

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 568 501**

51 Int. Cl.:

**B29C 65/00** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.06.2009 E 09765921 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2016 EP 2310185**

54 Título: **Un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica que comprende un larguero a partir de elementos que tienen porciones de extremo que se extienden transversalmente con respecto a una porción intermedia y la pala de turbina eólica relacionada**

30 Prioridad:

**20.06.2008 DK 200800850**

**20.06.2008 US 132790 P**

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

**29.04.2016**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**

**Hedeager 42**

**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:

**HEDGES, ANDREW;**

**HANCOCK, MARK y**

**VRONSKY, TOMAS**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 568 501 T3**

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

## DESCRIPCIÓN

Un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica que comprende un larguero a partir de elementos que tienen porciones de extremo que se extienden transversalmente con respecto a una porción intermedia y la pala de turbina eólica relacionada

5 Campo técnico

La presente invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un larguero de una pala de turbina eólica y al larguero de una pala de turbina eólica en sí mismo.

Antecedentes de la invención

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

15 Para aumentar la fuerza del larguero y para limitar su peso, se utilizan a menudo materiales compuestos para los largueros que se utilizan en palas de turbinas eólicas, ya que tales palas están expuestas a cargas variables con altos picos.

Tradicionalmente, 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 Al enrollar o aplicar por otros medios un material sobre un mandril o un núcleo, la geometría interna del elemento tubular final se define por la geometría del mandril o del núcleo, permitiendo así una geometría interior bien definida. Por el contrario, la geometría exterior del elemento tubular final está menos bien definida ya que el efecto de pequeñas variaciones uniformes en el mandril o núcleo y/o una pequeña variación de las capas más internas del material enrollado se aumentan con el número de bobinados.

25 Alternativamente, un larguero se hace a veces a partir de dos elementos moldeados por separado que posteriormente se unen para definir un elemento tubular. Para conseguir un elemento tubular del tamaño adecuado, un elemento de ajuste de la altura se puede aplicar para asegurar que el larguero final encaja en la cavidad entre las dos partes de carcasa que definen la pala de la turbina eólica.

30 El documento 5.547.629 divulga superficies de sustentación huecas de una pieza fabricadas a partir de materiales de filamentos de carbono moldeados, con estructuras de soporte internas formadas integralmente en una sola operación de molde cerrado. Los recubrimiento externos y la estructura de refuerzo interna se curan todos juntos como una unidad integral. Para lograr esto, se abre un molde que tiene una cavidad que define la forma exterior de la superficie de sustentación. Un material de fibra preimpregnada y precortada y un material de núcleo se colocan a continuación en las mitades del molde. Al menos dos mandriles elásticos alargados adyacentes se colocan en contacto con las hojas precortadas de fibra preimpregnada para presionar las hojas y el núcleo en contacto con el molde durante el cierre posterior del mismo. Una banda alargada de material de fibra preimpregnada se coloca entre los mandriles adyacentes y en contacto con los mismos, para hacer que dicho bordes de la banda contacten las láminas de material de fibra preimpregnado en lados opuestos de la cavidad del molde. El molde se cierra; y se aplica calor para curar el material de fibra preimpregnado y para unir la banda con las hojas precortadas. Después de que la superficie de sustentación se retira de la cavidad, los mandriles elásticos se retiran estirando de los mismos desde un extremo abierto de la superficie de sustentación. Esto hace que los mandriles se estiren y se contraigan a medida que se retiran de la superficie de sustentación.

Sumario de la invención

Es un objeto de las realizaciones de la presente invención proporcionar un procedimiento mejorado de fabricación de un larguero de una pala de turbina eólica y proporcionar un larguero mejorado de una pala de turbina eólica.

45 Por lo tanto, en un primer aspecto, la invención proporciona un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica que comprende un larguero, comprendiendo el procedimiento las etapas de:

50 - proporcionar al menos dos tapas, formando cada tapa una porción intermedia entre dos porciones de extremo y que está configurada para su fijación a una carcasa de pala de modo que la porción intermedia de una de las tapas está orientada hacia una carcasa de pala o forma parte de una superficie aerodinámicamente activa de la pala y la porción intermedia de la otra de las tapas está orientada hacia otra carcasa de pala o forma parte de la superficie aerodinámicamente activa de la pala, donde las porciones de extremo forman cada una una porción de superficie de unión de tapa a lo largo de un borde que se extiende longitudinal de la porción de extremo y la porción intermedia forma una porción de superficie exterior del larguero,

- proporcionar al menos dos bandas, estando provista cada banda de porciones de superficie de unión de banda

a lo largo de bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente y

- conectar las porciones de superficie de unión de las tapas con las porciones de superficie de unión de las bandas para formar una configuración tubular del larguero,

5 en el que las tapas se proporcionan de manera que las porciones de extremo se extienden transversalmente a la porción intermedia y en el que las tapas están dispuestas entre sí de manera que las porciones de extremo de una tapa se extienden desde la porción intermedia hacia las porciones de extremo de otra tapa.

Las al menos cuatro partes del larguero, las tapas y las bandas, están conectadas para formar un elemento tubular que puede constituir parte de la resistencia longitudinal de la pala de turbina eólica, siendo así parte del refuerzo de la pala.

10 Se debe entender, que mediante elemento tubular en este contexto se entiende un elemento hueco con una forma alargada. La forma puede ser no uniforme. La geometría exterior puede ser de una forma sustancialmente rectangular, una forma parcialmente circular, una forma oval o de cualquier otra forma. La geometría interior puede ser diferente de la forma exterior, definiendo así un elemento tubular en forma de un anillo alargado de una forma arbitraria.

15 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 la raíz al extremo de punta a lo largo de la longitud del larguero para tener un larguero que se ajusta a una pala de turbina eólica que tiene un tamaño disminuido en el extremo de la punta en comparación con el extremo de la raíz. Sin embargo, la anchura del larguero puede aumentar localmente para aumentar la resistencia y la rigidez del larguero a nivel local. En una  
20 realización preferida, el larguero puede ser por lo tanto aproximadamente cónico, es decir, puede tener una base que es sustancialmente circular que se transforma en una forma aproximadamente rectangular con las esquinas redondeadas y con lados que se estrechan entre sí.

25 Como un ejemplo, el larguero puede tener una longitud de aproximadamente 45 metros, una anchura máxima de aproximadamente 1,0 metros y una altura máxima de aproximadamente 0,8 metros. En comparación, la anchura mínima del larguero puede ser de aproximadamente 100 milímetros. Se debe entender que esto es solo un ejemplo de un larguero. Otros largueros, que son más pequeños y más grandes, también se pueden utilizar dependiendo de la pala de turbina eólica a fabricar.

30 Las al menos dos tapas de larguero pueden formar una parte superior y una parte inferior de un larguero que es sustancialmente rectangular, mientras que las bandas pueden formar conexiones sustancialmente verticales entre las mismas cuando se conectan a las porciones de superficie de unión. De esta manera proporcionando un larguero de al menos cuatro elementos separados, que pueden estar conectados para formar un larguero con una geometría externa bien definida se asegura una mejor compatibilidad entre las carcasas de la pala y el larguero.

35 Las tapas se proporcionan de manera que las porciones de extremo se extienden transversalmente a la porción intermedia. En una realización, las porciones de extremo se extienden desde la porción intermedia en un ángulo de 75-100 grados, tal como aproximadamente 90 grados, formando así una tapa en forma de U a lo largo de la longitud del larguero montado.

40 Las tapas que tienen porciones de extremo que se extienden transversalmente a la porción intermedia pueden garantizar una buena unión entre las porciones de extremo de las tapas y las bandas. Además, esta configuración puede facilitar la distribución de las fuerzas de cizalladura, ya que la unión entre la tapa y la banda se cargará en cizalladura.

Una porción de curva puede conectar la porción intermedia y cada una de las porciones de extremo. En la porción de curva, las tapas pueden tener una curvatura mayor, de modo que cada una de las porciones de extremo se extiende transversal a la porción intermedia con un ángulo que está dentro de un rango predefinido, tal como un rango de 75-100 grados.

45 El procedimiento comprende una etapa de disponer las tapas entre sí de manera que las porciones de extremo de una tapa se extienden desde la porción intermedia hacia las porciones de extremo de otra tapa. De este modo, las porciones de superficie de unión de banda pueden estar conectadas a las porciones de superficie de unión de tapa mediante la disposición de las bandas de modo que se extienden entre las porciones de extremo de las tapas con las porciones de superficie de unión de banda que se solapan con las porciones de superficie de unión de tapa,  
50 formando así un larguero que es tubular.

Las tapas pueden estar dispuestas una respecto a la otra de modo que se forma una distancia predefinida entre las porciones de superficie exteriores de las tapas antes de la etapa de conectar las porciones de superficie de unión de las tapas con las porciones de superficie de unión de las bandas. Esto permite el montaje de un larguero que tiene una altura bien definida y por lo tanto un larguero que corresponde al tamaño y a la forma de las carcasas de la pala  
55 con mayor precisión.

Las bandas se pueden proporcionar como paneles sustancialmente planos para facilitar la conexión de las porciones de superficie de unión de las tapas y las bandas. Esto puede ser especialmente una ventaja si las tapas se colocan entre sí de manera que las porciones de extremo de una tapa se extienden desde la porción intermedia hacia las porciones de extremo de otra tapa.

5 Las tapas se pueden proporcionar de manera que un ángulo existente entre las porciones de extremo y la porción intermedia puede variar sometido a deformación elástica de las tapas. El ángulo puede ser un ángulo superior a 90 grados. Como las porciones de superficie de unión de las bandas pueden estar conectadas a las porciones de superficie de unión de tapa mediante la disposición de las bandas de modo que se extienden entre las porciones de extremo de las tapas con las porciones de superficie de unión de banda que se solapan con las porciones de superficie de unión de tapa, las bandas se pueden presionar hacia las tapas durante el montaje del larguero. Al presionar las bandas hacia las tapas, las tapas se pueden deformar, ya que las porciones de extremo de cada una de las tapas se pueden presionar entre sí, con lo que el ángulo puede cambiar hacia un ángulo de aproximadamente 90 grados.

10 En una realización, al menos una de las tapas se moldea en un molde de tapa, con lo que las porciones de superficie de unión de la tapa se conforman por contacto con el molde de tapa durante el moldeo de la misma. Mediante la conformación de las porciones de la superficie de unión de la tapa por el contacto con el molde, estas porciones pueden estar especialmente bien diseñadas para conexión con las superficies de unión de las bandas, ya que las porciones de superficie de unión de la tapa pueden tener una estructura de superficie que está optimizada para por ejemplo un adhesivo apropiado y/o una forma que coincide con precisión con una superficie de unión de banda correspondiente.

15 Las tapas pueden formar una superficie exterior del larguero tubular, cuya superficie exterior está definida geoméricamente por contacto con el molde de la tapa durante su moldeo. En consecuencia, no solamente las superficies de unión de la tapa pueden definirse por el contacto con el molde, también la superficie exterior de la porción intermedia puede definirse por el molde.

20 Además, cada banda puede moldearse en un molde de banda y las porciones de superficie de unión de las bandas pueden estar geoméricamente definidas por contacto con el molde de la banda durante su moldeo. Alternativamente, las bandas puede ser láminas sustancialmente planas de un material no moldeado, tal como plástico o madera.

25 Si están moldeadas, las bandas pueden formar una superficie interior del larguero tubular, cuya superficie interior está definida geoméricamente por contacto con el molde de la banda durante su moldeo.

30 Las tapas y las bandas se pueden proporcionar de modo que comprendan diferentes materiales. A modo de ejemplo, las tapas y las bandas pueden comprender plástico reforzado con fibra, donde las fibras de las tapas pueden ser principalmente fibras de carbono y las fibras de las bandas pueden ser principalmente de vidrio. La resina puede ser la misma para ambos, o pueden ser diferentes formas de resina. Otros materiales también se pueden utilizar, ya sea como una alternativa a o en combinación con el plástico reforzado con fibra.

35 Además, la porciones intermedias y la porciones de extremo se pueden proporcionar de modo que comprendan diferentes materiales. En una realización, la porción intermedia comprende principalmente plástico reforzado con fibra de carbono, mientras que las porciones de extremo comprenden principalmente plástico reforzado con fibra de vidrio.

40 Los materiales más comúnmente utilizados para la porción intermedia pueden ser fibras unidireccionales y una matriz de resina. Un relleno también puede añadirse. Las fibras pueden ser, por ejemplo, de carbono, vidrio, madera o fibras naturales. Como ejemplo, la resina puede ser una resina termoestable, tal como epoxi, o puede ser una resina termoplástica, tal como PET (tereftalato de polietileno). Un ejemplo de un relleno adecuado es nanopartículas.

45 El material más comúnmente utilizado para las porciones de extremo pueden ser fibras biaxiales y una matriz de resina. La fibra puede ser, por ejemplo, de vidrio o de madera. Y como ejemplo, la resina puede ser una resina termoestable, tal como epoxi, o puede ser una resina termoplástica, tal como PET.

50 Los materiales pueden seleccionarse de manera que las porciones intermedias y las porciones de extremo tengan características diferentes con respecto a la resistencia. De este modo se puede obtener que las porciones intermedias y las porciones de extremo tienen diferente capacidad de soporte de una carga, y/o tienen diferentes niveles de tensión en los 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.

55 Además, los materiales pueden seleccionarse de manera que las porciones intermedias y las porciones de extremo tienen características diferentes con respecto a la flexibilidad. De esta manera las porciones intermedias y las porciones de extremo pueden tener diferentes propiedades de flexibilidad, es decir diferentes niveles de la facilidad con que se doblen o conformen. En otras palabras, los materiales pueden ser diferentes en relación con la medida en la que y la velocidad a la que son posibles los ajustes a las circunstancias cambiantes.

- Una zona de transición puede proporcionarse entre la porción intermedia y las porciones de extremo. Esta zona de transición puede estar provista de una composición cambiada gradualmente de los diferentes materiales que comprenden la porción intermedia y la porción de extremo. Por lo tanto, en la zona de transición, la resina puede cambiar gradualmente, las fibras pueden cambiar gradualmente, o ambas pueden cambiar gradualmente. Otros materiales de la porción intermedia y de la porción de extremo también pueden cambiar gradualmente.
- Las bandas se pueden proporcionar como construcciones de sándwich que tienen un núcleo que comprende, por ejemplo, una espuma o balsa termoestable o termoplástica. Otros materiales del núcleo también se pueden usar. Las bandas pueden comprender una capa interior y una capa exterior en cada lado del núcleo, cuyas capas como un 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 termoestable, tal como epoxi, o puede ser una resina termoplástica, tal como PET.
- Las tapas y las bandas pueden estar provistas de diferentes estructuras, por ejemplo bien debido a la utilización de diferentes materiales o bien debido a la utilización de fibras unidireccionales y biaxiales, respectivamente.
- Las bandas y las tapas se pueden proporcionar como elementos laminados por moldeo de al menos un tipo de material de fibra y al menos un tipo de resina en moldes individuales. Cada una de las tapas pueden estar moldeada como una sola pieza para evitar el montaje de las tapas de una pluralidad de elementos de tapa. Sin embargo, el montaje de los elementos de tapa puede ser una etapa en una realización del procedimiento.
- Como la carcasa del lado de barlovento y la carcasa del lado de sotavento de la pala de la turbina pueden curvarse de forma ligeramente diferente, los al menos dos moldes individuales para las tapas pueden ser de forma diferente.
- Del mismo modo, moldes individuales pueden ser utilizados para proporcionar las bandas. Las bandas en una realización se pueden proporcionar de una pluralidad de elementos de banda, moldeándose cada elemento de banda en un molde separado. Como un ejemplo, cada banda puede comprender una pluralidad de elementos de banda con una longitud en el intervalo de 5-15 metros, tal como 10 metros por elemento. Los elementos de banda pueden ser de diferente longitud. Se debe entender, que una banda puede comprender, alternativamente un número de elementos de banda sustancialmente planos de un material no moldeado.
- En consecuencia, el procedimiento puede comprender además una etapa de montaje de las bandas a partir de una pluralidad de elementos de banda. Las bandas pueden montarse a partir de los elementos de banda antes de conectar las tapas y las bandas para formar el larguero, o alternativamente, los elementos de banda pueden estar conectados mientras se conectan simultáneamente las tapas y la banda y formando así el larguero.
- Las uniones de banda, es decir las uniones entre dos elementos de banda adyacentes, pueden estar escalonadas a lo largo de la longitud del larguero montado para evitar que las uniones de banda en lados opuestos del larguero estén colocadas vis-à-vis entre sí.
- Para formar un larguero mediante la conexión de las tapas y las bandas, el procedimiento puede comprender además una etapa de aplicar un adhesivo en al menos una de las porciones de superficie de unión y una etapa de curado de dicho adhesivo. El adhesivo se puede curar mediante el uso de calor.
- Para poder colocar las tapas y las bandas entre sí antes de conectarlas, puede ser una ventaja si las tapas y las bandas comprenden un marcado de montaje, tal como una marca que pueda facilitar la colocación de las tapas y las bandas entre sí. Las marcas pueden proporcionarse durante el moldeo de las tapas y las bandas, como los moldes como un ejemplo pueden comprender uno o más puntos de referencia, por ejemplo, en forma de pequeñas protuberancias que forman una hendidura en las tapas y las bandas durante su moldeo.
- Para facilitar la conexión de los largueros y las bandas, el procedimiento puede comprender además una etapa de proporcionar una herramienta de montaje y una etapa de disponer las tapas y las bandas en el presente documento antes de la etapa de conectar las tapas y las bandas.
- La herramienta de montaje puede comprender un soporte y en consecuencia, la etapa de disponer las tapas y las bandas en la herramienta de montaje puede comprender una etapa de colocarlas en este soporte, de manera que las tapas y las bandas se colocan en una posición específica entre sí, facilitando de ese modo el correcto posicionamiento de los largueros y las bandas antes de conectarlas.
- Al posicionar el larguero entre dos partes de carcasa de una pala de turbina eólica, la porción de superficie exterior puede formar una cara de contacto para su montaje con una carcasa de pala. El larguero puede estar unido a la parte de la carcasa mediante la adición de un adhesivo a la porción de superficie exterior de cada una de las tapas y posteriormente colocar las partes de carcasa alrededor del larguero de modo que una parte de una superficie interior de la cada una de las partes de carcasa está unida a la porción de superficie exterior de cada una de las tapas.
- En una realización alternativa, la porción de superficie exterior puede estar adaptada para formar parte de una superficie aerodinámicamente activa de una pala de turbina eólica. Por lo tanto, el larguero puede no estar completamente encapsulado dentro de las partes de carcasa.

5 El larguero puede comprender más elementos que las tapas y las bandas. En una realización, el larguero comprende, además, una sección de la raíz separada. Por lo tanto, el procedimiento puede comprender además una etapa de fijar la sección de raíz que se forma como una sección separada de las tapas y las bandas. La sección de raíz puede unirse durante la conexión de las superficies de unión de las tapas y las bandas, o puede unirse posteriormente. La sección de la raíz puede unirse mediante diferentes procesos, tales como mediante unión, envoltura, o infusión.

10 El procedimiento puede comprender además una etapa de proporcionar en un extremo de la raíz del larguero, una pluralidad de estructuras de fijación que facilitan la unión de la pala a un buje. El extremo de la raíz puede formar parte de una sección de raíz separada o puede formar parte de un larguero que se monta a partir de tapas y bandas sin una sección de raíz separada. Una estructura de fijación por ejemplo puede comprender un elemento de acero hueco con una rosca interna en la que se puede fijar un perno u otro elemento roscado.

15 Para facilitar la protección contra los rayos de la pala de la turbina eólica, el procedimiento 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, por ejemplo, placas de cobre delgadas que están conectadas entre sí y a un conductor inferior. Los cortocircuitos pueden estar laminados en las tapas.

20 Para aumentar la estabilidad del larguero, el procedimiento puede comprender además una etapa de fijar un elemento de refuerzo a por lo menos una de las tapas, estando el elemento de refuerzo dispuesto para aumentar la rigidez del larguero en la dirección longitudinal. El elemento de refuerzo puede unirse por ejemplo durante el moldeo de las tapas o durante el montaje del larguero cuando se conectan las porciones de superficie de unión de las tapas y las bandas.

Ejemplos de elementos de refuerzo son un elemento transversal que se une a y se extiende desde una superficie interior de una tapa a la superficie interior de otra tapa y diferentes elementos alargados que se unen a una superficie interior de las tapas y que se extienden a lo largo de las tapas.

25 Otro ejemplo de un elemento de refuerzo es un elemento de nervio que comprende una pluralidad de nervios que están unidos a una superficie interior de las tapas. Los nervios pueden colocarse adyacentes entre sí con una distancia mutua de por ejemplo 1 metro. Otros elementos de refuerzo también se pueden usar.

30 En un segundo aspecto, la invención proporciona una pala de turbina eólica que comprende un larguero, teniendo el larguero una estructura tubular y estando montado a partir de al menos dos tapas y dos bandas, formando cada una de las tapas una porción intermedia entre dos porciones de extremo y estando configurada para su fijación a una carcasa de pala de modo que la porción intermedia de una de las tapas está orientada hacia una carcasa de pala o forma parte de una superficie aerodinámicamente activa de la pala y la porción intermedia de la otra de las tapas está orientada hacia otra carcasa de pala o forma parte de la superficie aerodinámicamente activa de la pala, donde cada una de las porciones de extremo forma una porción de superficie de unión de tapa a lo largo de un borde que se extiende longitudinal de la porción de extremo y la porción intermedia forma una porción de la superficie exterior del larguero y teniendo cada una de las bandas unas porciones de superficie de unión de bandas a lo largo de los bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente, donde las porciones de superficie de unión de las tapas están conectadas a las porciones de superficie de unión de las bandas, donde las porciones de extremo se extienden transversalmente a la porción intermedia y donde las porciones de extremo de una tapa se extienden desde la porción intermedia hacia las porciones de extremo de otra tapa.

40 El larguero se puede fabricar mediante el uso del procedimiento del primer aspecto de la invención. Se debe entender, que las características del primer aspecto antes mencionado de la invención también pueden ser aplicables al larguero del segundo aspecto de la invención.

En particular el larguero puede comprender:

45 - tapas dispuestas una respecto a la otra con una distancia predefinida formada entre las porciones de superficie exteriores de las tapas antes de que las porciones de superficie de unión de las tapas se conecten con las porciones de superficie de unión de las bandas,

- bandas que comprenden paneles sustancialmente planos,

- tapas que tienen un ángulo entre las porciones de extremo y la porción intermedia que puede variar sometido a deformación elástica de las tapas,

50 - porciones de la superficie de unión de las tapas que se conforman por contacto con un molde de las tapas,

- porciones intermedias y porciones de extremo que comprenden diferentes materiales,

- bandas que comprende una pluralidad de elementos de banda,

- un cortocircuito en cada una de las tapas, conectando los cortocircuitos/circuitos pequeños las tapas eléctricamente para facilitar la protección contra los rayos de la pala, y/o

- un elemento de refuerzo unido a al menos una de las tapas, estando dispuesto el elemento de refuerzo para aumentar la rigidez del larguero en la dirección longitudinal.

Al menos una de las bandas puede comprender al menos dos elementos de banda adyacentes con interfaces que no están conectadas entre sí.

- 5 Esto significa que estos elementos de banda adyacentes no están conectados directamente entre sí, sino solo conectados entre sí a través de las tapas a las que están ambos unidos. En consecuencia, no están unidas, encoladas, atornilladas o fijadas de manera similar entre sí.

Al conectar las porciones de superficie de unión de las tapas y las bandas para formar un larguero, puede utilizarse una herramienta de montaje. Un ejemplo de una herramienta de montaje de este tipo puede ser:

- 10 Una herramienta de montaje para el montaje de un larguero para una pala de turbina eólica, comprendiendo el larguero al menos dos tapas y dos bandas, formando cada tapa una porción intermedia entre dos porciones de extremo, donde cada una de las porciones de extremo forma una porción de superficie de unión de la tapa a lo largo de un borde longitudinal de la porción de extremo y la porción intermedia forma una porción de la superficie exterior del larguero y cada banda que tiene porciones de superficie de unión de banda a lo largo de bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente, comprendiendo la herramienta un soporte de tapa para sujetar las tapas, un soporte de banda para sujetar las bandas y una estructura de montaje que facilita el posicionamiento de los soportes entre sí.

Mediante la colocación de las tapas y las bandas entre sí puede además asegurarse que la geometría del larguero está adaptada más precisamente a la geometría de la pala de turbina final.

- 20 La estructura de montaje puede comprender una estructura de articulación que facilita la rotación de un soporte con relación a un soporte adyacente. Por lo tanto, los soportes pueden estar conectados entre sí mediante una estructura de articulación que después de la rotación de un soporte con relación a un soporte adyacente facilita el posicionamiento de los soportes entre sí.

- 25 En una configuración abierta inicial, en la que la herramienta de montaje puede estar lista para recibir las tapas y las bandas, los soportes pueden colocarse todos con una superficie de soporte superior hacia arriba. Después de haber colocado las tapas y las bandas en los soportes, la estructura de montaje puede facilitar que tres de las cuatro estructuras de soporte se eleven y se hagan girar entre sí y con relación a la última estructura de soporte que puede permanecer en su posición inicial teniendo la superficie de soporte superior orientada hacia arriba. El movimiento de elevación y de giro se pueden controlar y limitar mediante la estructura de articulación de la estructura de montaje lo que facilita la correcta rotación de los soportes entre sí.

- 30 Como una alternativa a la estructura de articulación, la estructura de montaje puede comprender una estructura de fijación que facilita la fijación de al menos un soporte a al menos otro soporte. Los soportes pueden todavía estar colocados en una posición inicial con la superficie de soporte superior hacia arriba. Y después de haber colocado las tapas y las bandas en los soportes, cada uno de los soportes se puede mover a la posición correcta, donde la estructura de fijación puede asegurar que un soporte está unido a al menos uno de los soportes adyacentes para formar un larguero tubular.

Para facilitar el posicionamiento de los soportes entre sí, la estructura de montaje puede comprender un elemento accionado por motor para el posicionamiento de los soportes entre sí. El elemento accionado por motor puede comprender una estructura hidráulica, una estructura eléctrica, un dispositivo de grúa, u otras estructuras de motor.

- 40 Al menos uno de los soportes puede comprender una marca de herramienta que coincide con una marca de montaje correspondiente en al menos una tapa o una banda. Estas marcas pueden facilitar la colocación de la tapa o la banda con respecto al soporte, asegurando así una posición final correcta de las tapas y las bandas entre sí antes de conectarlas.

- 45 En una realización, la marca de la herramienta comprende uno o más salientes y la marca de montaje correspondiente comprende una o más hendiduras. Estos salientes están dispuestos para su acoplamiento con las hendiduras de la tapa o banda. En una realización alternativa, la marca de montaje comprende uno o más salientes, mientras que la herramienta de marcado comprende una o más hendiduras. Otras marcas correspondientes que facilitan la colocación de las tapas o la banda con respecto a la herramienta de montaje se pueden utilizar en otras realizaciones.

- 50 Para asegurarse de que una tapa o banda se mantiene dentro de una estructura de soporte, siempre y cuando sea necesario, los soportes pueden comprender una estructura de fijación de facilitar la fijación de una tapa o una banda a cada uno de los soportes. Una estructura de fijación puede proporcionarse para cada una de las estructuras de soporte. La tapa y/o banda puede fijarse por ejemplo mediante fuerzas magnéticas, mediante el uso de presión de succión, mediante unión, mediante tornillos, remaches, o por otros medios.

- 55 Como las tapas y/o las bandas fabricadas pueden tener un grado de flexión longitudinal debido a contracciones

5 térmicas, puede ser una ventaja si la herramienta de montaje comprende además una estructura de manipulación adaptada para manipular parte de la curvatura y torsión de al menos una de las tapas y las bandas. De esta manera, pueden satisfacerse las tolerancias requeridas. Mediante parte de curvatura en esta conexión se entiende la curvatura longitudinal de al menos una parte de las tapas y/o las bandas. Además, la torsión se debe entender que cubre una rotación parcial de una parte de las tapas y/o las bandas.

La herramienta de montaje puede comprender además una estructura de calentamiento que facilita el curado de un adhesivo proporcionado en al menos una de las porciones de superficie de unión. Como un ejemplo, la estructura de calentamiento puede comprender cables calentados eléctricamente que se construyen en los soportes en posiciones en las que se colocan las porciones de superficie de unión durante el montaje del larguero.

10 Breve descripción de los dibujos

Ahora se describirán 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 está montado a partir al menos dos tapas y dos bandas,

la figura 1b es una vista ampliada de la figura 1a que ilustra una unión entre una tapa y una banda,

15 las figuras 2a y 2b ilustran diferentes realizaciones de un larguero que comprende una pluralidad de elementos de banda,

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

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

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

20 la figura. 3b ilustra un molde de banda para una banda,

las figuras 4a y 4b ilustran dos formas diferentes de fijar el larguero a las carcasas de la pala de la turbina eólica,

la figura 5 ilustra un larguero que comprende porciones intermedias y porciones de extremo de diferentes materiales y bandas que comprenden construcciones de sándwich,

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

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

las figuras 8a y 8b ilustran un larguero que comprende una protección contra rayos para una pala de turbina eólica y

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

Descripción detallada de los dibujos

30 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 bandas 3a, 3b.

Cada tapa 2a, 2b forma una porción intermedia 4 entre dos porciones de extremo 5. Cada una de las porciones de extremo 5 forma una porción de superficie de unión de la tapa 6 y la porción intermedia 4 forma una porción de superficie exterior 7.

35 Cada banda 3a, 3b está provista de porciones de superficie de unión de la banda 8 a lo largo de bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente.

Cuando se conectan las porciones de superficie de unión de las tapas 6 con las porciones de superficie de unión de las bandas 8, se forma un larguero 1 que tiene una configuración tubular. Un adhesivo 9 se utiliza para unir las porciones de superficie de unión 6, 8 juntas como se ilustra en la figura 1b que muestra una parte ampliada de la figura 1a.

40 Las tapas 2a, 2b y las bandas 3a, 3b están moldeadas en moldes de tapas y moldes de bandas y sus porciones de superficie de unión 6, 8 están geoméricamente definidas por una forma de estos moldes. Es decir, la porción de superficie de unión 6, 8 está conformada por contacto con el molde garantizando una geometría bien definida de las porciones de superficie de unión 6, 8.

45 Como se ilustra, las porciones de extremo 5 de las tapas 2a, 2b se extienden transversalmente a la porción intermedia 4 en un ángulo de aproximadamente 90 grados, con lo que las porciones de extremo 5 de la tapa 2a se extienden desde la porción intermedia 4 hacia las porciones de extremo 5 de la otra tapa 2b cuando se monta el larguero 1. Las bandas 3a, 3b están unidas a las tapas 2a, 2b en las porciones de extremo 5.



- 5 La figura 2a ilustra partes de una realización de un larguero 1 en el que las bandas 3a, 3b comprenden una pluralidad de elementos de banda 10a 10b. Para evitar una unión a tope entre los elementos de banda 10a, 10b, cada uno de los elementos de banda 10a, 10b comprende una superficie de unión 11a, 11b que termina en un ángulo agudo. Esto aumenta el área de las superficies de unión 11a, 11b y facilita la unión de los elementos de banda 10a 10b.
- 10 Las figuras 2b y 2c ilustran una realización alternativa de un larguero 1 en la que las bandas 3a, 3b comprenden una pluralidad de elementos de banda 10a, 10b, 10c. En lugar de la unión de solapamiento que se ilustra en la figura 2a, los elementos de banda 10a, 10b se unen en sus secciones de extremo formando, en esta realización, un recorte elíptico que deja un orificio 36 en las bandas 3a, 3b. En el área recortada 36, las cargas de corte son tomadas por las tapas 2a, 2b.
- 15 La figura 2b también ilustra que las uniones de banda, es decir las uniones entre dos elementos de banda adyacentes 10a, 10b y 10b, 10c, están escalonadas a lo largo de la longitud del larguero 1 montado para evitar que las uniones de banda en lados opuestos del larguero 1 estén colocadas vis-à-vis entre sí. Esta manera de escalonar las uniones de banda es también aplicable para las uniones de banda de la figura 2a.
- 20 La figura 2b ilustra una alternativa adicional de una realización de un larguero 1 en el que las bandas 3a, 3b comprenden una pluralidad de elementos de banda 10a 10b, 10c. Como se ilustra, dos elementos de banda adyacentes 10a, 10b - 10b, 10c tienen interfaces 100 que no están conectadas entre sí.
- Esto significa, que estos elementos de banda adyacentes 10a, 10b - 10b, 10c no están conectados directamente entre sí sino solo conectados entre sí a través de las tapas 2a, 2b a las que están ambos unidos. En consecuencia, los elementos de banda adyacentes 10a, 10b - 10b, 10c no están unidos, pegados, atornillados o fijados de manera similar entre sí.
- 25 Cuando no se conectan los elementos de banda 10a, 10b - 10b, 10c, solamente la unión de las tapas 2a, 2b y las bandas 3a, 3b es necesaria y se puede omitir unión adicional para los elementos de banda. Esto puede disminuir la cantidad de adhesivo necesaria para el montaje del larguero 1 y el tiempo implicado en el montaje del larguero y por lo tanto reducir los costes asociados con el mismo. Los orificios 36 se pueden utilizar para el acceso de Inspección y están conformados de manera que reducen al mínimo las concentraciones de tensión en el extremo de los elementos de banda.
- 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 banda 13 con una banda 3a.
- 30 El molde de tapa 12 comprende un molde inferior 14 y dos extensiones de molde superiores 15. La superficie interior de las extensiones de molde superior 15 está provista de un material que no se adhiere a la resina de la tapa 2a y que además es capaz de definir geoméricamente las porciones de unión de superficie de la tapa 6 mediante el contacto con la misma. Un ejemplo de un material tal es una capa de tela.
- 35 La porción de superficie exterior 7 de la porción intermedia 4 se define también por el contacto con la superficie interior del molde de tapa 12.
- La superficie interna del molde de tapa 12 comprende dos puntos de referencia 16 en forma de pequeños salientes, un pequeño cono. Cada uno de los puntos de referencia 16 forma una hendidura 17 en la tapa 2a durante su moldeo. Estas hendiduras 17 se utilizan para colocar la tapa 2a con relación a las bandas 3a, 3b (no mostradas) antes de conectarlas. El posicionamiento se puede hacer mediante el uso de una herramienta de montaje.
- 40 Como se ilustra en la figura 3b, la superficie interior 18 y las porciones de superficie de unión de banda 8 de la banda 3a se definen por contacto con el molde de banda 13, permitiendo así una geometría bien definida de las porciones de superficie de unión de banda 8 que se van a unir con las porciones de superficie de tapa 5. Es decir, las porciones de superficie de unión 6, 8 coincidentes están moldeadas para facilitar una unión más precisa entre las tapas 2a, 2b y las bandas 3a, 3b.
- 45 Las figuras 4a y 4b ilustran dos formas diferentes de fijar el larguero 1 a las carcasas de una pala de turbina eólica 19.
- En la figura 4a el larguero 1 se coloca entre dos carcasas de pala 20a, 20b de la pala de turbina eólica 19a. Las porciones de superficie exteriores 7 forman una cara de contacto para su montaje con las carcasas de pala 20a, 20b. El larguero 1 se une a las carcasas de pala 20a, 20b mediante la adición de un adhesivo (no mostrado) a la porción de superficie exterior 7 de cada una de las tapas 2a, 2b.
- 50 En la figura 4b se ilustra una realización alternativa. Las porciones de superficie exteriores 7 están adaptadas para formar parte de la superficie aerodinámicamente activa de la pala de turbina eólica 19b. Por lo tanto, el larguero 1 no está encapsulado completamente dentro de las carcasas de pala 21a, 21b, 21c.
- La figura 5 ilustra un larguero 1 que comprende dos tapas 2a, 2b y dos bandas 3a, 3b. Las tapas 2a, 2b comprenden

porciones intermedias 4 y porciones de extremo 5 de diferentes materiales. Y las bandas 3a, 3b se proporcionan como construcciones de sándwich.

5 En la realización ilustrada, las porciones intermedias 4 comprenden fibras unidireccionales, una matriz de resina y un relleno. La parte principal de las fibras es de fibras de carbono. Las porciones de extremo 5 comprenden fibras biaxiales y una matriz de resina. La parte principal de las fibras es fibras de vidrio.

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

10 Las figuras 6a-6d ilustran diferentes realizaciones de un larguero 1 que comprenden distintas 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 un elemento transversal que se une a y se extiende desde la superficie interior de la tapa superior 2a hasta la superficie interior de la tapa inferior 2b.

15 La figura 6b ilustra un elemento de refuerzo 25b en forma de dos elementos alargados cada uno uniéndose a la superficie interior de una de las tapas 2a, 2b y extendiéndose a lo largo las tapas 2a, 2b. El elemento de refuerzo 25b se forma como una viga en T.

20 La figura 6c ilustra un elemento de refuerzo 25c en forma de dos elementos alargados cada uno unido a la superficie interior de una de las tapas 2a, 2b y que se extienden a lo largo de las tapas 2a 2b,. El elemento de refuerzo 25b se forma como una 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 están unidos a la superficie interior de las tapas 2a, 2b y están colocados adyacentes entre sí con una distancia mutua de aproximadamente 1 metro.

Las figuras 7a y 7b ilustran realizaciones diferentes de un larguero 1 que tiene diferentes extremos de raíz 26.

25 La figura 7a ilustra una realización de un larguero que comprende una sección de raíz 27 separada. La sección de raíz 27 se ha unido mediante unión, envoltura, o infusión.

30 Una pluralidad de estructuras de fijación 28 que facilitan la fijación de la pala (no mostrada) a un buje (no mostrado) se proporcionan en el extremo de raíz 26 del larguero 1. En la figura 7a, las estructuras de fijación 28 se proporcionan en el extremo de raíz 26 de la sección de la raíz 27 separada, mientras que la figura 7b ilustra un larguero 1, en el que las estructuras de fijación 28 se proporcionan en las tapas y en las bandas. La estructura de fijación 28 son elementos de acero huecos con una rosca interna en la que se puede fijar un perno u otro elemento roscado desde el buje.

Las figuras 8a y 8b ilustran un larguero 1 que comprende una protección contra rayos para una pala de turbina eólica. La figura 8b es una vista ampliada de una parte de la figura 8a.

35 La protección contra rayos se proporciona mediante la laminación de un cortocircuito 29 en 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 están conectadas entre sí a lo largo de un lado del larguero 1 en una conexión 30. Además, los cortocircuitos 29 están conectados a un conductor inferior 31.

40 Las figuras 9a y 9b ilustran una realización de una herramienta de montaje 32 para el montaje de las tapas 2 y las bandas 3 de un larguero 1.

La herramienta de montaje 32 comprende una estructura de soporte de tapa 33 para sujetar cada tapa 2 y estructura de soporte de banda 34 para sujetar cada banda 3 durante el montaje del larguero 1.

Además, la herramienta de montaje 32 comprende una estructura de montaje que comprende una estructura de articulación 35 que facilita la rotación de un soporte 33, 34 con relación a un soporte adyacente 33, 34.

45 La figura 9a ilustra una configuración abierta inicial de la herramienta de montaje 32, en la que la herramienta de montaje 1 ha recibido las tapas 2 y las bandas 3. Después de haber colocado las tapas 2 y las bandas 3 en los soportes 33, 34, la estructura de montaje facilita que tres 33a, 34a, 34b de las cuatro estructuras de soporte se eleven y se hagan girar entre sí y con relación a la última estructura de soporte 33b, que permanece en su posición inicial teniendo la superficie de soporte superior orientada hacia arriba. El movimiento de elevación y de giro está controlado y limitado mediante la estructura de articulación 35 de la estructura de montaje, que facilita la correcta rotación de los soportes 33, 34 entre sí.

50 La figura 9b ilustra una configuración final dosificada de la herramienta de montaje 32, en la que el larguero 1 está

siendo montado mediante la conexión de las porciones de superficie de unión de las tapas 6 con las porciones de superficie de unión de las bandas 8. Las porciones de superficie unión de banda 8 se presionan hacia las porciones de la superficie de unión de las tapas 6 mediante las estructuras de soporte 34.

5 Los detalles de la superposición entre las porciones de superficie de unión de las tapas 6 y las porciones de superficie de unión de las bandas 8 se pueden ver en la figura 1b.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica (19) que comprende un larguero (1), comprendiendo el procedimiento las etapas de:

- 5 - proporcionar al menos dos tapas (2), formando cada tapa (2) una porción intermedia (4) entre dos porciones de extremo (5) y que está configurada para su fijación a una carcasa de pala (20, 21), de modo que la porción intermedia (4) de una de las tapas (2) está orientada hacia una carcasa de pala o forma parte de una superficie aerodinámicamente activa de la pala y la porción intermedia (4) de la otra de las tapas (2) está orientada hacia otra carcasa de pala o forma parte de la superficie aerodinámicamente activa de la pala, donde cada una de las porciones de extremo (5) forma una porción de superficie de unión de tapa (6) a lo largo de un borde que se extiende longitudinalmente de la porción de extremo (5) y la porción intermedia (4) forma una porción de superficie exterior (7) del larguero,
- 10 - proporcionar al menos dos bandas (3), estando provista cada banda (3) de porciones de superficie de unión de banda (8) a lo largo de bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente y
- 15 - conectar las porciones de superficie de unión (6) de las tapas con las porciones de superficie de unión (8) de las bandas para formar una configuración tubular del larguero (1),

en el que las tapas (2) se proporcionan de manera que las porciones de extremo (5) se extienden transversalmente a la porción intermedia (4) y en el que las tapas (2) están dispuestas entre sí de manera que las porciones de extremo (5) de una tapa (2) se extienden desde la porción intermedia (4) hacia las porciones de extremo (5) de otra tapa (2).

20 2. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que las tapas (2) están dispuestas una respecto a la otra de modo que se forma una distancia predefinida entre las porciones de superficie exteriores (7) de las tapas antes de la etapa de conectar las porciones de superficie de unión (6) de las tapas con las porciones de superficie de unión (8) de las bandas.

25 3. Un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en el que las bandas (3) se proporcionan como paneles sustancialmente planos.

4. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporcionan las tapas (2) de manera que un ángulo entre las porciones de extremo (5) y la porción intermedia (4) puede variar sometido a la deformación elástica de las tapas (2).

30 5. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se proporcionan las porciones intermedias (4) y las porciones de extremo (5) de modo que comprenden diferentes materiales.

6. Un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprenden además una etapa de aplicar un adhesivo (9) en al menos una de las porciones de superficie de unión (6, 8) y una etapa de curado de dicho adhesivo (9).

35 7. Una pala de turbina eólica (19) que comprende un larguero (1), teniendo el larguero (1) una estructura tubular y estando montado desde al menos dos tapas (2) y dos bandas (3), formando cada una de las tapas (2) una porción intermedia (4) entre dos porciones de extremo (5) y que está configurada para su fijación a una carcasa de pala (20, 21), de modo que la porción intermedia (4) de una de las tapas (2) está orientada hacia una carcasa de pala o forma parte de una superficie aerodinámicamente activa de la pala y la porción intermedia (4) de la otra de las tapas (2) está orientada hacia otra carcasa de pala o forma parte de la superficie aerodinámicamente activa de la pala, donde cada una de las porciones de extremo (5) forma una porción de superficie de unión de la tapa (6) a lo largo de un borde que se extiende longitudinalmente de la porción de extremo (5) y la porción intermedia (4) forma una porción de la superficie exterior (7) del larguero y teniendo cada una de las bandas (3) unas porciones de superficie de unión de banda (8) a lo largo de los bordes opuestos y que se extienden longitudinalmente, donde las porciones de superficie de unión de las tapas (6) están conectadas a las porciones de superficie de unión de las bandas, donde las porciones de extremo (5) se extienden transversalmente a la porción intermedia (4) y donde las porciones de extremo (5) de una tapa (2) se extienden desde la porción intermedia (4) hacia las porciones de extremo (5) de otra tapa (2).

45 8. Una pala de turbina eólica (19) de acuerdo con la reivindicación 7, en la que las tapas (2) están dispuestas una respecto a la otra con una distancia predefinida formada entre las porciones de superficie exteriores (7) de las tapas antes de que las porciones de superficie de unión (6) de las tapas se conecten con las porciones de superficie de unión (8) de las bandas.

9. Una pala de turbina eólica (19) de acuerdo con la reivindicación 7 u 8, en el que las bandas (3) comprenden paneles sustancialmente planos.

50 10. Una pala de turbina eólica (19) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 9, en la que un ángulo

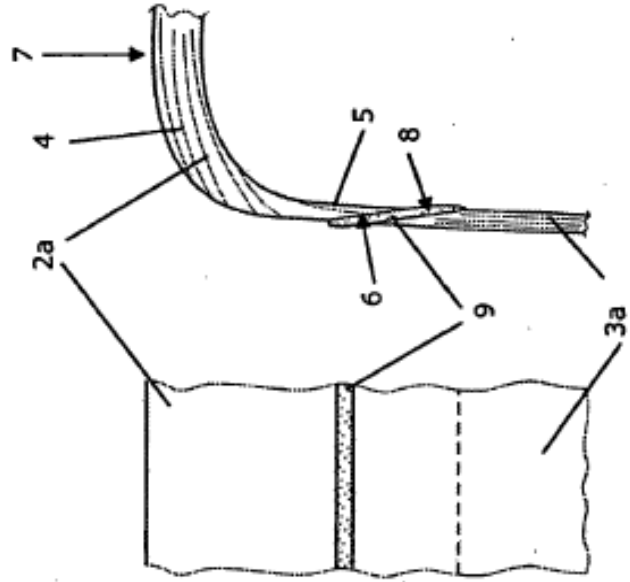
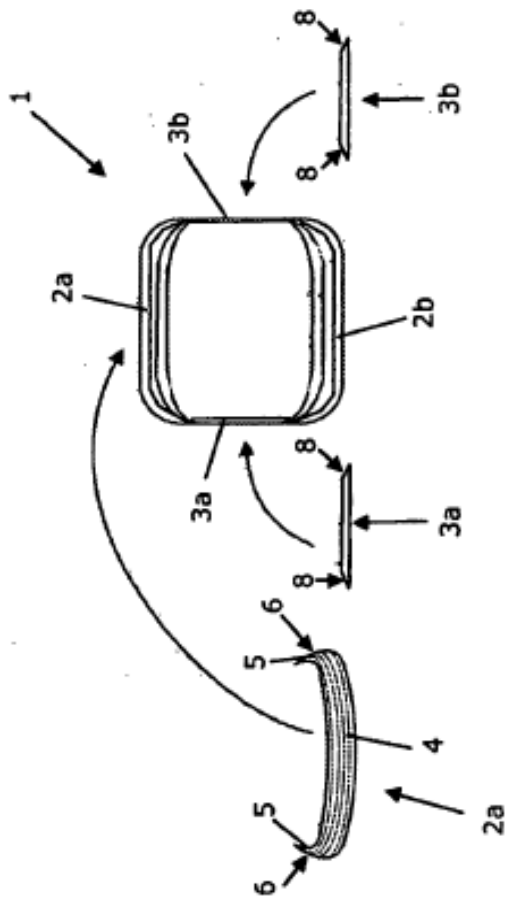
entre las porciones de extremo (5) y la porción intermedia (4) puede variar sometido a la deformación elástica de las tapas (2).

11. Una pala de turbina eólica (19) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en la que las porciones intermedias (4) y las porciones de extremo (5) comprenden diferentes materiales.

5 12. Una pala de turbina eólica (19) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 11, en la que al menos una de las bandas (3) comprende una pluralidad de elementos de banda (10).

13. Una pala de turbina eólica (19) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 12, que comprende además un cortocircuito (29) en cada una de las tapas (2), conectando los cortocircuitos a las tapas (2) eléctricamente para facilitar la protección contra rayos de la pala.

10 14. Una pala de turbina eólica (19) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 7 a 13, que también comprende un elemento de refuerzo (25) unido a al menos una de las tapas (2), estando dispuesto el elemento de refuerzo para aumentar la rigidez del larguero (1) en la dirección longitudinal.



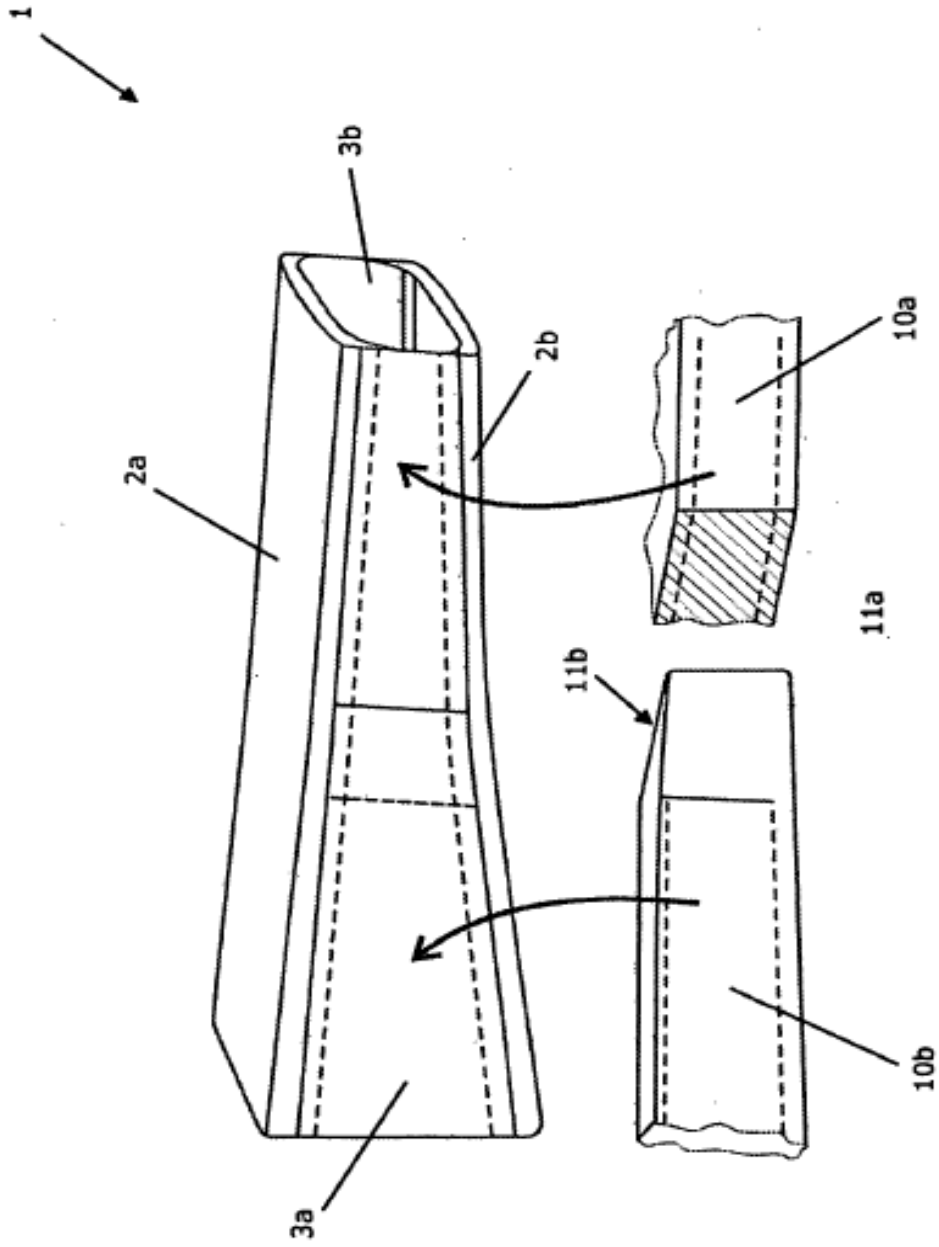


Fig. 2a

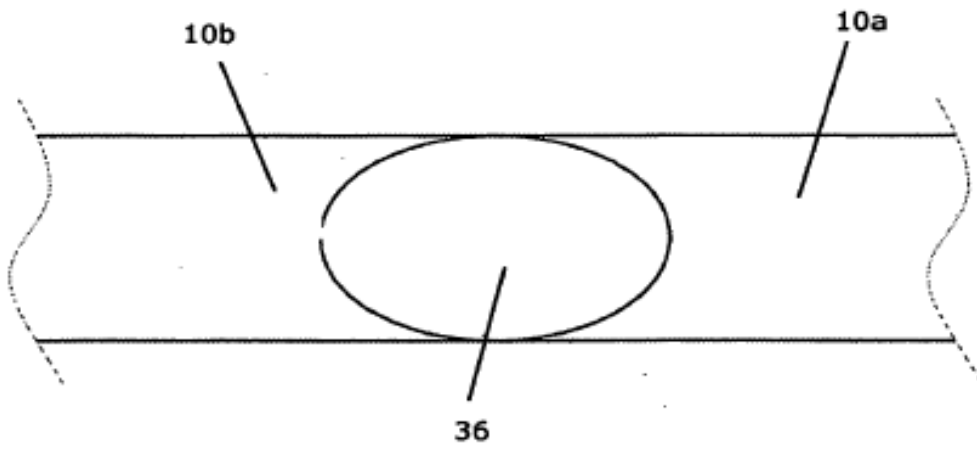
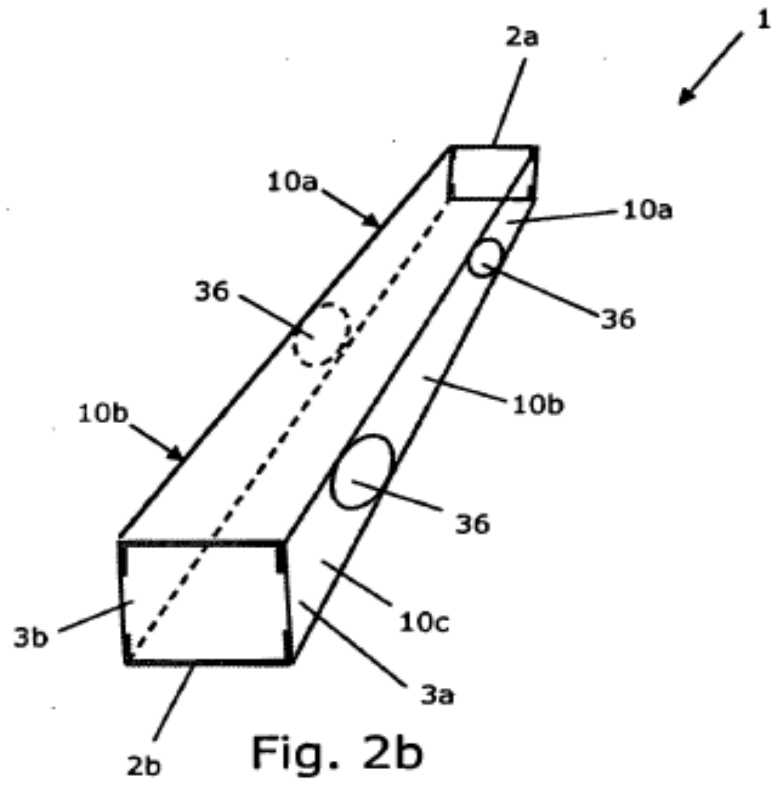


Fig. 2c



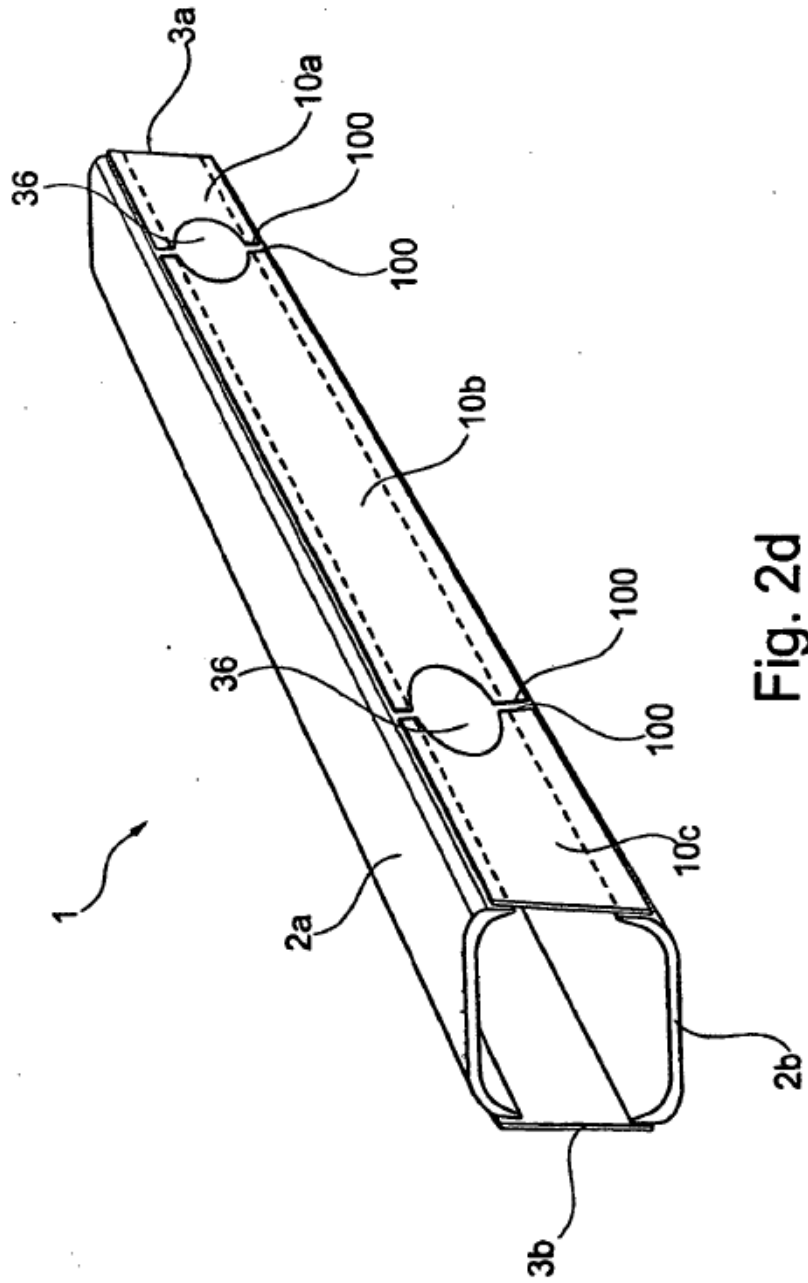


Fig. 2d

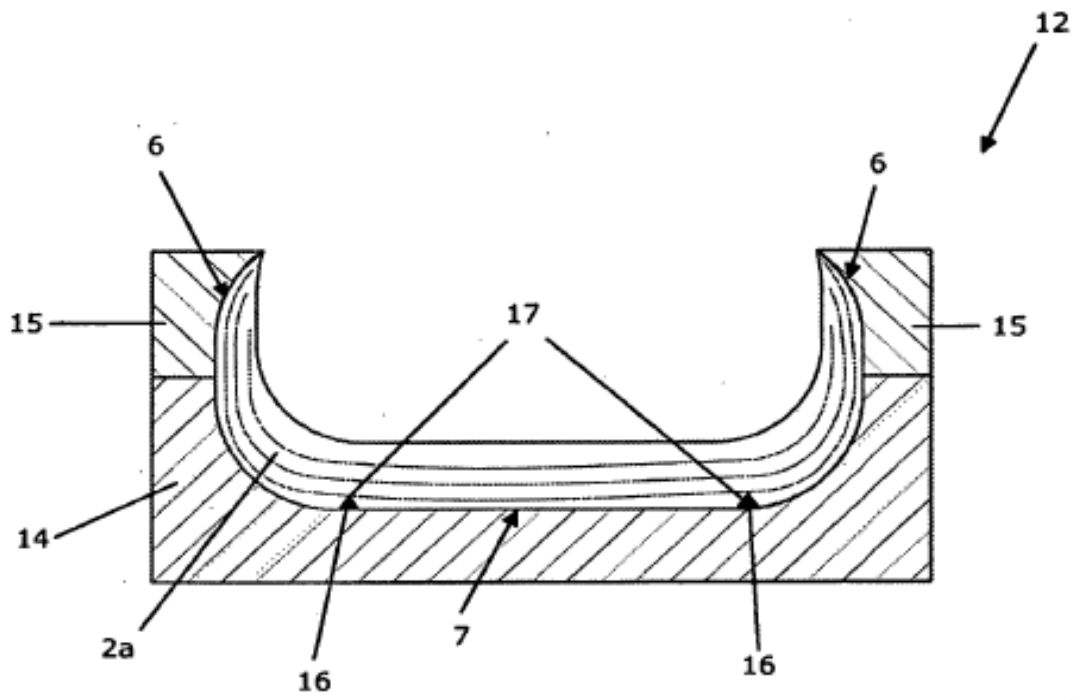


Fig. 3a

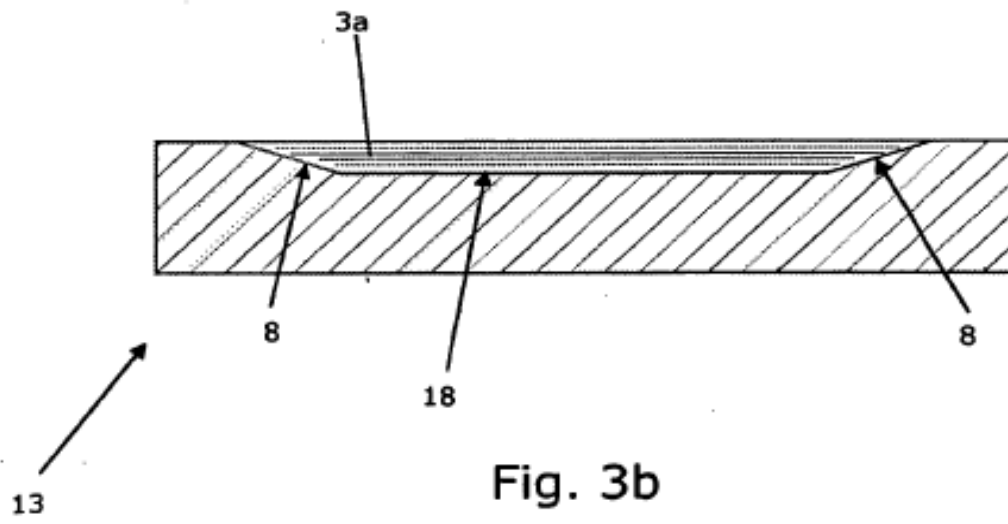


Fig. 3b

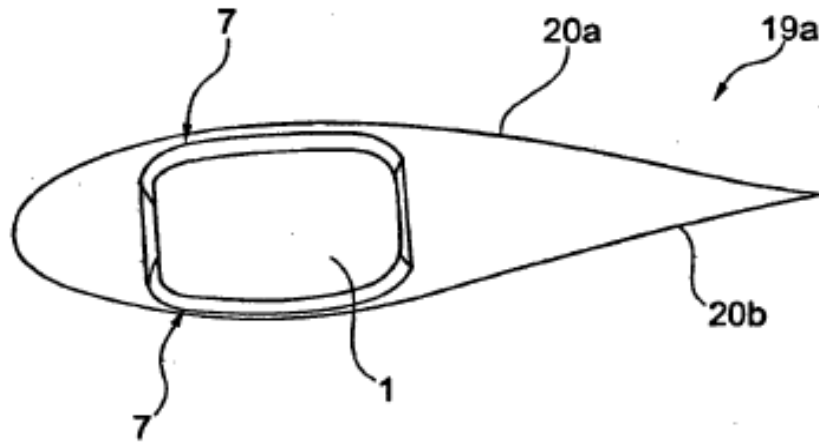


Fig. 4a

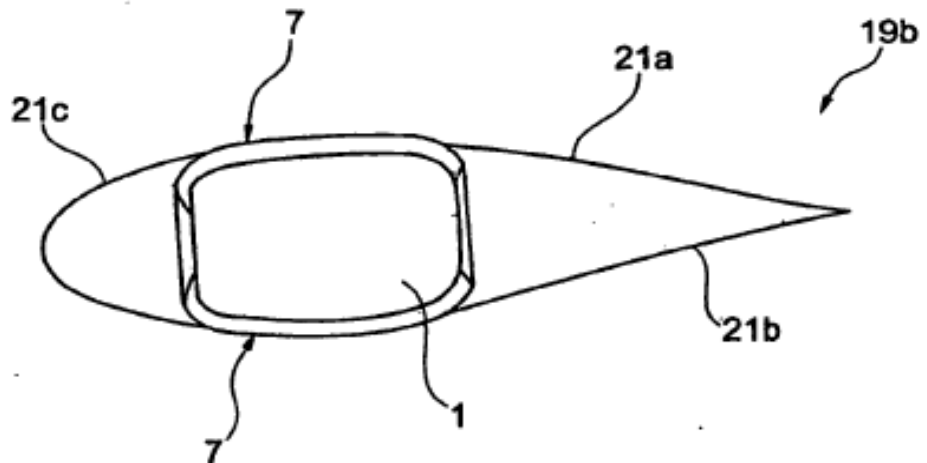


Fig. 4b

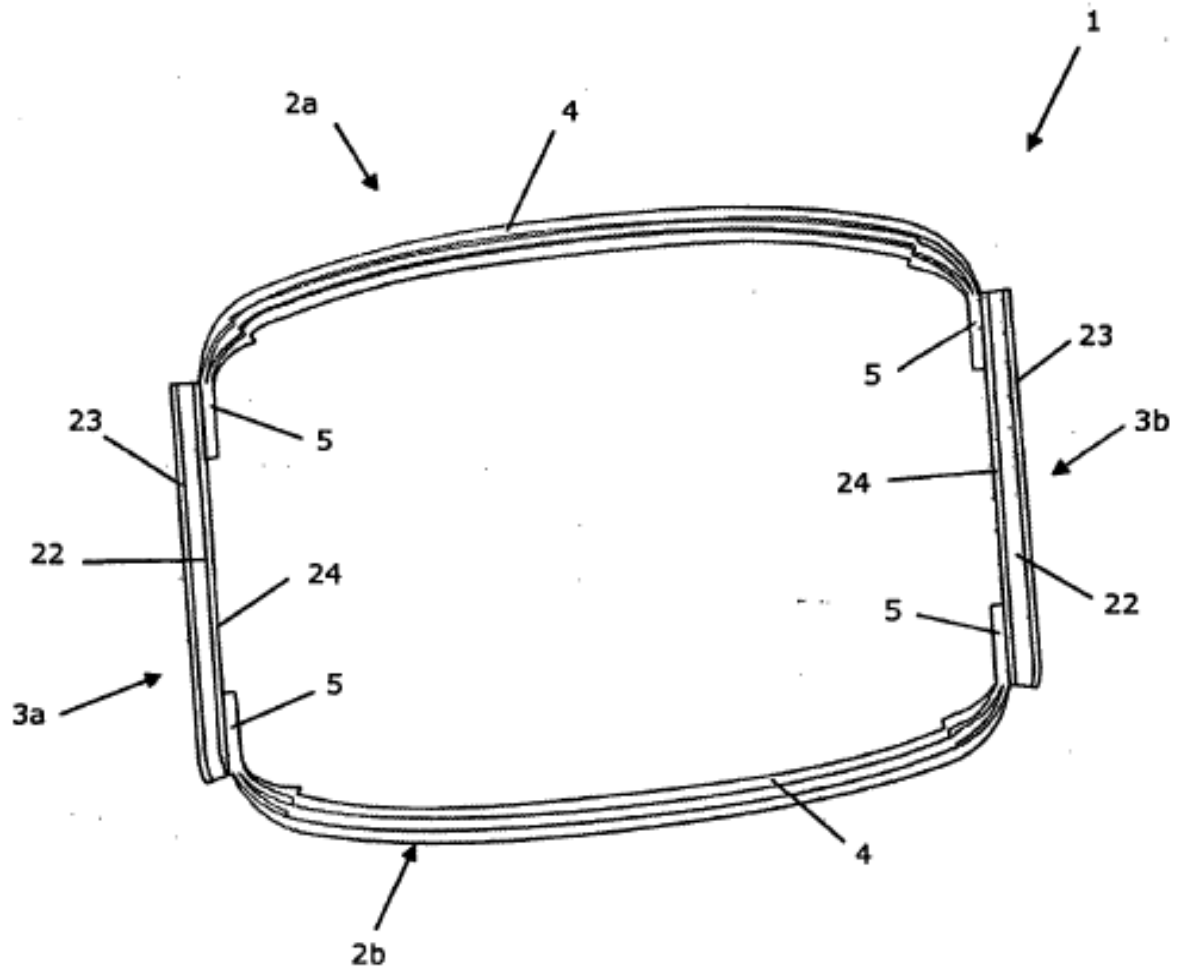


Fig. 5

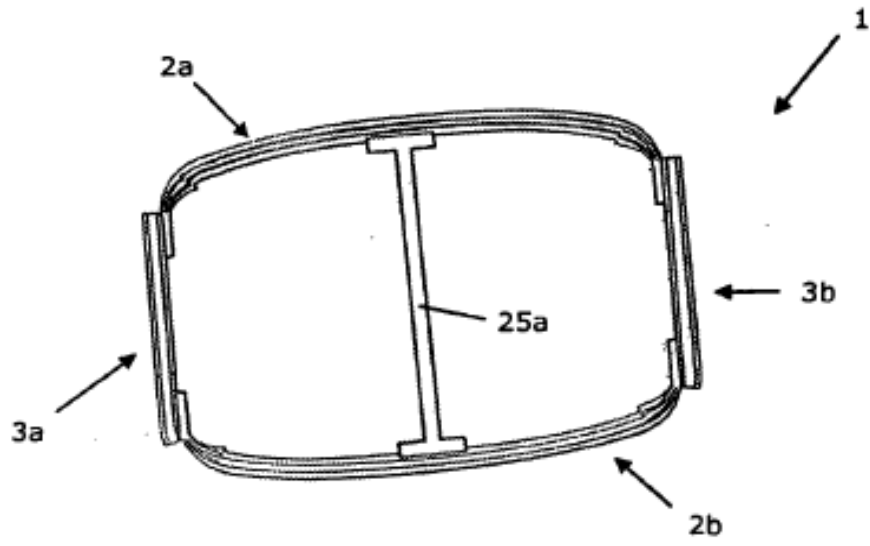


Fig. 6a

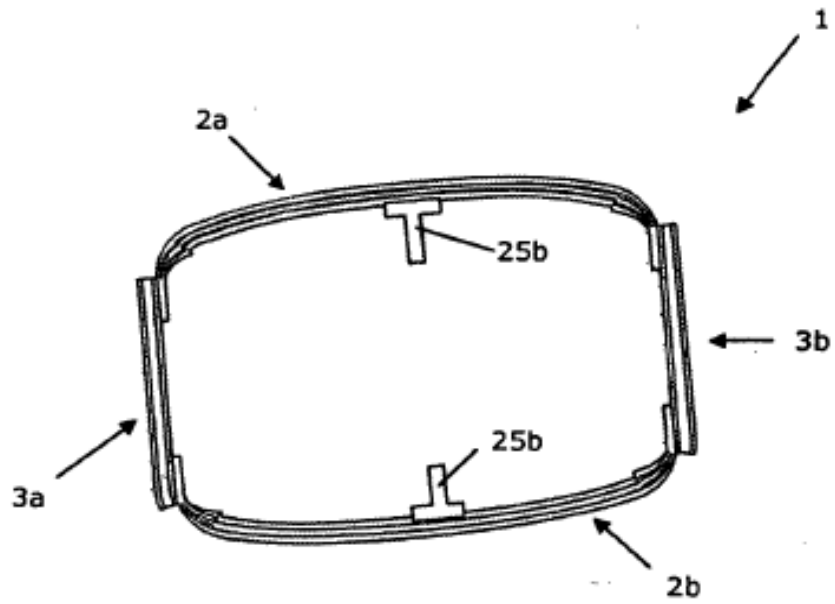


Fig. 6b

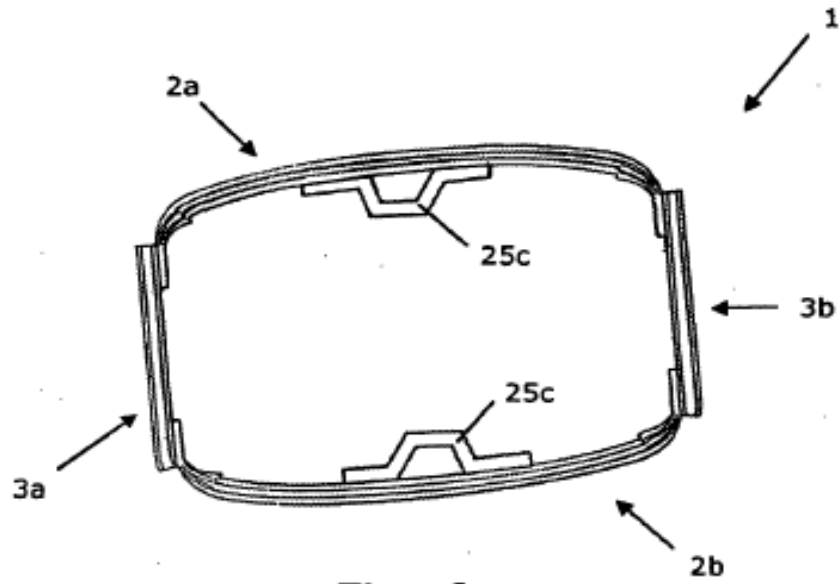


Fig. 6c

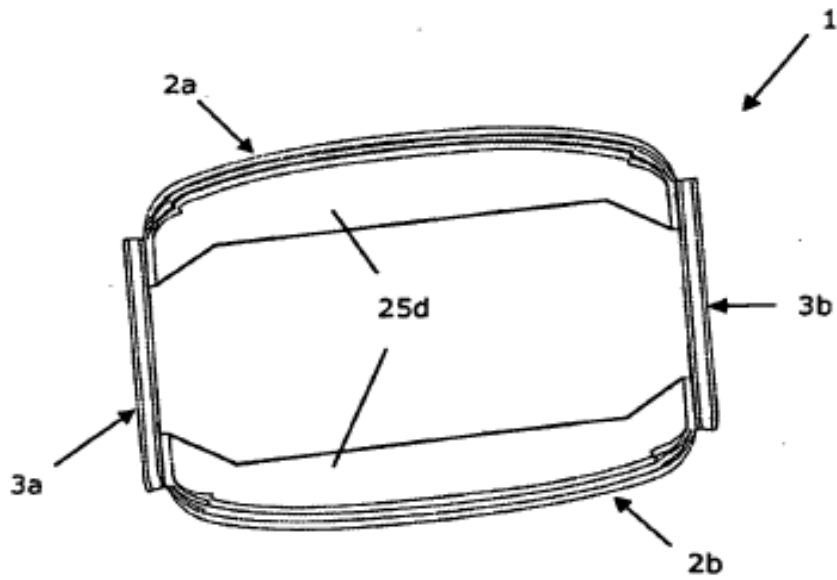
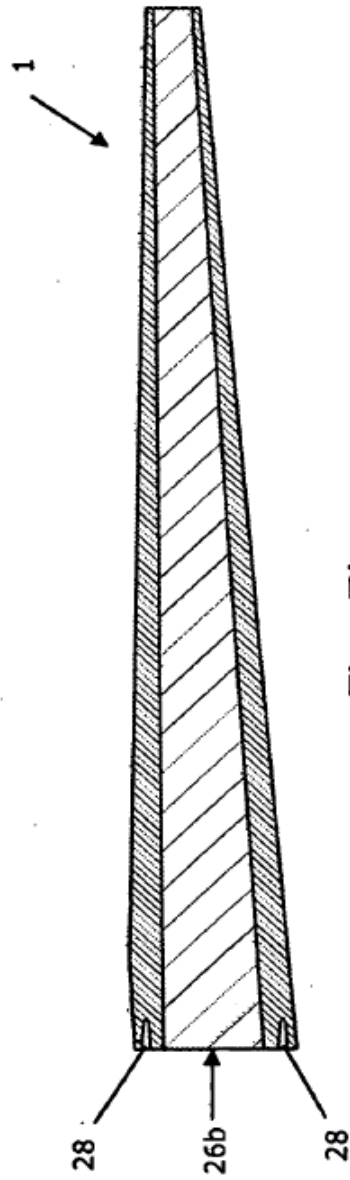
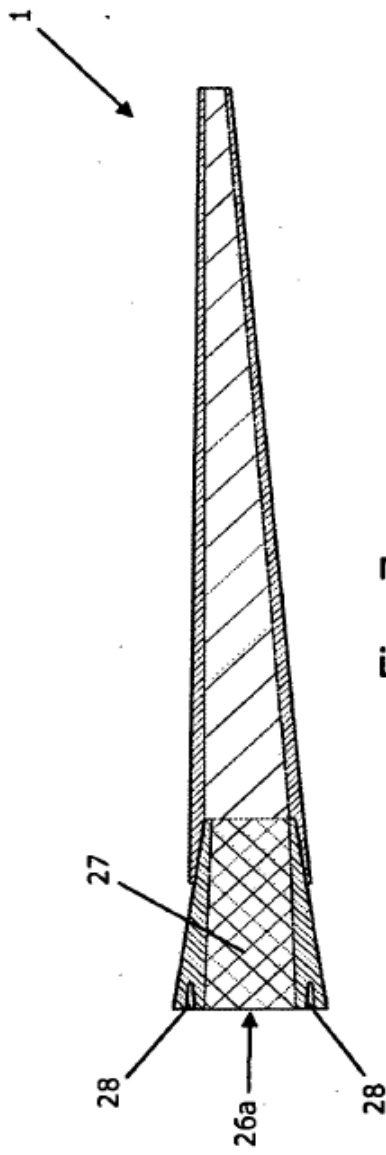


Fig. 6d



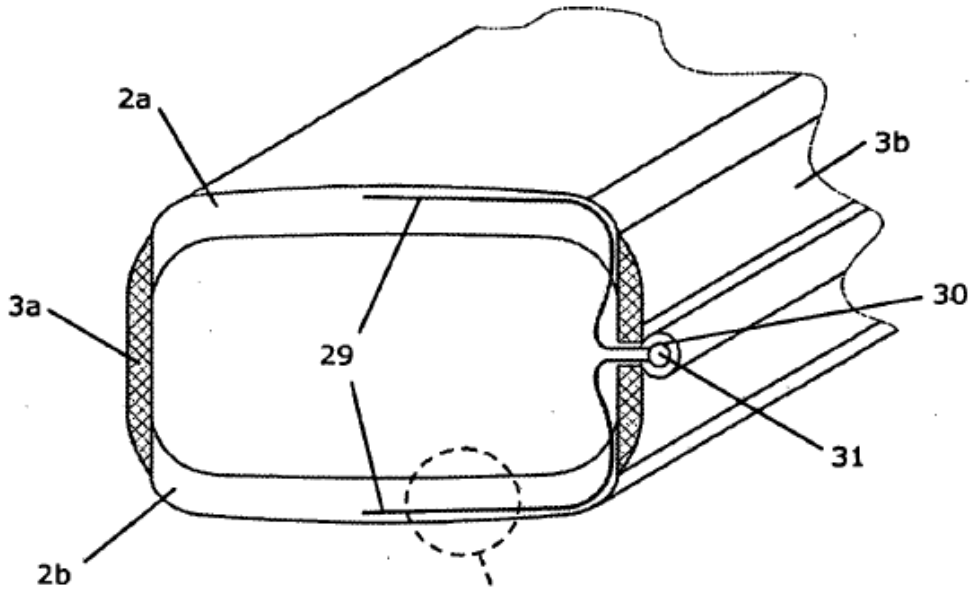


Fig. 8a

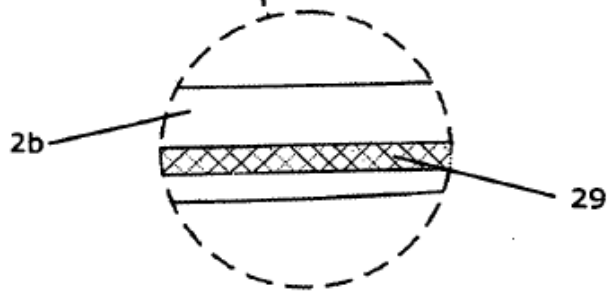


Fig. 8b



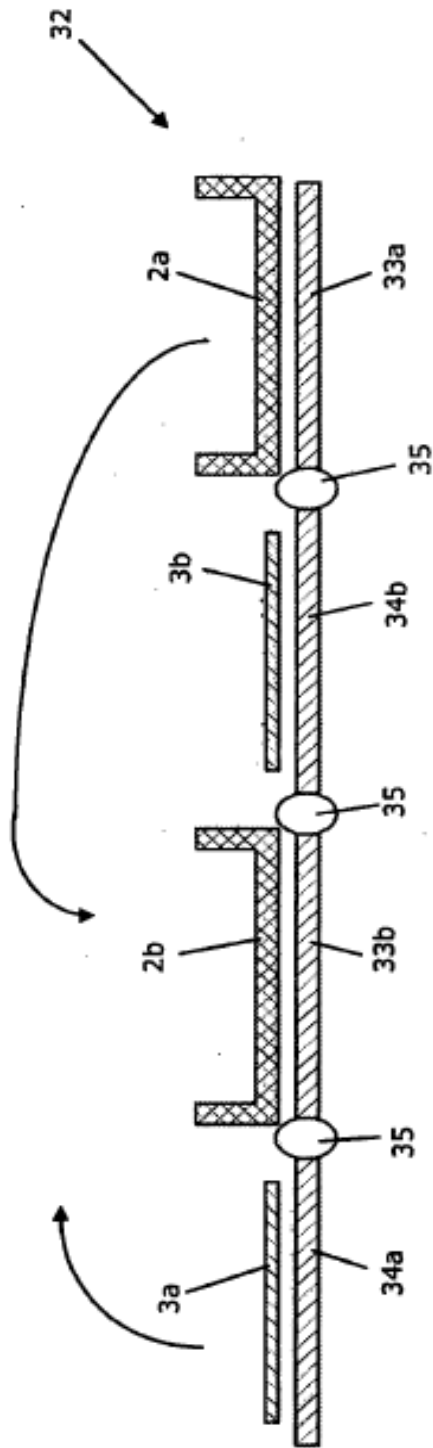


Fig. 9a

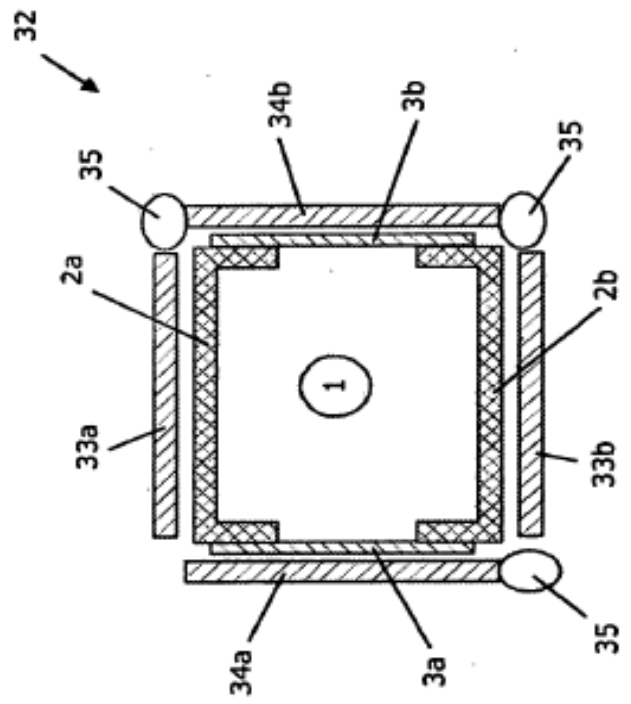


Fig. 9b