

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 385 285**

51 Int. Cl.:  
**F03D 1/06** (2006.01)  
**B29C 65/78** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **09717963 .4**  
96 Fecha de presentación: **05.03.2009**  
97 Número de publicación de la solicitud: **2283230**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **16.02.2011**

54 Título: **Herramienta de montaje y método de fabricación de una pala de una turbina eólica**

30 Prioridad:  
**05.03.2008 DK 200800328**  
**05.03.2008 US 33883**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**20.07.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**20.07.2012**

73 Titular/es:  
**Vestas Wind Systems A/S**  
**Hedeager 44**  
**8200 Aarhus N, DK**

72 Inventor/es:  
**HANCOCK, Mark**

74 Agente/Representante:  
**Arias Sanz, Juan**

ES 2 385 285 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**

Herramienta de montaje y método de fabricación de una pala de una turbina eólica.

**Campo técnico**

5 La presente invención se refiere a un método de fabricación de una pala de turbina eólica que comprende un larguero y al menos una sección de perfil de ala. Además, la invención se refiere a una herramienta para su uso en el montaje de un larguero y al menos una sección de perfil de ala.

**Antecedentes de la invención**

Las turbinas eólicas modernas comprenden una pluralidad de palas de rotor de turbina eólica, normalmente tres palas, teniendo actualmente cada pala un peso de hasta 15 toneladas y una longitud de hasta 55 metros.

10 Tradicionalmente, una pala comprende dos partes de cubierta, una que define una parte de cubierta del lado de barlovento y la otra que define una parte de cubierta del lado de sotavento. Para reforzar una pala de este tipo, un elemento en forma de caja, longitudinal y tubular, es decir un larguero, puede actuar como una viga de refuerzo. El larguero se sitúa en la cavidad entre las dos partes de cubierta de turbina eólica y se extiende sustancialmente a través de la cavidad de cubierta para aumentar la resistencia y la rigidez de la pala de turbina eólica.

15 Como el tamaño de las turbinas eólicas y por tanto de las palas de turbina eólica cada vez es mayor, las instalaciones de producción y los medios de transporte deben actualizarse para manejar palas del tamaño requerido. Esto también aumenta la demanda en logística y aumenta los costes asociados.

El documento EP 1316 400 A1 da a conocer un método de fabricación de una pala de turbina eólica y un molde según el estado de la técnica.

20 **Sumario de la invención**

Es un objeto de las realizaciones de la presente invención proporcionar un método mejorado de fabricación de una pala de turbina eólica, y proporcionar una herramienta para su uso en el montaje de partes de una pala de turbina eólica.

25 En un primer aspecto, la invención proporciona un método de fabricación de una pala de turbina eólica que comprende un larguero y al menos una sección de perfil de ala, en el que tanto el larguero como la sección de perfil de ala comprenden una superficie exterior que forma parte de una superficie aerodinámicamente activa de la pala. El método comprende las etapas de:

- proporcionar una estructura de soporte;
- colocar el larguero en la estructura de soporte;

30 - proporcionar una abrazadera adaptada para fijarse a la superficie exterior tanto del larguero como de la sección de perfil de ala;

- disponer la sección de perfil de ala con respecto al larguero;
- fijar la abrazadera a la superficie exterior del larguero y la sección de perfil de ala; y

- montar la al menos una sección de perfil de ala y el larguero mediante un procedimiento que incluye adhesión.

35 La pala de turbina eólica fabricada mediante el presente método comprende un larguero y al menos una sección de perfil de ala. Tanto el larguero como la al menos una sección de perfil de ala comprenden una superficie exterior que forma parte de una superficie aerodinámicamente activa de la pala de turbina eólica. Por tanto, el larguero no está completamente encapsulado dentro de partes de cubierta de pala de turbina muy grandes. Por tanto, el larguero se transporta más fácilmente desde un lugar de fabricación hasta un lugar de montaje para montarse según el método, con comparación con cubiertas de pala o palas completas grandes, y las secciones de perfil de ala son más pequeñas que cubiertas de pala normales. El lugar de montaje puede situarse cerca del lugar en el que la pala de turbina va a usarse.

40 Al fabricarse la pala de partes diferentes, estas partes pueden transportarse sin montar, facilitando de este modo el transporte con la posibilidad de reducir costes. El uso de una estructura de soporte y abrazaderas permite una colocación precisa del larguero y la al menos una sección de perfil de ala uno en relación con la otra, garantizando de este modo el rendimiento de diseño de la pala final.

45 Además, si una parte se dañara durante el transporte, puede usarse una parte de sustitución en vez de tener que reemplazar una pala de turbina eólica completa.

El larguero puede formarse como un elemento tubular y puede formar parte de la resistencia longitudinal de la pala

- 5 de turbina eólica, formando así parte del refuerzo de la pala. Debe entenderse, que por elemento tubular se entiende a este respecto un elemento hueco con una forma alargada. La forma puede ser no uniforme. La geometría exterior puede ser de una forma rectangular, una forma parcialmente circular, una forma ovalada o cualquier otra forma. La geometría interior puede ser diferente de la forma exterior, definiendo así un elemento tubular con una sección transversal de conformación anular 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 la base hasta el extremo de la punta a lo largo de la longitud del larguero para tener un larguero que ajusta una pala de turbina eólica que tiene un tamaño disminuido en el extremo de la punta en comparación con el extremo de la base. Sin embargo, el ancho del larguero puede aumentar localmente para aumentar la resistencia y la rigidez del larguero localmente. En una realización preferida, el larguero puede ser por tanto aproximadamente cónico, es decir puede tener una base que es sustancialmente circular y se transforma en una forma aproximadamente rectangular con esquinas redondeadas y con lados que presentan una sección decreciente el uno hacia el otro.
- 15 Como ejemplo, el larguero puede tener una longitud de aproximadamente 45 metros, un ancho máximo de aproximadamente 1,0 metro, y una altura máxima de aproximadamente 0,8 metros. Comparado 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 tanto más pequeñas como más grandes dependiendo de la pala de turbina eólica que va a fabricarse.
- 20 El larguero puede haberse fabricado de una pieza, o puede haberse montado a partir de al menos dos secciones de larguero.
- La estructura de soporte, en la que puede colocarse el larguero, puede ser una mesa de trabajo, una pluralidad de caballetes, o una estructura de soporte similar que puede soportar el larguero durante la fabricación de la pala de turbina eólica.
- 25 Para poder montar el larguero y la al menos una sección de perfil de ala, la sección de perfil de ala se dispone con respecto al larguero, por ejemplo en uno de los lados del larguero o bien con respecto a una parte superior del larguero o bien con respecto a una parte inferior del larguero.
- Una abrazadera se fija a la superficie exterior del larguero y a la superficie exterior de la sección de perfil de ala. La abrazadera puede fijarse tanto al larguero como a la sección de perfil de ala tras disponerlos uno en relación con la otra, o puede fijarse a uno de ellos antes de disponer uno en relación con la otra.
- 30 Cuando se ha fijado la abrazadera a la superficie exterior tanto del larguero como de la sección de perfil de ala, las dos partes pueden montarse mediante el uso de un adhesivo. El método puede comprender por tanto una etapa de aplicar un adhesivo a al menos uno del larguero y la sección de perfil de ala. El adhesivo puede añadirse a al menos una de las dos partes antes de disponerlos uno en relación con la otra. El procedimiento de montaje puede incluir además el uso de otros medios, tales como montajes de tornillos, pernos y tuercas, bloqueos a presión, etc. Estos medios pueden combinarse con el uso de un adhesivo y pueden combinarse entre sí.
- 35 Para finalizar el montaje del larguero y la sección de perfil de ala, el método puede comprender además una etapa de curar dicho adhesivo. El adhesivo puede curarse mediante el uso de calor.
- 40 Como el larguero puede ser relativamente largo y en comparación con esto relativamente delgado, un larguero puede torcerse o curvarse ligeramente cuando se dispone sobre la estructura de soporte. Para garantizar que el larguero se coloca correctamente antes de disponer la al menos una sección de perfil de ala con respecto al larguero, el método puede comprender además una etapa de alinear el larguero con respecto a la estructura de soporte.
- 45 Como el larguero puede ser relativamente largo, puede ser una ventaja poder usar una estructura de soporte que no tenga una longitud correspondiente a la longitud completa del larguero. Por consiguiente, la estructura de soporte puede comprender en una realización una pluralidad de postes de soporte. Estos postes de soporte pueden colocarse adyacentes entre sí con una distancia mutua suficiente para portar el larguero.
- El método puede comprender además una etapa de alinear los postes de soporte. Esta etapa puede llevarse a cabo ventajosamente antes de colocar el larguero sobre los postes de soporte.
- 50 En una realización, los postes de soporte pueden ser ajustables en altura. Esto puede facilitar la colocación de largueros de tamaño diferente, ya que el área de sección transversal puede ser diferente para largueros de diferente longitud. En especial, puesto que el ángulo de sección decreciente del larguero puede no ser necesariamente igual para largueros de tamaño diferente.
- 55 La abrazadera puede fijarse a la superficie exterior del larguero y la sección de perfil de ala por diferentes medios. La abrazadera puede fijarse por ejemplo mediante fuerzas magnéticas, mediante el uso de presión de succión, mediante unión, mediante tornillos, remaches, o mediante otros medios. Como ejemplo, la etapa de fijar la

abrazadera a la superficie exterior del larguero y la sección de perfil de ala puede comprender una etapa de proporcionar un gradiente de presión entre una región alargada en la abrazadera y una presión ambiental en el exterior de la región alargada para proporcionar una fuerza de sujeción. Por consiguiente, la abrazadera puede conectarse a un dispositivo de succión que puede crear un gradiente de presión negativo para fijar la abrazadera.

- 5 Dependiendo del tamaño de la pala que va a fabricarse y del tamaño de las secciones de perfil de ala, el tamaño de la abrazadera puede variar. Una abrazadera típica puede tener una longitud en el intervalo de 3-10 metros.

- 10 Para facilitar la fijación de la abrazadera y para facilitar el manejo y por tanto el montaje del larguero y la sección de perfil de ala, el gradiente de presión puede proporcionarse en una región que se extiende a lo largo de una parte principal de la longitud de la sección de perfil de ala. En una realización, la región se extiende sustancialmente a lo largo de la longitud completa de la sección de perfil de ala.

Como la pala de turbina eólica puede fabricarse a partir de una pluralidad de secciones de perfil de ala, puede ser una ventaja usar una abrazadera que comprende una pluralidad de regiones alargadas. Cada región alargada puede corresponder a una sección de perfil de ala. Sin embargo, una sección de perfil de ala puede fijarse mediante el uso de una pluralidad de regiones alargadas.

- 15 Para facilitar la fijación de la abrazadera a la superficie exterior del larguero y la sección de perfil de ala, el método puede comprender una etapa de distribuir las regiones alargadas en posiciones correspondientes a posiciones de sujeción sobre el larguero y la sección de perfil de ala, respectivamente. Las posiciones de sujeción pueden marcarse sobre la superficie exterior, por ejemplo mediante marcas de indicación visual, por ejemplo indicaciones de color sobre la superficie o indentaciones, salientes, u otras marcas o combinaciones de diferentes marcas.

- 20 Para facilitar la fabricación de una pala de turbina eólica que comprende una pluralidad de secciones de perfil de ala, el método puede comprender una etapa de disponer secciones de perfil de ala adicionales antes de la etapa de curar el adhesivo. Por consiguiente, toda unión que comprende un adhesivo puede curarse en un procedimiento o en algunos procedimientos lo que permite un procedimiento de curado optimizado.

- 25 Para facilitar el montaje de más de una sección de perfil de ala y el larguero, el método puede comprender una etapa de fijar una abrazadera a las superficies exteriores de dos secciones de perfil de ala adyacentes lo que permite el manejo simultáneo de dos secciones de perfil de ala. En una realización, la abrazadera puede fijarse a superficies exteriores de incluso más secciones de perfil de ala.

- 30 El método puede comprender además una etapa de fijar la superficie exterior del larguero a la superficie exterior de una sección de perfil de ala mediante una abrazadera adicional. La abrazadera y la abrazadera adicional pueden fijarse a superficies en lados opuestos del larguero. Como ejemplo, una de la abrazadera y la abrazadera adicional puede fijarse a la superficie orientada hacia abajo de un larguero colocado sobre la estructura de soporte mientras que la otra puede fijarse a la superficie orientada hacia arriba del mismo.

- 35 Para facilitar la alineación del larguero y la sección de perfil de ala, al menos uno del larguero y la sección de perfil de ala puede comprender marcas de alineación de pala. Además, las marcas de alineación de pala pueden combinarse con marcas de alineación de soporte que facilitan la alineación con al menos una de la estructura de soporte y la abrazadera. Por consiguiente, puede ser una ventaja si al menos una de la estructura de soporte y la abrazadera comprende marcas de alineación de soporte correspondientes a las marcas de alineación de pala.

- 40 En una realización, las marcas de alineación de pala comprenden indentaciones y las marcas de alineación de soporte comprenden salientes. Estos salientes están dispuestos para el enganche con las indentaciones. En una realización alternativa, las marcas de alineación de pala comprenden salientes, mientras que las marcas de alineación de soporte comprenden indentaciones. Otras marcas correspondientes que facilitan la alineación pueden usarse en otras realizaciones.

- 45 En un segundo aspecto, la invención proporciona una herramienta para su uso en el montaje de un larguero y al menos una sección de perfil de ala de una pala para una turbina eólica, en la que tanto la sección de perfil de ala como el larguero comprenden una superficie exterior que forma parte de una superficie aerodinámicamente activa de la pala, comprendiendo la herramienta una estructura de soporte para sostener el larguero, y una abrazadera adaptada para fijarse a la superficie exterior tanto del larguero como de la sección de perfil de ala.

- 50 La herramienta puede usarse cuando se fabrica una pala de turbina eólica según el primer aspecto de la invención. Por tanto, debe entenderse que las etapas del primer aspecto de la invención también pueden ser aplicables en relación con la herramienta del segundo aspecto de la invención.

La abrazadera puede comprender un elemento de cuerpo alargado con una superficie de abrazadera alargada en la que al menos está formado un elemento de abrazadera alargado, facilitando cada elemento de abrazadera la fijación a la superficie exterior de una de la sección de perfil de ala y la abrazadera.

- 55 La superficie de abrazadera alargada puede tener una forma que facilita la fijación de la abrazadera a la superficie exterior de la sección de perfil de ala y la superficie exterior del larguero. El elemento de abrazadera alargado puede

constituir una parte principal de la superficie de abrazadera para garantizar un área de fijación grande.

Una forma alargada del elemento de abrazadera puede garantizar adicionalmente un área de fijación grande, ya que tanto el larguero como la sección de perfil de ala en la mayoría de las realizaciones tienen una forma alargada.

5 El elemento de abrazadera alargado puede comprender una o más cámaras de vacío individuales. Y cada elemento de abrazadera puede comprender por tanto una estructura de abrazadera de vacío que facilita la fijación a la superficie exterior de uno de la sección de perfil de ala y el larguero mediante el uso de un gradiente de presión entre una región alargada y una presión ambiental en el exterior de la región alargada.

10 Por vacío se entiende a este respecto una diferencia de presión entre cualquier presión baja en una cámara de vacío y una presión relativamente más grande en el exterior de la cámara. Es decir, una cámara de vacío puede tener una presión de cualquier valor por debajo del valor de la presión en el exterior de la cámara.

Para garantizar una diferencia de presión suficiente, la región alargada y el ambiente pueden estar separados por ejemplo mediante un borde de sellado blando u otro medio de sellado.

15 En una realización alternativa, cada elemento de abrazadera puede comprender un elemento adaptado para la interacción magnética con un elemento correspondiente en uno del larguero y la sección de perfil de ala. Para permitir la interacción magnética, al menos una tira metálica magnética puede insertarse en el larguero y/o en la al menos una sección de perfil de ala durante la fabricación de los mismos, lo que permite la interacción magnética con un imán en el elemento de abrazadera.

20 Una alternativa adicional es usar una abrazadera que incorpora medios para la fijación mecánica del larguero y la al menos una sección de perfil de ala antes de montarlos mediante un procedimiento que incluye adhesión. Ejemplos de fijación mecánica pueden incluir el uso de tornillos, remaches, y similares. La fijación mecánica puede ser temporal como las fuerzas magnéticas y la presión de succión, o alternativamente puede ser permanente. En una alternativa adicional, la interacción magnética y/o diferencia de presión y/o medios para la fijación mecánica pueden combinarse en el elemento de abrazadera.

25 Cuando se dispone la estructura de soporte y se prepara la abrazadera para el manejo de un larguero y al menos una sección de perfil de ala, esto puede ser una ventaja si la abrazadera está conectada a la estructura de soporte. Por consiguiente, el elemento de cuerpo alargado puede unirse de manera móvil a la estructura de soporte. Esto puede facilitar adicionalmente la fijación de la abrazadera a la superficie exterior del larguero y la sección de perfil de ala tras haber dispuesto la sección de perfil de ala con respecto al larguero.

30 Como la sección de perfil de ala y el larguero se montan mediante el uso de un adhesivo, puede ser una ventaja poder calentar el adhesivo para curarlo. Por consiguiente, la abrazadera puede comprender una estructura de calentamiento que facilita el curado de un adhesivo proporcionado entre el larguero y la sección de perfil de ala. Como ejemplo, la estructura de calentamiento puede comprender hilos metálicos calentados eléctricamente.

35 La estructura de soporte puede comprender una mesa de trabajo o una pluralidad de postes de soporte. Además, la estructura de soporte puede comprender una parte superior con un asiento para portar el larguero y una estructura de articulación que facilita la inclinación de la parte superior con respecto a una parte inferior de la estructura de soporte para permitir la reorientación de un larguero que se soporta mediante la estructura de soporte.

40 Cuando se ha colocado el larguero sobre la estructura de soporte, la parte del larguero que forma parte del lado de sotavento de la pala puede orientarse como ejemplo hacia arriba y la parte que forma parte del lado del viento puede orientarse hacia abajo. Por consiguiente, el lado del larguero que se orienta hacia el borde de salida de la pala puede orientarse hacia la derecha y el lado del larguero que se orienta hacia el borde de ataque puede orientarse hacia la izquierda, o al revés.

45 Cuando puede inclinarse la parte superior de la estructura de soporte que porta el larguero y por tanto reorientar el larguero, es posible hacer girar la parte del larguero orientando el borde de ataque hacia arriba y posteriormente bajar una sección de perfil de ala que forma el borde de ataque o que forma parte del borde de ataque hacia el larguero por ejemplo mediante una grúa, para disponer esta sección de perfil de ala con respecto al larguero, fijar la abrazadera a la superficie exterior del larguero y la sección de perfil de ala y montar la sección de perfil de ala y el larguero.

Finalmente, el larguero puede devolverse a su posición inicial para el montaje de la una o más secciones de perfil de ala al otro lado del larguero.

50 Si la estructura de soporte comprende una pluralidad de postes de soporte, estos postes pueden comprender una parte superior con un asiento para portar el larguero y una estructura de articulación que facilita la inclinación de la parte superior con respecto a una parte inferior de la estructura de soporte para permitir la reorientación de un larguero que se soporta mediante la estructura de soporte. Los postes de soporte pueden adaptarse para sostener el larguero de manera que se gira de manera uniforme alrededor de su línea central, garantizando de este modo una colocación uniforme, relativa, giratoria del larguero a lo largo de la longitud del larguero. Como ejemplo, esto puede

55

facilitarse usando una referencia externa, por ejemplo proporcionada mediante un láser.

En una realización alternativa, en la que la parte superior de la estructura de soporte no puede reorientarse, las secciones de perfil de ala que forman el borde de ataque y el borde de salida pueden montarse simultáneamente.

5 La estructura de soporte superior puede comprender una superficie de abrazadera de soporte que facilita la fijación a la superficie exterior del larguero. La abrazadera de soporte puede comprender medios para la fijación de la abrazadera de soporte por ejemplo mediante fuerzas magnéticas, mediante presión de succión, o mediante unión.

10 Si la estructura de soporte comprende una pluralidad de postes de soporte, puede ser una ventaja alinear estos postes antes de colocar el larguero sobre la estructura de soporte. La herramienta puede comprender una herramienta de alineación que facilita la alineación de los postes de soporte. La herramienta de alineación puede comprender en una realización un láser.

Como las secciones de perfil de ala pueden ser grandes, puede ser difícil manejarlas y disponerlas correctamente con respecto al larguero. Por tanto, la herramienta puede comprender adicionalmente al menos un brazo de soporte que está conectado a la estructura de soporte y adaptado para soportar al menos una sección de perfil de ala.

15 La herramienta puede comprender adicionalmente una abrazadera adicional que pueden adaptarse para fijarse a la superficie exterior del larguero y a la superficie exterior de una sección de perfil de ala. La abrazadera y la abrazadera adicional pueden fijarse a superficies en lados opuestos del larguero.

20 En un tercer aspecto, que no forma parte de la presente invención, se presenta una abrazadera para fijar una sección de perfil de ala a un larguero, comprendiendo la abrazadera un elemento de cuerpo alargado con una superficie de abrazadera alargada en el que al menos está formado un elemento de abrazadera alargado, facilitando cada elemento de abrazadera la fijación a una superficie exterior de uno de la sección de perfil de ala y larguero.

La abrazadera puede usarse cuando se fabrica una pala de turbina eólica según el primer aspecto de la invención y puede formar parte de la herramienta del segundo aspecto de la invención. Por tanto, debe entenderse que las etapas del primer aspecto de la invención y las características del segundo aspecto de la invención también pueden aplicarse en relación con la abrazadera del tercer aspecto de la invención.

25 Cada elemento de abrazadera puede comprender una estructura de abrazadera de vacío que facilita la fijación a la superficie exterior de uno de la sección de perfil de ala y el larguero mediante el uso de un gradiente de presión entre una región alargada y una presión ambiental en el exterior de la región alargada. Para garantizar una diferencia de presión suficiente, la región alargada y la presión ambiental pueden estar separadas por ejemplo mediante un borde de sellado blando u otros medios de sellado.

30 El cuerpo alargado puede unirse de manera móvil a un cuerpo principal de la abrazadera lo que facilita la fijación no simultánea al larguero y la sección de perfil de ala. En una realización, el cuerpo principal de la abrazadera puede comprender un elemento de abrazadera de cuerpo alargado que facilita la fijación a la superficie exterior del larguero, mientras que el cuerpo alargado unido de manera móvil puede facilitar la fijación a la sección de perfil de ala. Tras haber fijado el elemento de abrazadera de cuerpo al larguero, el elemento de abrazadera puede fijarse a una sección de perfil de ala que está dispuesta con respecto al larguero.

35 La abrazadera puede comprender una estructura de calentamiento que facilita el curado de un adhesivo proporcionado entre el larguero y la sección de perfil de ala.

Debe entenderse, que una o más etapas del método del primer aspecto de la invención pueden aplicarse cuando se fabrica una turbina eólica.

#### 40 **Breve descripción de los dibujos**

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

la figura 1 ilustra una sección transversal de una pala de turbina eólica modular fabricada mediante el primer aspecto de la invención;

la figura 2 ilustra una realización de una pala de turbina eólica modular desmontada;

45 la figura 3 ilustra una realización de una herramienta para su uso en el montaje de un larguero y al menos una sección de perfil de ala;

las figuras 4a-4c ilustran un orden de montaje típico;

la figura 5 ilustra una vista en planta de una estructura de soporte;

las figuras 6a y 6b ilustran detalles de la herramienta de la figura 3;

50 las figuras 7a y 7b ilustran una realización alternativa de una estructura de soporte;

la figura 8 ilustra diferentes realizaciones de uniones de montaje para una pala de turbina eólica modular; y  
la figura 9 ilustra uniones de montaje alternativas.

**Descripción detallada de los dibujos**

- 5 La figura 1 ilustra una sección transversal de una parte de una pala de turbina eólica modular 1. La pala 1 comprende un larguero 2 y cuatro secciones de perfil de ala 3a, 3b, 3c, 3d. Tanto el larguero 2 como las secciones de perfil de ala 3 comprenden una superficie exterior que forma parte de la superficie aerodinámicamente activa de la pala 1.
- 10 A pesar de que sólo se ilustra una parte del larguero 2, debe entenderse, que el larguero 2 se extiende sustancialmente por toda la longitud de la pala 1 y puede estar por tanto en una pieza antes de montar el larguero 2 y la al menos una sección de perfil de ala 3. El larguero 2 sin embargo puede haberse montado de al menos dos secciones de larguero.
- En la realización ilustrada, una sección de perfil de ala 3a forma parte del borde de ataque de la pala 1, mientras que las otras secciones de perfil de ala 3b, 3c, 3d forman parte del borde de salida de la pala 1.
- 15 En la realización ilustrada de parte de una pala 1, las secciones de perfil de ala 3a, 3b, 3c, 3d tienen longitudes iguales. Debe entenderse sin embargo, que la longitud de las secciones de perfil de ala 3 puede no ser necesariamente igual.
- La figura 2 ilustra una realización de una pala de turbina eólica desmontada 1 que comprende un larguero 2 y una pluralidad de secciones de perfil de ala 3.
- 20 La figura 3 ilustra una realización de una herramienta 4 para su uso en el montaje de un larguero 2 y al menos una sección de perfil de ala 3. La herramienta 4 comprende una estructura de soporte 5 y varias abrazaderas 6. Las abrazaderas 6 están adaptadas para fijarse a la superficie exterior de tanto el larguero 2 como la sección de perfil de ala 3. Las abrazaderas inferiores 6a adaptadas para fijarse a la superficie exterior orientada hacia abajo del larguero 2 y la sección de perfil de ala 3 están articuladas a la estructura de soporte 5, mientras que las abrazaderas superiores 6b adaptadas para fijarse a la superficie exterior orientada hacia arriba del larguero 2 y la sección de perfil de ala 3 están articuladas a un cuerpo principal 7.
- 25 La estructura de soporte 5 comprende marcas de alineación de soporte 8 formadas como salientes. De manera correspondiente a éstas, el larguero 2 comprende marcas de alineación de pala 9 formadas como pequeñas indentaciones en la superficie exterior del larguero 2. Las marcas de alineación 8, 9 facilitan la colocación del larguero 2 en la estructura de soporte 5.
- 30 La herramienta 4 comprende dos brazos de soporte 10a, 10b que están conectados a la estructura de soporte 5. Los brazos de soporte 10a, 10b están adaptados para soportar al menos una sección de perfil de ala 3.
- En la realización ilustrada, el brazo de soporte 10a comprende un brazo de soporte secundario 10c que está articulado al brazo de soporte 10a. Cuando se coloca la sección de perfil de ala 3a, el brazo de soporte secundario 10c puede estar en una posición desactivada, en la que se hace girar hacia abajo (esta configuración no se muestra). Posteriormente, el brazo de soporte secundario 10c puede hacerse girar hasta una posición en la que presiona la sección de perfil de ala 3a hacia el larguero (tal como se ilustra).
- 35 Asimismo, el brazo de soporte 10b comprende un brazo de soporte secundario 10d que está articulado al brazo de soporte 10b.
- 40 Las figuras 4a-4c ilustran algunas de las etapas de un orden de montaje típico cuando se fabrica una pala de turbina eólica 1 mediante módulos:
- 1) colocar el larguero 2 en la estructura de soporte 5,
  - 2) colocar un cuerpo principal 7 sobre el lado orientado hacia arriba del larguero 2,
  - 3) hacer girar un brazo de soporte 10a hasta su posición con respecto a la estructura de soporte 5,
  - 4) disponer una sección de perfil de ala 3a con respecto al larguero 2, y fijar las abrazaderas inferiores y superiores 6a, 6b a la superficie exterior de la sección de perfil de ala 3a y al larguero 2,
  - 45 5) hacer girar el brazo de soporte secundario 10c hacia arriba para conseguir una presión sobre la sección de perfil de ala 3a hacia el larguero 2,
  - 6) hacer girar un brazo de soporte 10b hasta su posición con respecto a la estructura de soporte 5,
  - 7) disponer una sección de perfil de ala 3c con respecto al larguero 2, y fijar la abrazadera inferior 6a a la superficie exterior de la sección de perfil de ala 3c y al larguero 2,
  - 50

- 8) disponer una sección de perfil de ala 3b con respecto al larguero 2 mediante el uso de una grúa 11, y fijar la abrazadera superior 6b a la superficie exterior de la sección de perfil de ala 3b y al larguero 2,
- 9) disponer una sección de perfil de ala 3d con respecto a las secciones de perfil de ala 3b, 3c, y
- 10) hacer girar el brazo de soporte secundario 10d hacia arriba para soportar la sección de perfil de ala 3d.
- 5 En la realización ilustrada en la figura 5, la estructura de soporte 5 comprende una pluralidad de postes de soporte 12. Los postes de soporte 12 con abrazaderas 6 y brazos de soporte 101, 10b se observan desde arriba.
- Las figuras 6a y 6b ilustran detalles de la herramienta 4 ilustrada en la figura 3, ilustrando la figura 6b una parte alargada de la figura 6a.
- 10 Tal como se ilustra, las abrazaderas 6 comprenden un elemento de cuerpo alargado con una superficie de abrazadera alargada 13. En cada una de las superficies de abrazadera 13, están formados cuatro elementos de abrazadera 14 como cámaras de vacío individuales. Cada uno de los elementos de abrazadera 14 facilita la fijación de la abrazadera 6 a la superficie exterior de al menos una de la sección de perfil de ala 3 y el larguero 2 mediante el uso de un gradiente de presión entre una región alargada de la sección de perfil de ala 3 y/o el larguero 2.
- 15 Para garantizar una diferencia de presión suficiente, la región alargada y la presión ambiental están separadas mediante un borde de sellado blando 15.
- La abrazadera 6 comprende una estructura de calentamiento 16 que facilita el curado de un adhesivo 17 proporcionado entre el larguero 2 y la sección de perfil de ala 3. La estructura de calentamiento 16 comprende hilos metálicos calentados eléctricamente 18.
- 20 Las abrazaderas inferiores 6a están articuladas a la estructura de soporte 5 mediante articulaciones 19 (véase la figura 3) y las abrazaderas superiores 6b están articuladas al cuerpo principal 7 mediante articulaciones 20.
- Las figuras 7a y 7b ilustran una realización alternativa de una estructura de soporte 5'. La estructura de soporte 5' comprende una parte superior 21 con un asiento para portar el larguero y una estructura de articulación 22 que facilita la inclinación de la parte superior 21 con respecto a una parte inferior 23 de la estructura de soporte 5' para permitir la reorientación de un larguero 2 que se soporta mediante la estructura de soporte 5'.
- 25 Cuando se ha colocado el larguero 2 sobre la estructura de soporte 5', la parte del larguero 2 que forma parte del lado de sotavento de la pala puede orientarse como ejemplo hacia arriba y la parte de larguero que forma parte del lado del viento puede orientarse hacia abajo. Por consiguiente, el lado del larguero 2 que se orienta hacia el borde de salida de la pala puede orientarse hacia la derecha y el lado del larguero 2 que se orienta hacia el borde de ataque puede orientarse hacia la izquierda.
- 30 Cuando puede inclinarse la parte superior 21 de la estructura de soporte 5' que porta el larguero 2 y por tanto reorientar el larguero 2, es posible hacer girar la parte del larguero 2 orientando el borde de ataque hacia arriba y posteriormente bajar una sección de perfil de ala 3a que forma el borde de ataque hacia el larguero 2 mediante una grúa 11, para disponer esta sección de perfil de ala 3a con respecto al larguero 2, fijar las abrazaderas inferiores y superiores 6a, 6b a la superficie exterior del larguero 2 y la sección de perfil de ala 3a, y montar la sección de perfil de ala 3a y el larguero 2.
- 35 Finalmente, el larguero 2 se devuelve a su posición inicial para el montaje de la una o más secciones de perfil de ala 3 al lado opuesto del larguero 2.
- 40 La figura 8 ilustra diferentes realizaciones de uniones de montaje 24 para una pala de turbina eólica modular. Las uniones de montaje 24 son muy adecuadas especialmente para el montaje de unión longitudinal, es decir uniones entre el larguero 2 y una sección de perfil de ala 3 y entre secciones de perfil de ala 3 adyacentes, uniones que son sustancialmente paralelas a la longitud del larguero 2. Cada una de las uniones 24 comprende al menos un adhesivo que no se muestra en la figura 8.
- La unión 24a comprende sólo un adhesivo curado.
- 45 La unión 24b comprende una abertura 25 a través de tanto el larguero 2 como la sección de perfil de ala 3, abertura 25 a través de la que va a colocarse un perno, un tornillo, un remache, o similares.
- La unión 24c comprende una cavidad en la que se une un cilindro 26 para facilitar una superficie de unión mayor de esta unión.
- Las uniones 24d, 24e, 24f ilustran tres realizaciones diferentes de uniones de bloqueo a presión.
- 50 La figura 9 ilustra diferentes realizaciones alternativas de uniones de montaje 27 para una pala de turbina eólica modular. Las uniones de montaje 27 son especialmente muy adecuadas para el montaje de uniones transversales, es decir uniones entre secciones de perfil de ala 3 adyacentes, uniones que son sustancialmente perpendiculares a

la longitud del larguero 2.

La unión 27a es una unión entre las dos secciones de perfil de ala 3 adyacentes. Las secciones de perfil de ala 3 tienen partes de extremo de sección decreciente para garantizar la superposición de material cuando se unen las secciones de perfil de ala 3 entre sí mediante un adhesivo 17.

- 5 Las uniones 27b, 27c, 27c, 27d son todas uniones de paneles en sándwich en las que dos partes de extremo de dos secciones de perfil de ala 3 adyacentes se unen mediante juntas a tope.

La unión 27b comprende un núcleo ligero 28 entre dos lados opuestos de una sección de perfil de ala 3. Cuando se unen dos secciones de perfil de ala 3 de este tipo, el núcleo ligero 28 se sustituye por un núcleo denso que porta carga 29 en la unión. Además, la unión 27b comprende un adhesivo 17.

- 10 La unión 27c es similar a la unión 27b excepto por el hecho de que esta unión no comprende un núcleo ligero. En cambio, el material de la sección de perfil de ala es hueco.

La unión 27d es igual a la unión 27b excepto en la geometría. La unión 27e es asimismo igual a la unión 27c excepto en la geometría.

**REIVINDICACIONES**

1. Método de fabricación de una pala de turbina eólica (1) que comprende un larguero (2) y al menos una sección de perfil de ala (3a, 3b, 3c, 3d), en el que tanto el larguero como la sección de perfil de ala comprenden una superficie exterior que forma parte de una superficie aerodinámicamente activa de la pala, comprendiendo el método las etapas de:
  - 5 - proporcionar una estructura de soporte (5);
  - colocar el larguero en la estructura de soporte y estando caracterizado además por:
  - proporcionar una abrazadera (6) adaptada para fijarse a la superficie exterior tanto del larguero como de la sección de perfil de ala;
  - 10 - disponer la sección de perfil de ala con respecto al larguero;
  - fijar la abrazadera a la superficie exterior del larguero y la sección de perfil de ala; y
  - montar la al menos una sección de perfil de ala y el larguero mediante un procedimiento que incluye adhesión.
- 15 2. Método según la reivindicación 1, en el que la etapa de fijar la abrazadera a la superficie exterior del larguero y la sección de perfil de ala comprende una etapa de proporcionar un gradiente de presión entre una región alargada en la abrazadera y una presión ambiental en el exterior de la región alargada para proporcionar una fuerza de sujeción.
3. Método según la reivindicación 1 ó 2, en el que la abrazadera comprende una pluralidad de regiones alargadas, comprendiendo el método una etapa de distribuir las regiones en posiciones correspondientes a posiciones de sujeción sobre el larguero y la sección de perfil de ala, respectivamente.
- 20 4. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una etapa de fijar una abrazadera a las superficies exteriores de dos secciones de perfil de ala adyacentes.
5. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, que comprende además una etapa de fijar la superficie exterior del larguero a la superficie exterior de una sección de perfil de ala mediante una abrazadera adicional.
- 25 6. Método según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la estructura de soporte comprende una pluralidad de postes de soporte.
7. Herramienta para su uso en el montaje de un larguero (2) y en al menos una sección de perfil de ala (3a, 3b, 3c, 3d) de una pala (1) para una turbina eólica, en la que tanto la sección de perfil de ala como el larguero comprenden una superficie exterior que forma parte de una superficie aerodinámicamente activa de la pala, estando caracterizada la herramienta (4) por una estructura de soporte (5) para sostener el larguero, y una abrazadera (6) adaptada para fijarse a la superficie exterior tanto del larguero como de la sección de perfil de ala.
- 30 8. Herramienta según la reivindicación 7, en la que la abrazadera comprende un elemento de cuerpo alargado con una superficie de abrazadera alargada en la que al menos está formado un elemento de abrazadera alargado, facilitando cada elemento de abrazadera la fijación a la superficie exterior de una de la sección de perfil de ala y la abrazadera.
- 35 9. Herramienta según la reivindicación 7 u 8, en la que el elemento de cuerpo alargado se une de manera móvil a la estructura de soporte.
- 40 10. Herramienta según cualquiera de las reivindicaciones de la 7 a la 9, en la que la estructura de soporte comprende una parte superior con un asiento para portar el larguero y una estructura de articulación que facilita la inclinación de la parte superior con respecto a una parte inferior de la estructura de soporte para permitir la reorientación de un larguero que se sujeta mediante la estructura de soporte.
- 45 11. Herramienta según la reivindicación 10, en la que la estructura de soporte superior comprende una superficie de abrazadera de soporte que facilita la fijación a la superficie exterior del larguero.
12. Herramienta según cualquiera de las reivindicaciones de la 7 a la 11, en la que la estructura de soporte comprende una pluralidad de postes de soporte.
13. Herramienta según la reivindicación 12, que comprende además una herramienta de alineación que facilita la alineación de los postes de soporte.
- 50 14. Herramienta según cualquiera de las reivindicaciones de la 7 a la 13, que comprende además al menos un

brazo de soporte que está conectado a la estructura de soporte y adaptado para sujetar al menos una sección de perfil de ala.

- 5
15. Herramienta según cualquiera de las reivindicaciones 7-14, que comprende además una abrazadera adicional adaptada para fijarse a la superficie exterior del larguero y a la superficie exterior de una sección de perfil de ala.

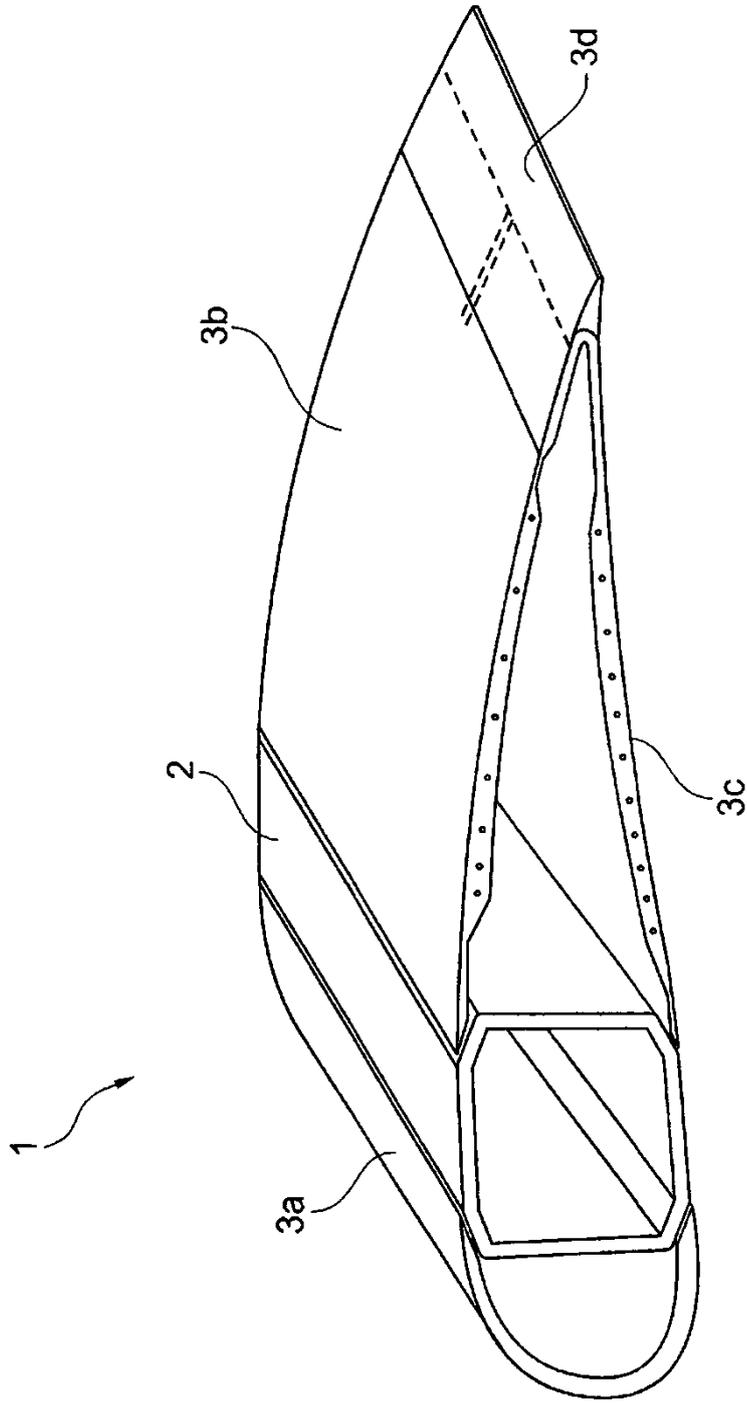


Fig. 1

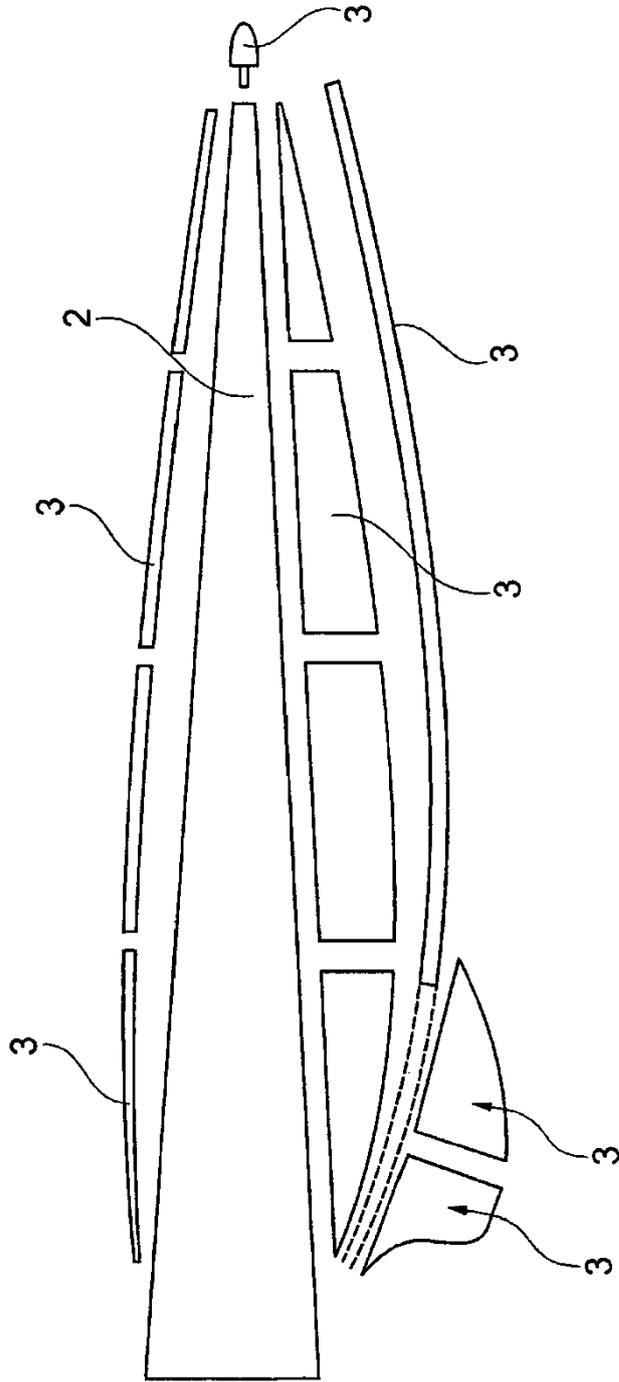


Fig. 2



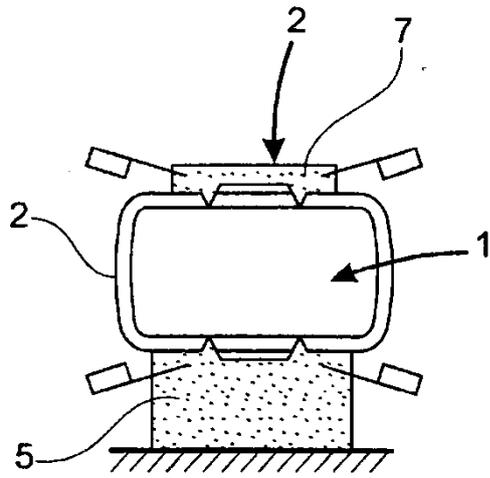


Fig. 4a

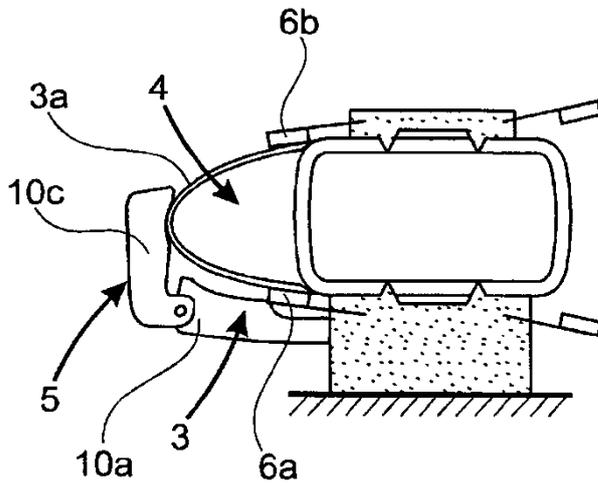


Fig. 4b

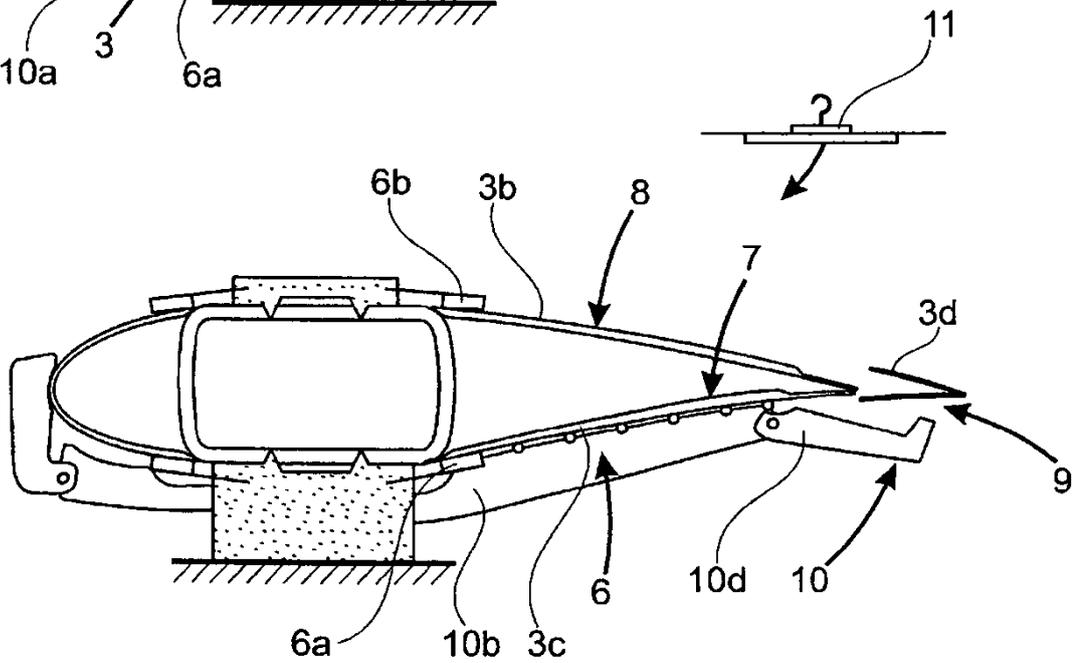


Fig. 4c

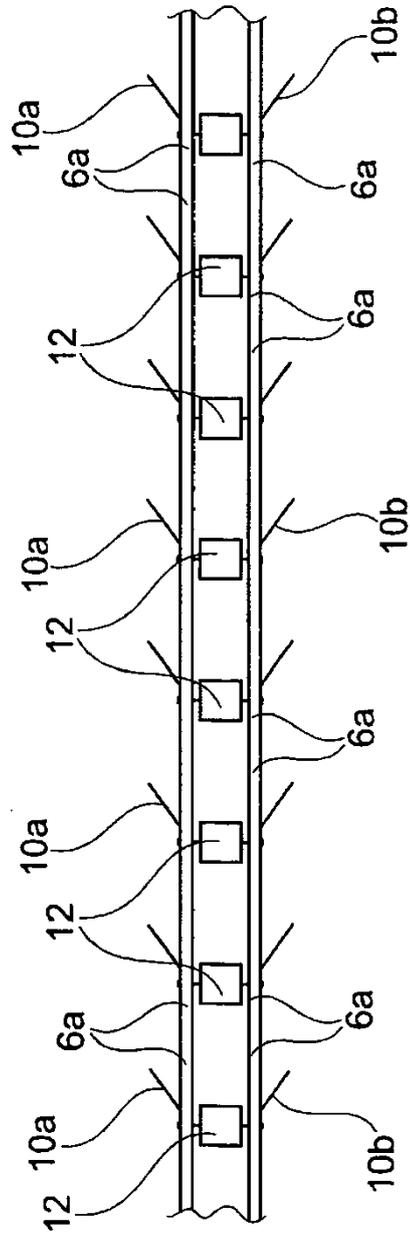


Fig. 5

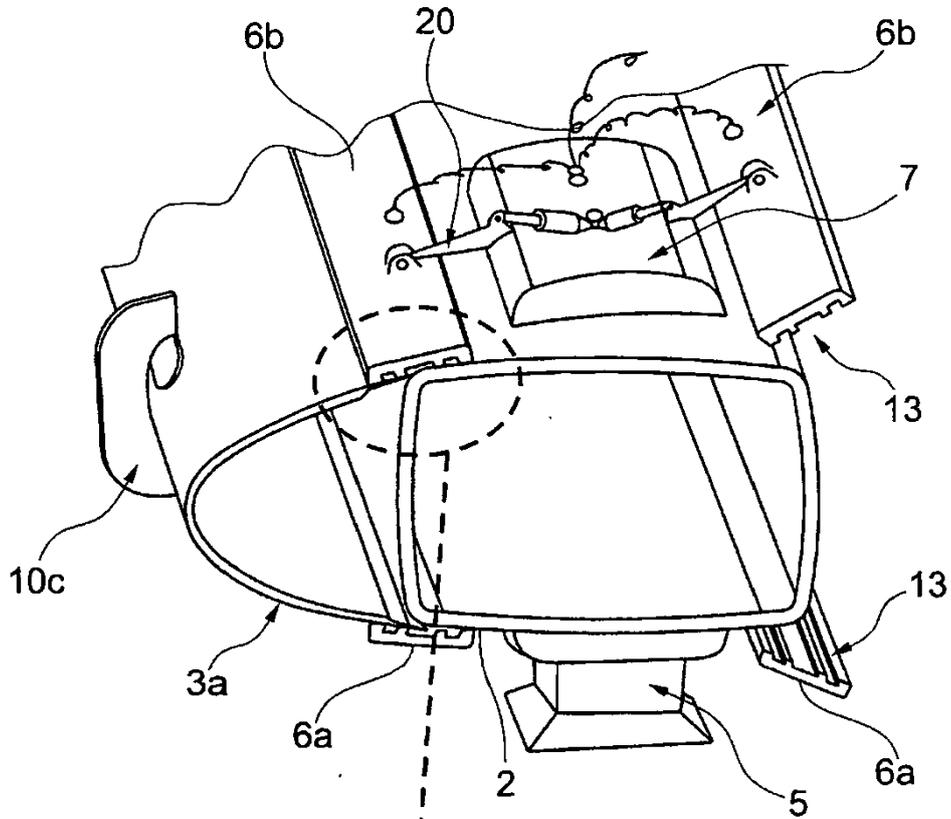


Fig. 6a

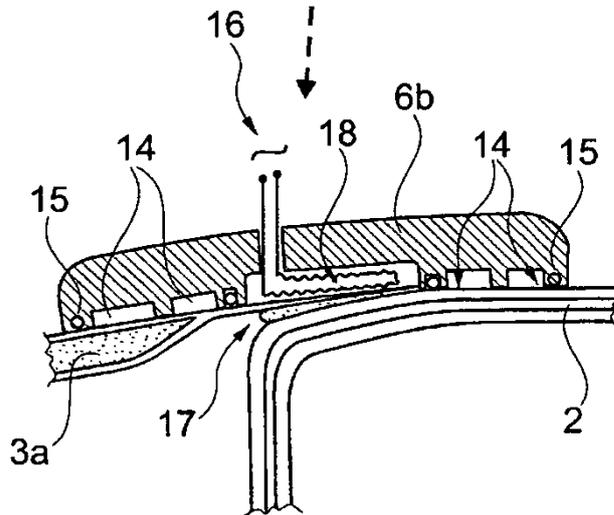


Fig. 6b

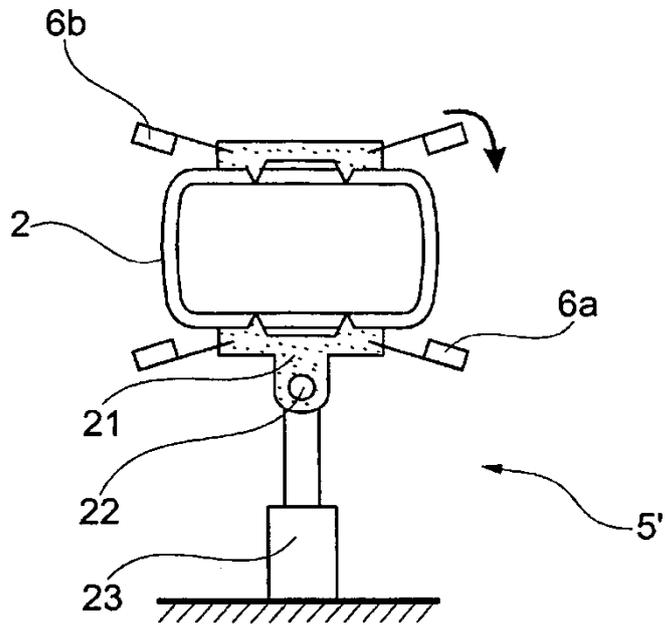


Fig. 7a

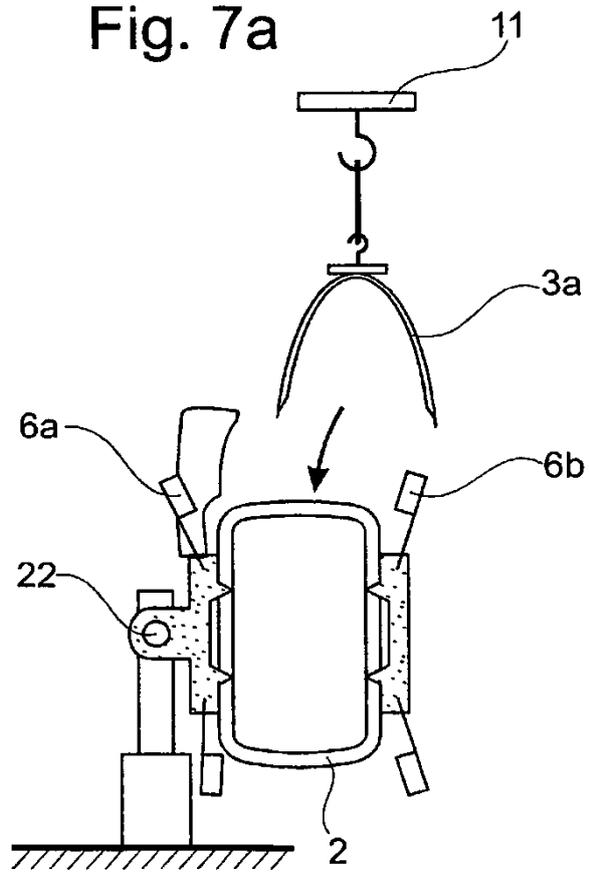


Fig. 7b

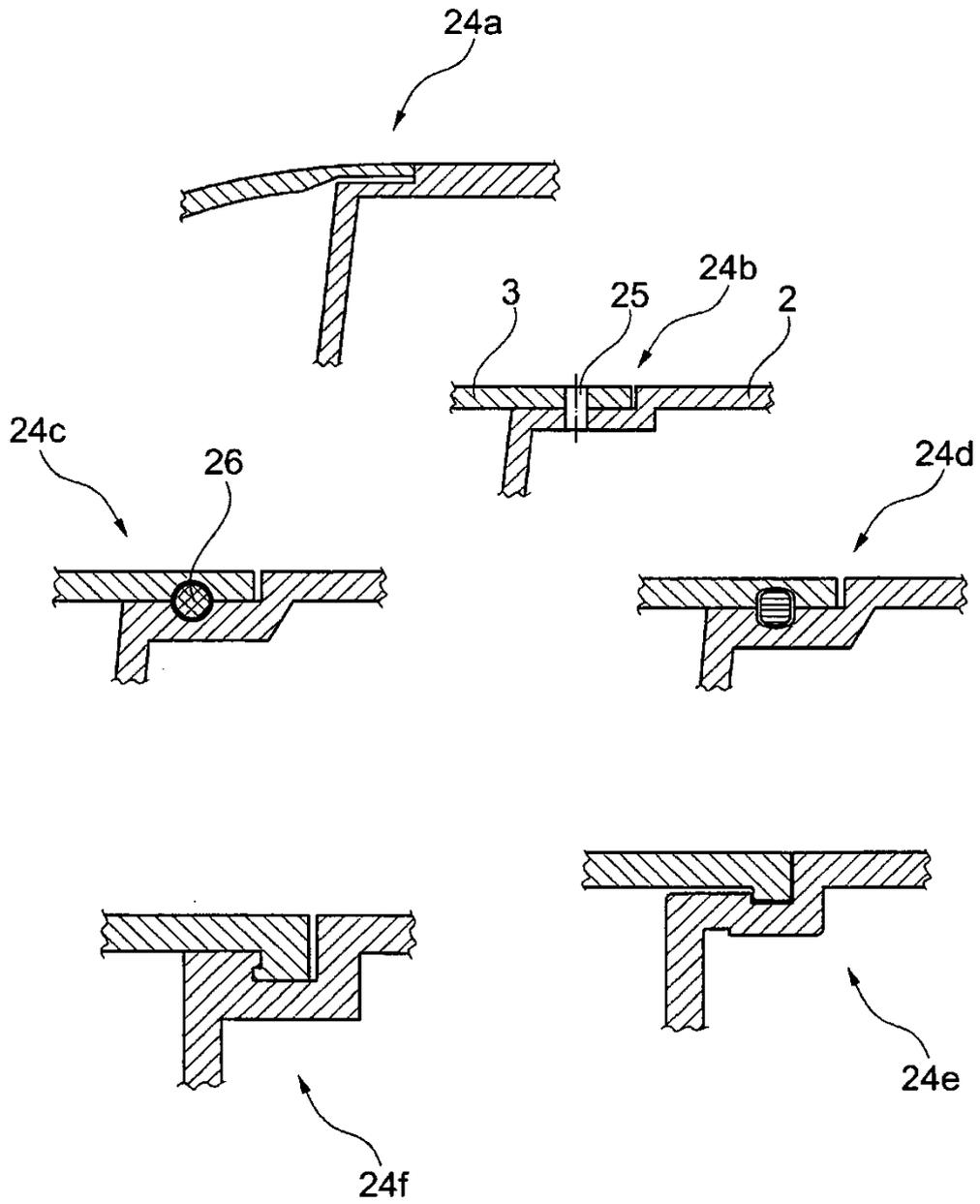


Fig. 8

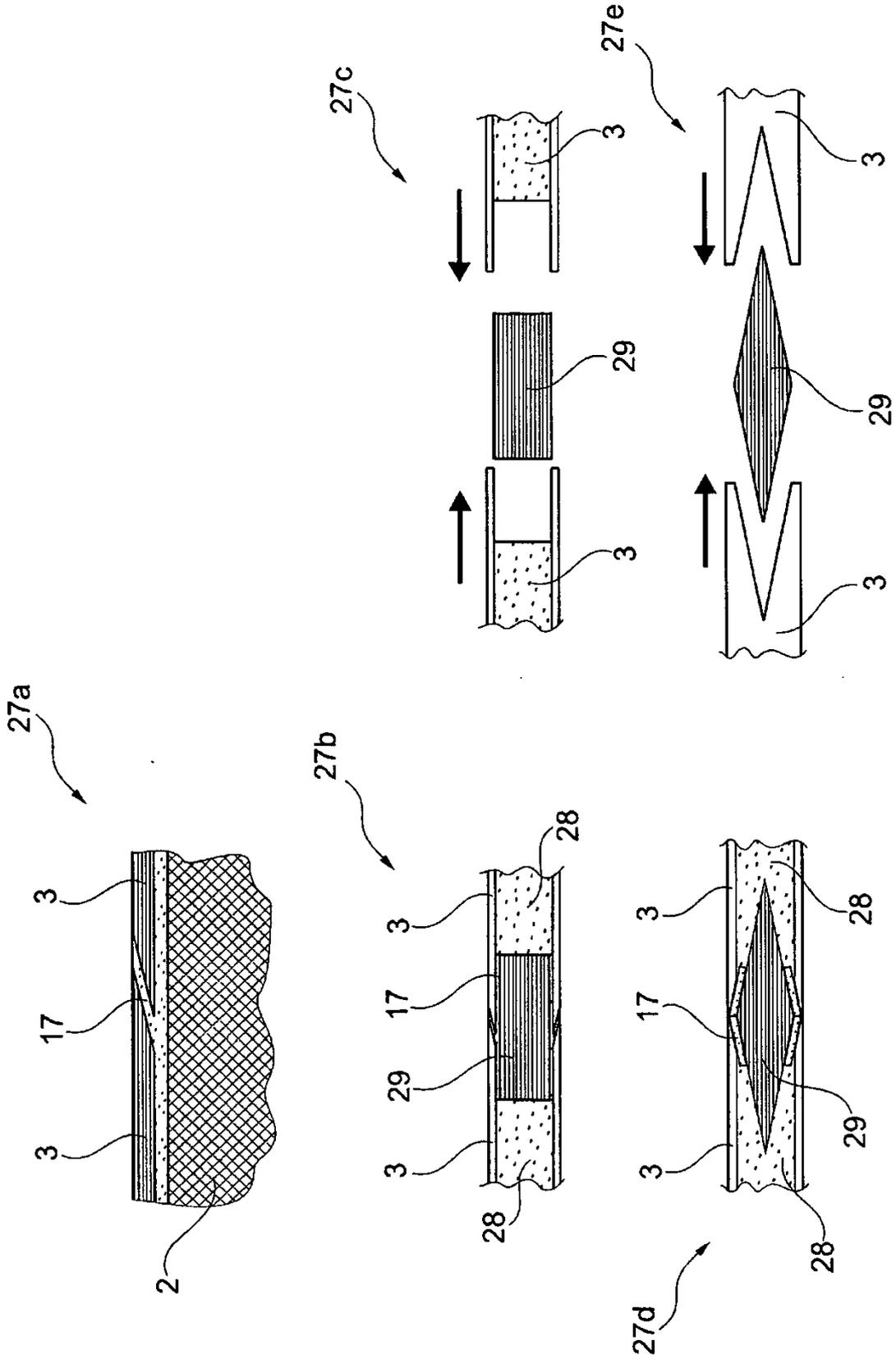


Fig. 9