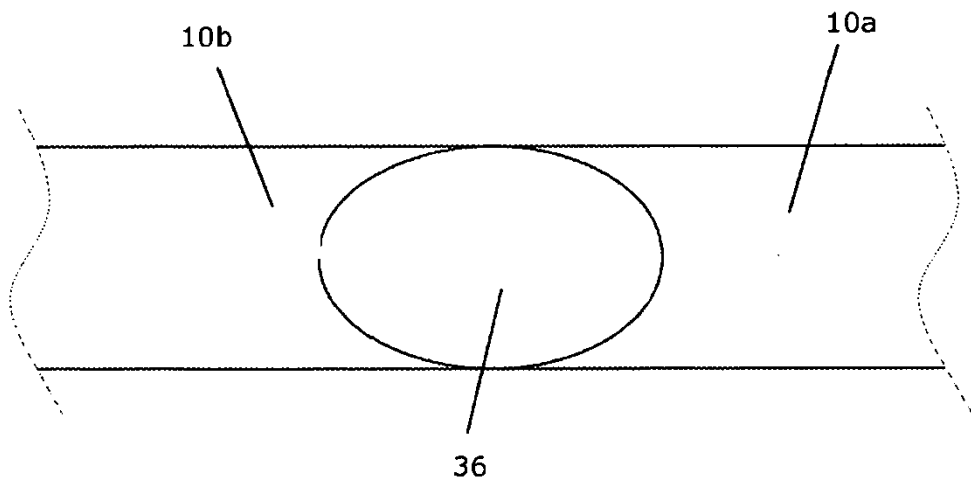
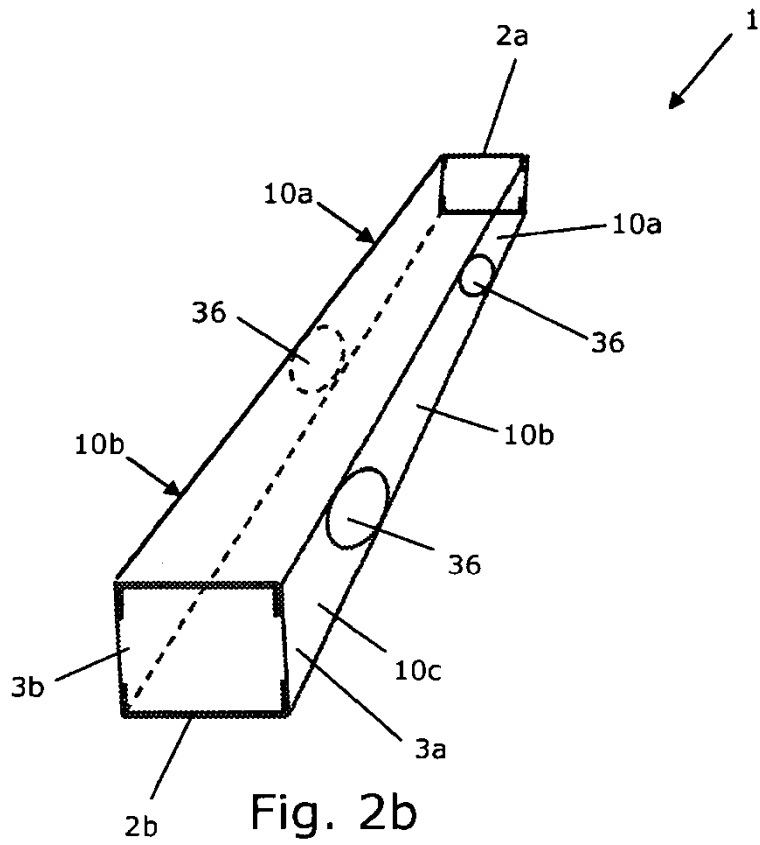


Fig. 2c

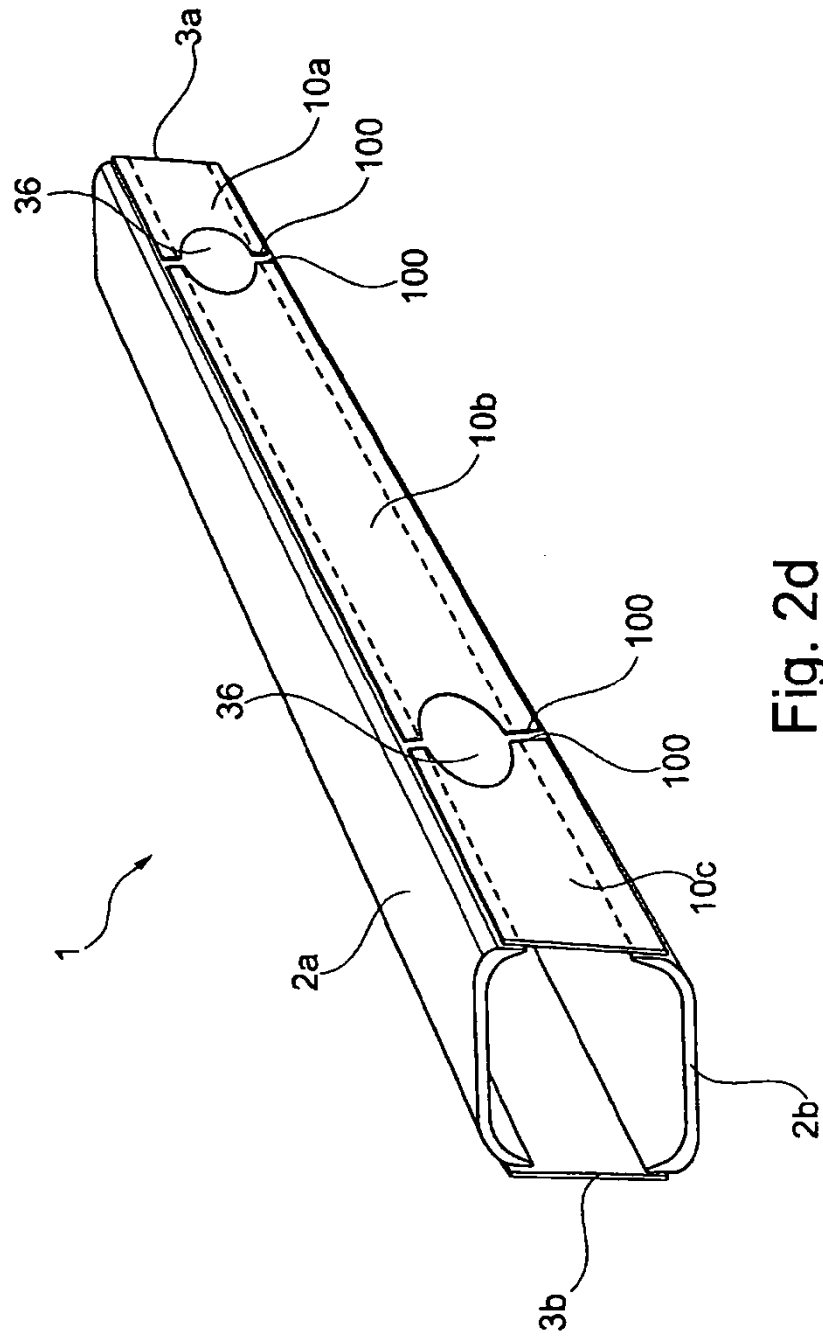


Fig. 2d

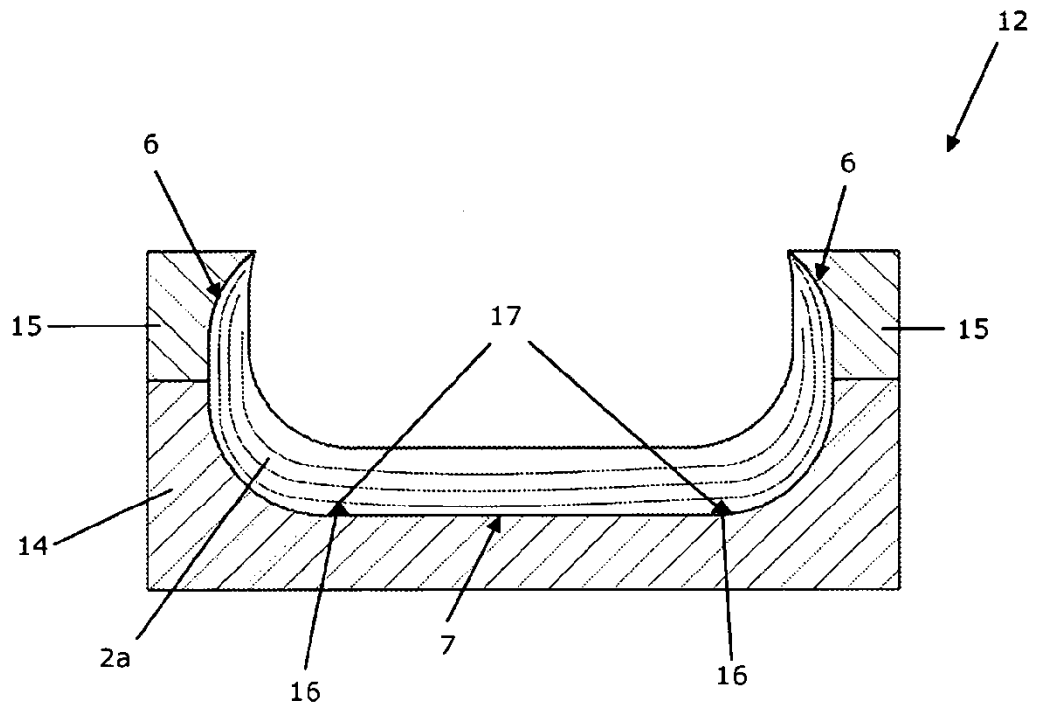


Fig. 3a

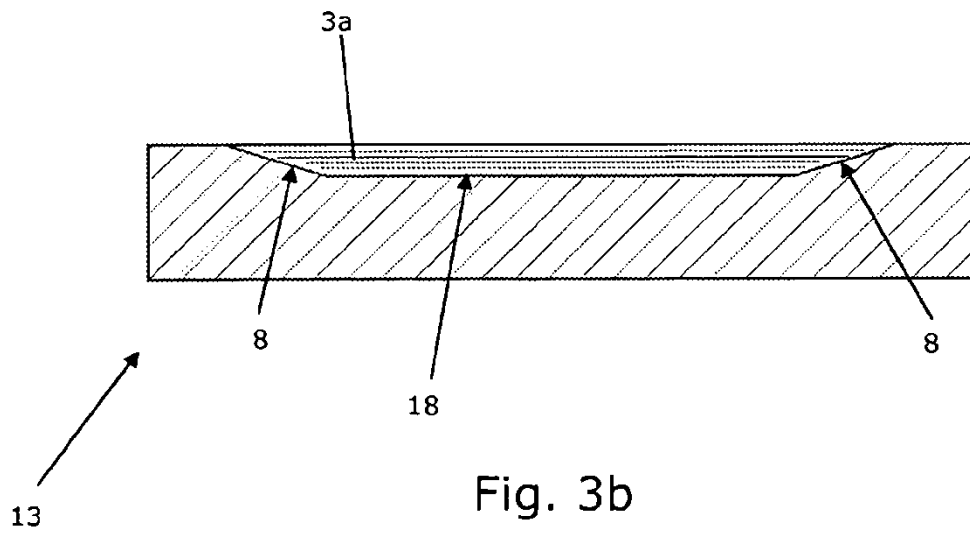


Fig. 3b

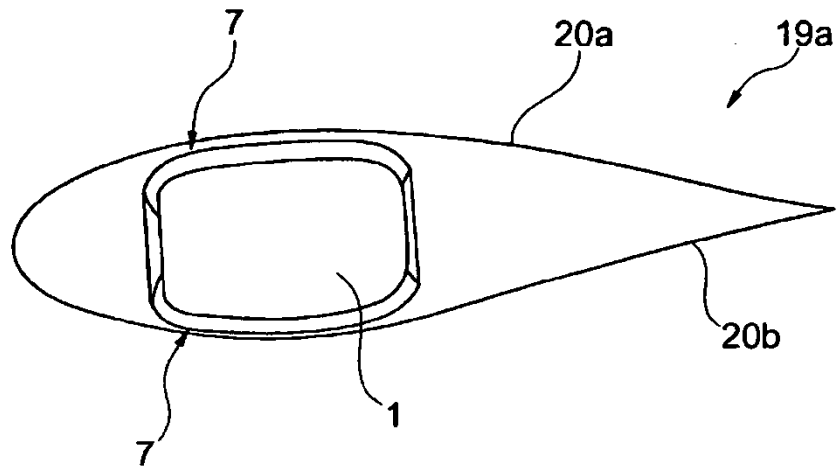


Fig. 4a

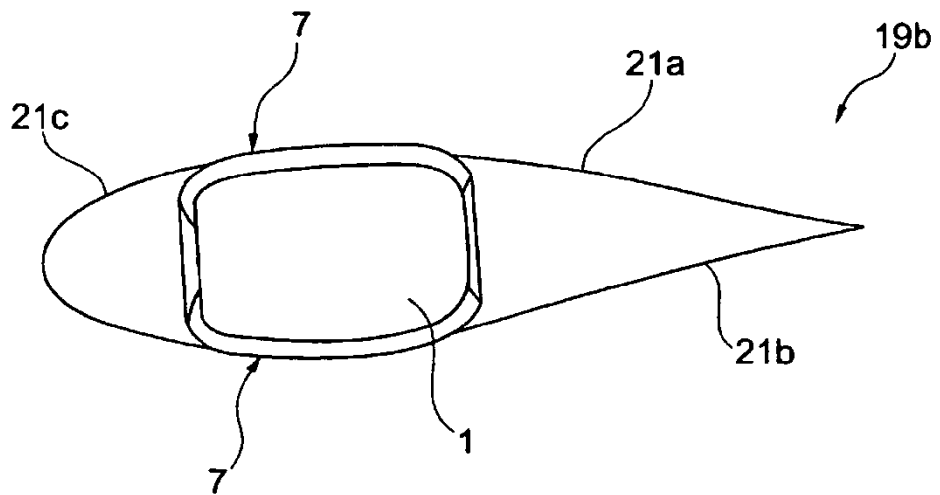


Fig. 4b

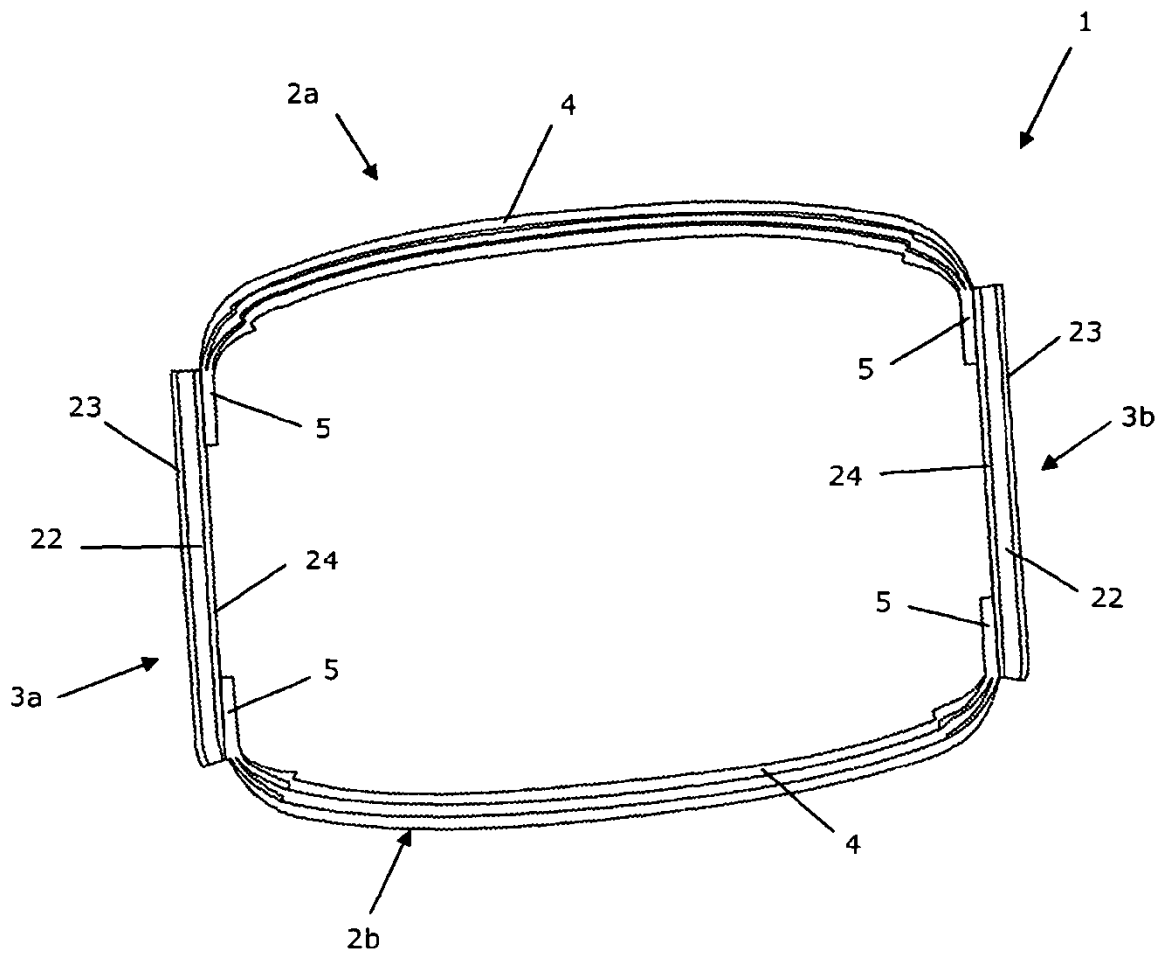


Fig. 5

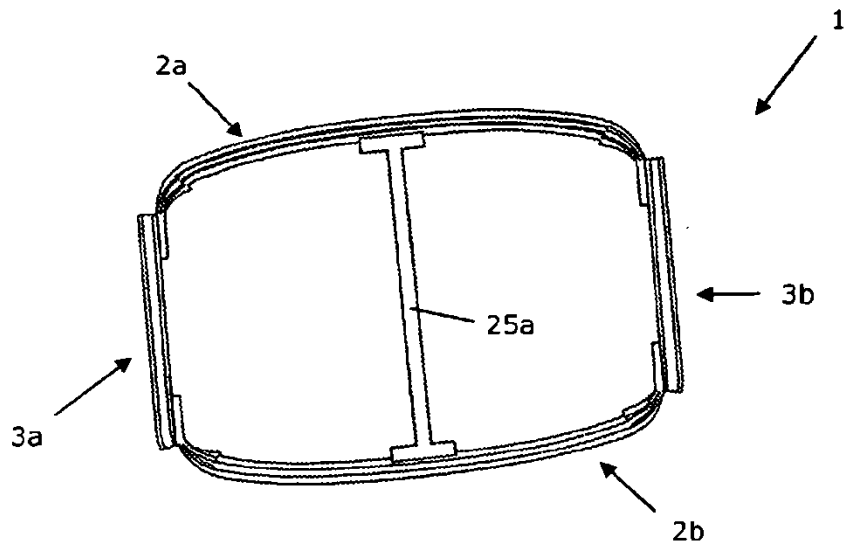


Fig. 6a

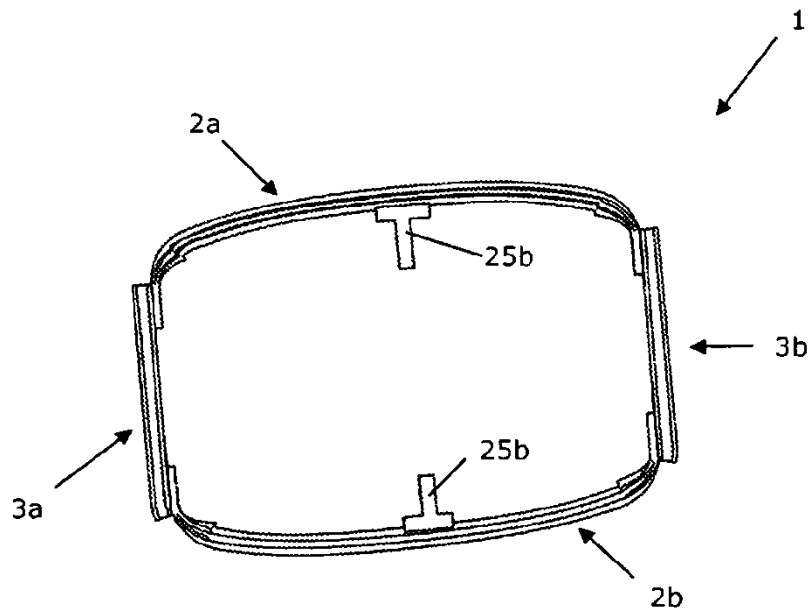


Fig. 6b

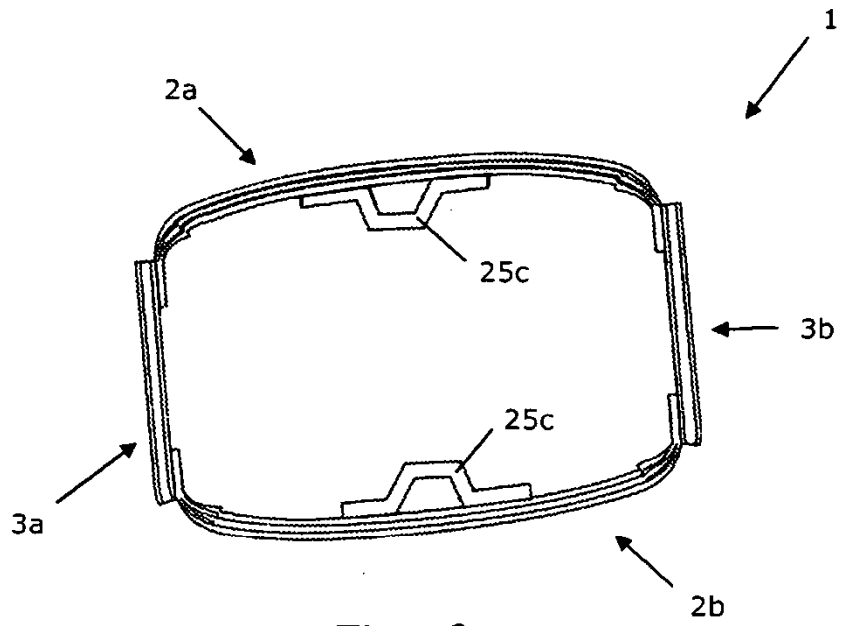


Fig. 6c

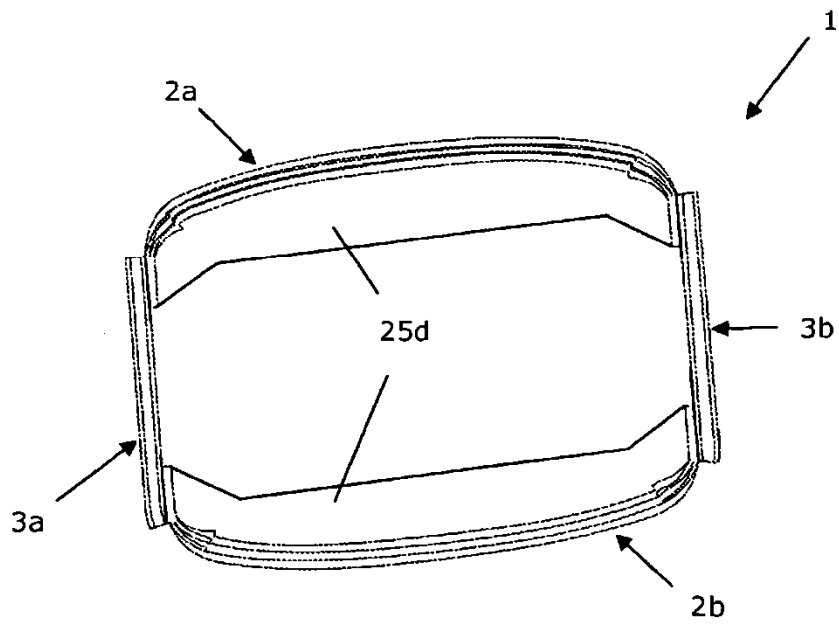


Fig. 6d

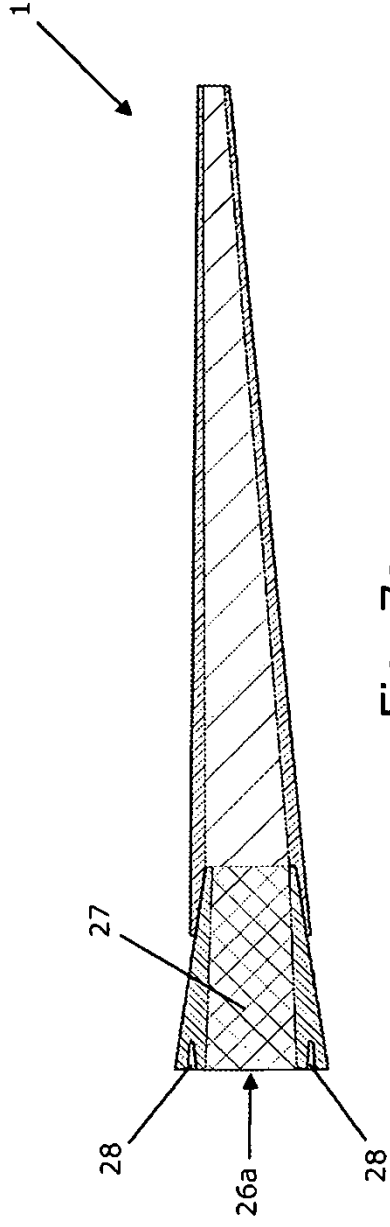


Fig. 7a

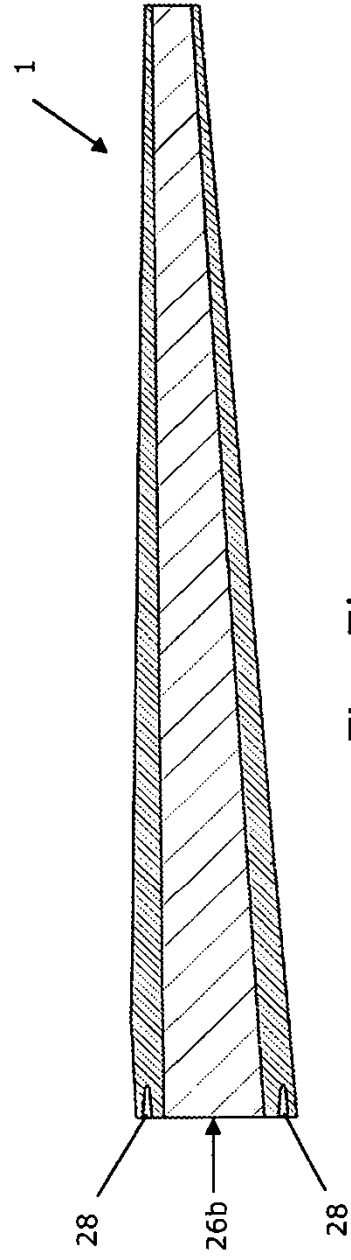


Fig. 7b

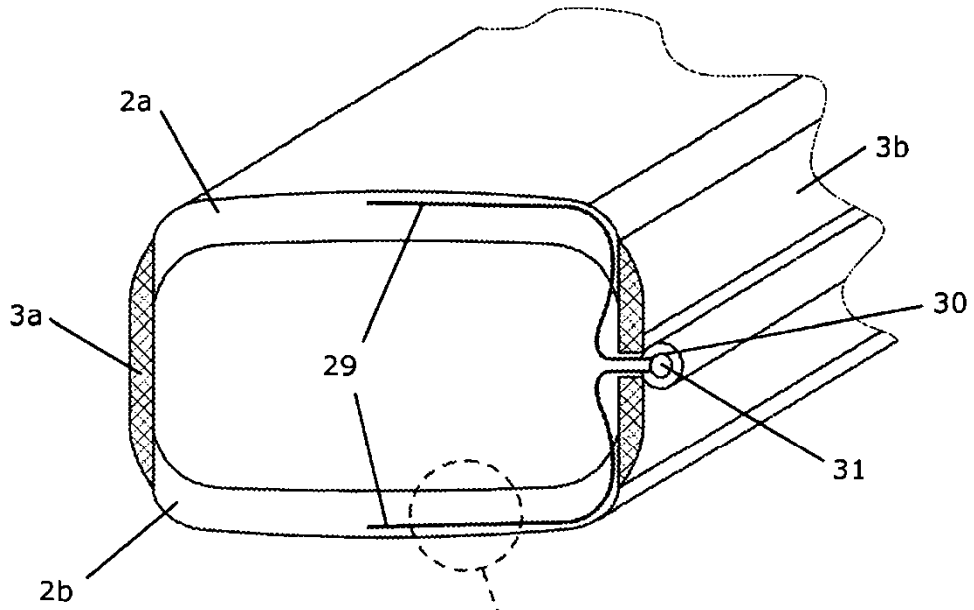


Fig. 8a

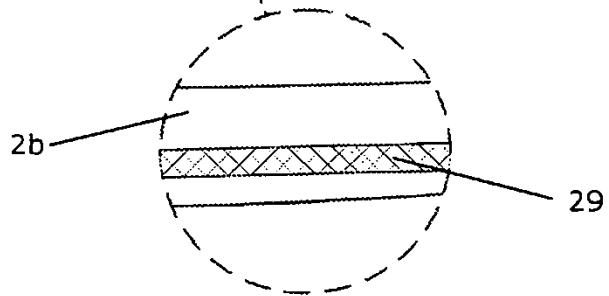


Fig. 8b

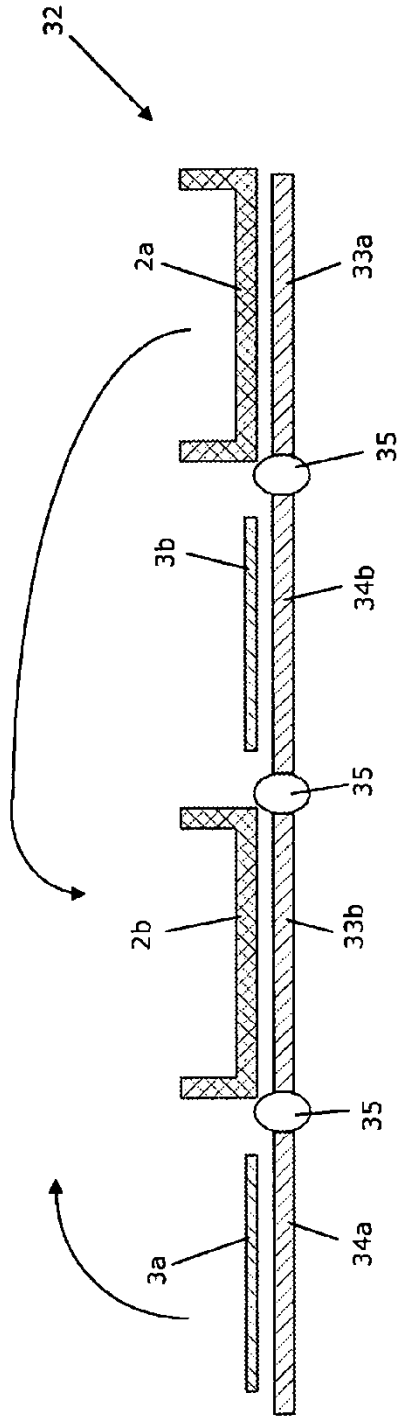


Fig. 9a

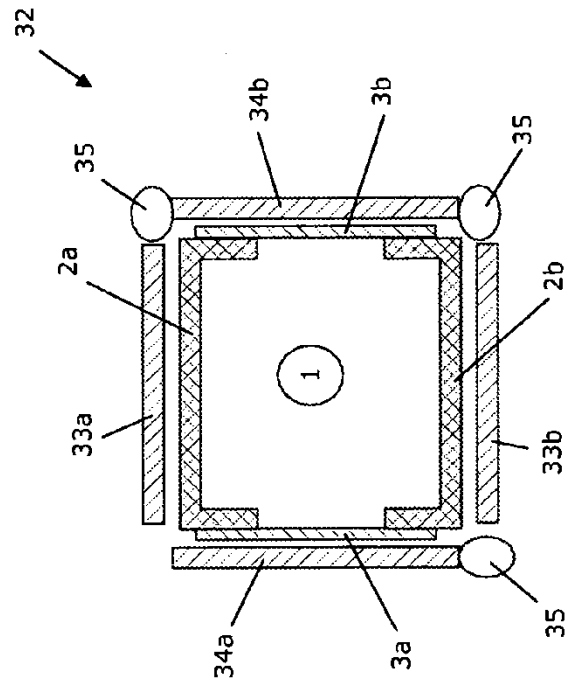


Fig. 9b