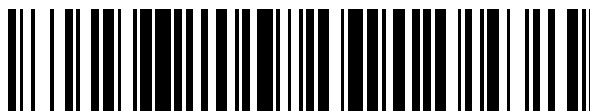


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 586 421**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/44** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.12.2004** **E 04806227 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.06.2016** **EP 1833660**

54 Título: **Procedimiento de fabricación de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica con un elemento de fijación y una pala de turbina eólica con un elemento de fijación**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**14.10.2016**

73 Titular/es:

**VESTAS WIND SYSTEMS A/S (100.0%)**  
**Hedeager 42**  
**8200 Aarhus N , DK**

72 Inventor/es:

**HANCOCK, MARK y**  
**BECH, ANTON**

74 Agente/Representante:

**ARIAS SANZ, Juan**

**ES 2 586 421 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

Procedimiento de fabricación de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica con un elemento de fijación y una pala de turbina eólica con un elemento de fijación

### CAMPO TÉCNICO DE LA INVENCION

5 La invención se refiere a una pala de turbina eólica. Más particularmente, la invención se refiere a un procedimiento de fabricación de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica con un elemento de fijación para la conexión de una pala de turbina eólica que comprende el elemento de carcasa de pala de turbina eólica a un buje de turbina eólica y una pala de turbina eólica con un elemento de fijación. Además, la invención se refiere a un elemento de carcasa de pala de turbina eólica y a una pala de turbina eólica con un elemento de fijación insertado.

### 10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

Las turbinas eólicas se utilizan para convertir la energía eólica en una fuente de energía, normalmente energía eléctrica. En los últimos años, el uso de turbinas eólicas aún más grandes ha aumentado los requisitos de la conexión entre las palas de la turbina eólica y la brida del buje de la turbina eólica. Una característica crítica es la conexión entre los elementos de fijación para sujetar la pala en el buje, con los elementos de fijación dispuestos en la raíz de la pala y el resto de la pala, ya que esta conexión está sometida a cargas grandes y cíclicas durante la operación.

Una pala de turbina eólica resistente y asequible fabricada mediante la combinación de vástagos prefabricados por infusión de resina asistida por vacío se divulga en el documento WO 03/008800.

20 En el documento US 4.915.590 se describen una serie de técnicas para la conexión de una pala de turbina eólica a un buje. En particular, la técnica de la técnica anterior descrita en relación con la figura 3 del documento US 4.915.590 es relevante en relación con la presente invención. Allí, las barras de pasador de fijación de acero se insertan en una raíz de turbina eólica mediante la perforación de un orificio en el extremo de la pared de la pala de turbina eólica completada y la fijación de las barras de fijación de tachuela en el orificio mediante adhesivo. La perforación de orificios en la estructura de material compuesto laminado es muy lenta, se desperdicia material de laminado y el desgaste de la broca es considerable. Además, la retirada de escombros del orificio así como la prevención de presencia de aire en el adhesivo es complicada debido a la relación de longitud a anchura del orificio. Por lo tanto, se requiere un espacio considerable entre la barra de fijación de tachuela y las paredes del orificio, lo cual conlleva un gran consumo de adhesivo, una conexión relativamente débil y un espesor de pared excesivamente grande de la pala.

30 Se ha considerado proporcionar los elementos de fijación antes del curado de la pala. El documento WO 03/082551 divulga una conexión de la pala en la que una pieza de inserción se inserta en una estructura laminada no curada. La pieza de inserción está provista de una pluralidad de elevaciones y rebajes de tamaño longitudinal similar y se proporcionan piezas más pequeñas de capas de laminado paralelas en los rebajes. Es necesario coser las capas de laminado juntas cerca de la pieza de inserción para proporcionar suficiente fuerza de delaminación entre las piezas más pequeñas de las capas de laminado paralelas y las capas de laminado exteriores más grandes. El cosido de las capas es un proceso muy lento y complejo y debe llevarse a cabo desde el lado interior del orificio o desde el lado exterior durante la colocación de las capas de laminado. El cosido también puede interactuar con la alineación de las fibras, lo cual ocasiona una reducción de la resistencia de la estructura laminada en el lugar más crítico, es decir, cerca de las piezas de inserción.

40 Hay, por lo tanto, una necesidad de un procedimiento rápido y seguro para proporcionar un elemento de fijación en una pala de turbina eólica.

### OBJETOS DE LA INVENCION

El objeto de la invención es proporcionar un procedimiento por el que se proporcione un elemento de fijación de manera más eficiente en la pala de turbina eólica.

45 Otro objeto de la invención es proporcionar un elemento de carcasa de pala de turbina eólica y una pala de turbina eólica con una conexión mejorada entre el elemento de fijación y la pala.

### DIVULGACION DE LA INVENCION

50 Uno o más de los objetos anteriores de la invención se realizan para un elemento de carcasa de pala de turbina eólica que comprende vástagos prefabricados, fabricándose el elemento de carcasa de turbina eólica mediante el procedimiento de la reivindicación 1 y/o para una pala de turbina eólica según la reivindicación 26, en la que la pala de turbina eólica comprende un elemento de carcasa de pala de turbina eólica con vástagos prefabricados.

El procedimiento se refiere a la fabricación de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica con un elemento de fijación proporcionado cerca del extremo de la raíz del elemento de carcasa de pala de turbina eólica. Cuando está insertado en la pala, el elemento de fijación es adecuado para la conexión de la pala de turbina eólica que

comprende el elemento de carcasa de pala de turbina eólica a un buje de turbina eólica. El procedimiento comprende el suministro de un molde exterior rígido, la colocación de uno o más elementos de fijación cerca del extremo del molde exterior rígido correspondientes al extremo de la raíz de la pala de turbina eólica, la colocación de al menos dos, pero normalmente más capas, de vástagos prefabricados cerca del extremo del molde exterior rígido correspondiente al extremo de la raíz de la pala de turbina eólica. Los vástagos prefabricados deben colocarse de tal manera que rodeen una parte longitudinal sustancial del elemento de fijación cuando el elemento de fijación está colocado en el elemento de carcasa de pala de turbina eólica. Además, una o más capas de vástagos prefabricados están colocadas en una parte longitudinal sustancial del molde exterior rígido.

Después de esto, se proporciona un molde interior que normalmente corresponde a la superficie interior de la pala de turbina eólica completa en conexión hermética con el molde exterior rígido y se evacua el volumen entre el exterior y los moldes interiores. Se infunde una resina curable para fijar el elemento de fijación a los vástagos prefabricados de cierre y llenar al menos sustancialmente los espacios vacíos entre vástagos adyacentes; se deja que la resina se cure y se desmoldea el elemento de carcasa. Opcionalmente, el elemento de carcasa de turbina eólica está conectado a uno o más elementos de carcasa u otros elementos antes o después del desmoldeo.

El curado puede iniciarse durante la infusión, siempre y cuando la viscosidad sea suficientemente baja hasta que se complete la infusión. El procedimiento de moldeo también se conoce como moldeo por transferencia de resina asistido por vacío, VARTM. Debido a los grandes tamaños de las palas de turbina eólica, la aplicación de vacío es muy ventajosa con respecto al moldeo por transferencia de resina convencional. Sin embargo, si el principio divulgado de la inserción de un elemento de fijación se utiliza en aplicaciones en las que la resina tiene que recorrer una distancia sustancialmente más corta, a continuación pueden ser aplicables otros procedimientos de moldeo, tales como, por ejemplo, moldeo por transferencia de resina.

Normalmente al menos un 70 % del elemento de fijación está rodeado de vástagos prefabricados, pero dependiendo del diseño real del elemento de fijación, la fracción rodeada puede variar. Si, por ejemplo, el elemento de fijación está provisto de un orificio roscado internamente, casi un 100 % del elemento de fijación puede estar rodeado de vástagos prefabricados. Por otra parte, si el elemento de fijación está provisto de una barra larga para la conexión con el buje, en el que la barra se extiende desde el elemento de fijación, entonces solo un 50 % del elemento de fijación puede estar rodeado de vástagos prefabricados. Además, la topología de la superficie y/o la química de la superficie pueden promover o impedir la fuerza de la conexión y, por lo tanto, la fracción necesaria que debe insertarse.

La pala de turbina eólica comprende un elemento de carcasa de pala de turbina eólica con vástagos prefabricados conectados por una resina curada y una pluralidad de elementos de fijación insertados cerca de un extremo de la raíz de la pala de turbina eólica. Al menos dos de dichos elementos de fijación están alineados para facilitar la conexión posterior a un buje de turbina eólica. Tener elementos de fijación alineados hace que los orificios roscados en la misma o que las barras que se extienden desde la misma estén sustancialmente alineados en paralelo, de forma que sean adecuados para la conexión de la pala de turbina eólica a una brida del buje u otro elemento de recepción.

La presente invención se refiere además a realizaciones preferidas relativas a circunstancias de procedimientos y productos relacionados con la preparación para la transmisión de rayos hacia el buje a través de los elementos de fijación, la topología de la superficie y la forma de los elementos de fijación, palas de turbina eólica con un alto contenido de fibras estructurales, medios de guía para la alineación de los elementos de fijación y aspectos relacionados con el moldeo por transferencia de resina asistido por vacío.

#### BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

La invención se explicará más completamente a continuación con referencia a ejemplos de realización, así como los dibujos, en los cuales

La figura 1 muestra una vista en sección transversal de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica en un molde

La figura 2 muestra diversas formas generales de un elemento de fijación,

La figura 3 muestra las secciones transversales preferidas de un elemento de fijación,

La figura 4 muestra las topografías de superficie preferidas de un elemento de fijación,

La figura 5 muestra una pluralidad de elementos de fijación conectados a un medio de guía,

La figura 6 muestra una pluralidad de elementos de fijación conectados a un medio de guía con fibras tejidas sobre el elemento de fijación, y

La figura 7 muestra una realización con la conducción de rayos entre un pararrayos y un elemento de fijación.

Todas las figuras son muy esquemáticas y no necesariamente a escala, y muestran sólo partes que son necesarias

con el fin de dilucidar la invención, con otras partes omitiéndose o simplemente sugiriéndose.

#### DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

5 En la figura 1, se muestra un ejemplo de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica 2 en un molde 14, 16. Una pluralidad de capas de vástagos prefabricados 8, 10 están colocadas para ajustarse a un elemento de fijación 4, que ventajosamente está conectado a un medio de guía 20 para la alineación (ver abajo). La conexión se realiza preferiblemente de una forma hermética para permitir la infusión de resina asistida por vacío. Tal conexión hermética puede, por ejemplo, realizarse con un elemento de similar al caucho 38. En la figura 1, el número de capas de vástagos prefabricados 8, 10 es de cuatro, pero el número de capas puede variar dependiendo considerablemente del tamaño y del diseño del elemento de carcasa. Los valores típicos de capas de vástagos prefabricados son 2, 3, 10 4, 5, 6, 8, 10 o incluso más capas. Además, se puede proporcionar un número de capas opcionales, tal como una capa exterior y/o interior de fibra 18, una capa de gel 19 y/o un pararrayos, etc. Finalmente, se proporciona un molde interior 16 antes del proceso de infusión de resina.

#### *Vástagos prefabricados*

15 En una realización muy preferida de la presente invención, un elemento crucial del procedimiento, el elemento de carcasa de pala de turbina eólica y la pala de turbina eólica de acuerdo con la invención son los vástagos prefabricados. Los vástagos prefabricados son normalmente sustancialmente más largos en la dimensión que debe alinearse con la longitud del elemento de carcasa que en las otras dimensiones. Los vástagos pueden ser biselados cerca del final, ya sea para permitir una transición suave a un vástago de ampliación o para permitir un cambio no abrupto en las propiedades de palas si el vástago no se extiende.

20 En una realización preferida, al menos algunos de los vástagos prefabricados se seleccionan entre el grupo de elementos fibrosos, material de madera y elementos huecos. Ejemplos de elementos fibrosos preferidos son elementos de pultrusión o extrudidos que comprenden preferiblemente fibras de carbono y/o fibras de vidrio y/o fibras naturales. El elemento pultruido puede ser no curado, parcialmente curado o totalmente curado, pero son preferibles los elementos totalmente curados, por ejemplo, debido a la facilidad de manejo. Ejemplos de elementos de madera preferidos son madera mecanizada con una alta relación de resistencia a peso, tales como balsa, abedul, etc. Los elementos de madera también pueden ser de madera contrachapada, preferiblemente comprendiendo balsa, abedul u otro material de madera con propiedades similares. Entre los elementos huecos se incluyen elementos basados en polímeros huecos, tales como vástagos moldeados por soplado, vástagos de espuma, elementos extrudidos, que comprenden opcionalmente material fibroso.

30 La combinación de vástagos debe escogerse para proporcionar un compromiso adecuado entre la resistencia, el peso y el precio.

#### *Colocación de vástagos prefabricados cerca del elemento de fijación*

35 En una realización preferida, los vástagos prefabricados para ser colocados al lado del elemento de fijación se mecanizan o moldean de alguna otra forma tal que cuando los vástagos están en posición, los vástagos se ajustan a la forma del elemento de fijación. Preferiblemente, los vástagos se ajustarán al elemento de fijación de tal manera que una parte sustancial del elemento de fijación está firmemente cubierta por los vástagos prefabricados. Por una parte sustancial del elemento de fijación se entiende que al menos aproximadamente un 70 % del elemento de fijación está cubierto o rodeado de vástagos prefabricados, sin embargo, este número puede variar a menos de un 50 % o a cerca de 100 %, como se ha indicado en otro lugar. La parte no cubierta del elemento de fijación puede explicarse mediante una o más partes longitudinales o piezas transversales no cubiertas.

40 La parte cubierta del elemento de fijación está normalmente en el intervalo de aproximadamente 0,4 a 2 m, dependiendo de la longitud de la pala y el grosor de la pared de pala. En una realización preferida se encontró que el elemento de fijación en el intervalo de aproximadamente 0,5 a 0,75 m proporciona un compromiso adecuado entre peso y resistencia de la conexión entre la pala y el elemento de fijación.

45 El diámetro de la parte cubierta varía como se ha indicado en otro lugar. En la mayoría de los casos, un diámetro que corresponde a la superficie máxima de la sección transversal de la parte cubierta del elemento de fijación en el intervalo de aproximadamente 8 a 20 cm es adecuado. Sin embargo, en una realización preferida, se encontró que un diámetro que corresponde a la superficie máxima de la sección transversal de la parte cubierta del elemento de fijación en el intervalo de aproximadamente 10 a 15 cm ofrecía un compromiso adecuado entre el peso y la fuerza del elemento de fijación así como la fuerza de la conexión entre la pala y el elemento de fijación.

50 En una realización preferida, los vástagos están conformados de tal manera que se ajustarán al elemento de fijación de acuerdo con la rugosidad de la superficie macro como se ha indicado en otro lugar. Esto permite un uso muy bajo de resina o adhesivo, y también permite una transición altamente controlable entre las propiedades del elemento de fijación y las propiedades de la pala.

55 *Elementos fibrosos que se extienden hasta cerca de la raíz*

Para palas de turbina eólica muy grandes, puede ser ventajoso que algunos de los vástagos prefabricados que comprenden material fibroso, comprendiendo preferiblemente fibras de carbono, se extiendan hasta cerca del extremo de la raíz del elemento de carcasa de pala de turbina eólica. Esto puede aumentar la rigidez de la sección de la raíz de la pala y mejorar la transferencia de la carga al elemento de fijación.

- 5 En una realización particularmente preferida, al menos un vástago prefabricado, que comprende material fibroso, se coloca al lado del elemento de fijación a lo largo de una parte sustancial longitudinal del elemento de fijación. Por adyacente se entiende aquí que el vástago que comprende material fibroso sea el vástago más cercano al elemento de fijación. Por parte longitudinal sustancial del elemento de fijación se entiende al menos un 50 % de la longitud insertada del elemento de fijación. Sin embargo, es preferible que el vástago esté colocado a lo largo de la mayor parte del elemento de fijación, como al menos un 75 %, y más preferiblemente al menos 90 %, de la longitud insertada del elemento de fijación. La parte de la longitud insertada a lo largo de la cual puede colocarse el vástago fibroso depende de cierta medida de la forma del elemento de fijación, ya que las propiedades mecánicas del material fibroso se degradan si las fibras están dispuestas en una relación curvada. En una realización muy preferida, el vástago pre-fabricado que comprende material fibroso es un vástago fibroso pultruido que comprende fibras de carbono; como tal, vástago normalmente tiene un alto contenido de fibra y fibras altamente alineadas.

- 15 En una realización preferida, al menos dos elementos fibrosos pultruidos están colocados al lado del elemento de fijación y a lo largo de una parte sustancial longitudinal del elemento de fijación. En particular, es preferible tener los elementos fibrosos pultruidos dispuestos alrededor del elemento de fijación de tal manera que la disposición sea sustancialmente simétrica con respecto a una o más propiedades físicas, como por ejemplo, rigidez, módulo de elasticidad, alineación o resistencia a la rotura.

Para palas que tienen elementos fibrosos que se extiendan hasta cerca de la raíz, es particularmente ventajoso introducir el elemento de fijación antes de la infusión de resina, a que perforar el elemento de carcasa de pala que comprende tal material fibroso conduce a un muy alto desgaste de la herramienta de perforación y además tales perforaciones requiere bastante tiempo.

#### 25 *Forma general del elemento de fijación*

La forma general del elemento de fijación puede variar dependiendo de los materiales reales y de las condiciones de uso de la pala. En general, es preferible reducir la presencia de bordes afilados o puntiagudos, ya que esto puede servir como iniciador de grietas. Por otra parte, orificios con un pequeño ángulo de apertura también deben evitarse, ya que la resina de la infusión tal vez no pueda penetrar totalmente hasta la punta de tales orificios.

- 30 En la figura 2, se muestran una serie de formas de superficie generales preferidas de elemento de fijación que, por ejemplo pueden, ser utilizadas para el procedimiento de acuerdo con la invención. Normalmente, es preferible que la superficie de la sección transversal del elemento de fijación se reduzca desde la base de la pala. En tales casos, la reducción no tiene por qué ser monótona o continua, sino que debe representar la tendencia general. Esto conduce a un cambio gradual en las propiedades del elemento de fijación relativamente rígido a la pala relativamente flexible. Ejemplos de tal forma general son el elemento de fijación generalmente cónico mostrado en las figuras 2A y B, pero la forma general también pueden ser de una naturaleza más cóncava, por ejemplo, como se muestra en la figura 2C.

- 40 Si, por ejemplo, la pared de pala es relativamente gruesa, una campana global generalmente muda (como se muestra en la figura 2D) u otra forma de anclaje pueden ser adecuadas. Otra realización con un gran tamaño del extremo del elemento de fijación opuesto al extremo de la raíz de la pala es un elemento de fijación generalmente cónico con la parte más ancha de espaldas al extremo de la raíz (no mostrado). Estos pueden ser ventajosos, ya que proporcionan una unión mecánica sólida y preservan el material del elemento de fijación con respecto al elemento de fijación cilíndrico macizo.

#### *Forma de sección transversal del elemento de fijación*

- 45 El elemento de fijación mostrado en la figura 2E representa el principio de que el elemento de fijación no es necesario que tenga simetría de rotación, aunque normalmente es preferible el elemento de fijación con simetría de rotación debido a un manejo más fácil de un elemento de fijación con simetría de rotación. Los elementos de fijación que no tienen simetría de rotación tienen una mayor superficie por volumen de elemento de fijación. Por lo tanto, una superficie más grande está implicada en la transferencia de carga de la pala a través de la resina o adhesivo al elemento de fijación y al buje. En la figura 3 se muestran una serie de realizaciones preferidas de formas de sección transversal de elementos de fijación. Las secciones transversales pueden, por ejemplo, corresponder a una sección transversal a lo largo del plano A-A de la figura 2A o a una sección transversal similar en cualquiera de los otros elementos de fijación de la figura 2.

- 55 La sección transversal circular en la figura 3A corresponde a un elemento de fijación con simetría de rotación. La sección transversal ovalada que se muestra en la figura 3B puede, por ejemplo, ser ventajosa para carcasas de pala relativamente delgadas si están orientadas con el eje mayor en general paralelo a la superficie exterior de la carcasa de pala. Sin embargo, si se necesitan un gran número de elementos de fijación muy próximos entre sí, el uso de elementos de fijación con una sección oval con ejes mayores sustancialmente paralelos a la superficie puede ser ventajoso. En las figuras 3C a F se muestran ejemplos de secciones transversales geoméricamente regulares; sin

embargo, el experto se daría cuenta de que las secciones transversales irregulares o regulares en general también se pueden aplicar. Se proporcionan formas de ejemplo para describir la idea general, mientras que, por ejemplo, la finura de los bordes debe ajustarse de acuerdo con el patrón de carga y la resina utilizada en la aplicación específica. En la figura 3 se muestra un ejemplo de una sección transversal que tiene bordes redondeados. Los elementos de fijación, que no son de rotación simétrica, también pueden ser particularmente ventajosos en virtud de patrones de carga especiales y/o para el elemento de fijación descentrado.

*Superficie del elemento de fijación*

La superficie de los elementos de fijación se modifica o diseña preferiblemente para reforzar la conexión entre la resina y el elemento de fijación mediante el cual se aumenta la calidad global de la conexión entre la pala y el elemento de fijación. La superficie se puede preparar para una mayor resistencia mecánica y/o resistencia química.

Un ejemplo de fortalecimiento mecánico son las estructuras de enclavamiento, que se pueden usar en varias escalas dimensionales. En una realización preferida, la rugosidad de la superficie del elemento de fijación se incrementa en una escala de un micrómetro a submilímetro, como se indica en la figura. 4A. Esto puede conseguirse durante la fabricación del elemento de fijación, por ejemplo, mediante el uso de una superficie rugosa en el molde, o mediante tratamiento superficial posterior como, por ejemplo, chorro de arena o rectificado. Alternativamente, o además, la rugosidad de la superficie se puede aumentar en una escala milimétrica, como mediante la introducción de ondas de aproximadamente 1 a 5 milímetros transversales a la longitud longitudinal del elemento de fijación, tal como se indica en la figura 4B. Por otra parte, la macro rugosidad de la superficie, por ejemplo, pasos, puntas u ondulaciones del orden de varios milímetros a varios centímetros, puede entrelazarse con las tiras prefabricadas o la resina que rodean el elemento de fijación. Se muestran ejemplos de elemento de fijación con macro rugosidad de la superficie en las figuras 4C a G. El aumento de la rugosidad de la superficie puede aumentar en gran medida la resistencia de la unión y/o disminuir los problemas que puedan surgir debido a la variación en las propiedades entre la pala y el elemento de fijación.

Si se proporcionan estructuras entrelazadas como se indica en las figuras 4D a F, el tamaño, es decir, la extensión longitudinal a lo largo de la longitud del elemento de fijación, de los rebajes y las estructuras que sobresalen puede ser similar, como se muestra en la figura 4D. Sin embargo, es altamente preferido que el tamaño se ajuste según la fuerza relativa del elemento de fijación y que el material circundante llene las cavidades del elemento de fijación (normalmente resina). En otras palabras, los salientes del elemento de fijación relativamente fuerte (normalmente de acero o hierro fundido) son relativamente cortos en comparación con los huecos a rellenar con la resina relativamente débil, que son relativamente largos. En las figuras 4E a G se muestran ejemplos de esto. En la figura 4E los rebajes/salientes son escalonados, mientras que en la figura 4F las paredes laterales de los rebajes/salientes están en ángulo, lo cual puede tener la ventaja de que los ángulos de contacto son menos afilados y, por lo tanto, proporcionan una menor tendencia a actuar como puntos de iniciación de la grieta. La figura 4G muestra una serie de elementos redondeados más grandes y más cortos. Esta es una realización preferida, ya que este diseño permite paredes laterales sustancialmente verticales sin bordes afilados.

Además de lograr estructuras entrelazadas mecánicamente, el aumento de la rugosidad de la superficie en todas las escalas aumenta la superficie del elemento de fijación y por lo tanto aumenta la superficie de contacto entre el elemento de fijación y la resina o adhesivo.

La preparación para una mayor resistencia de conexión química incluye la eliminación de residuos de la superficie del elemento de fijación, así como la eliminación de polvo, óxido, grasa, aceite, etc. antes del montaje. Esto puede incluir la eliminación mecánica, así como la eliminación química (es decir, uso de agua y jabón o disolventes). Además, las superficies pueden tratarse químicamente, por ejemplo, con ácido o imprimadas, antes del montaje y/o la infusión de resina.

El elemento de fijación está provisto preferiblemente de un medio de conexión para facilitar la conexión de una pala de turbina eólica que comprende el elemento de carcasa de turbina eólica al buje. Normalmente, este medio de conexión comprende una superficie roscada, tal como un orificio roscado desde el extremo de la raíz de la pala al elemento de fijación o una barra roscada que se extiende desde el elemento de fijación. En una realización particularmente preferida, una superficie roscada puede utilizarse para conectar el elemento de fijación a un medio de guía (ver a continuación) durante la fabricación del elemento de carcasa de pala de turbina eólica, por ejemplo durante la colocación y/o durante la infusión de resina, y/o durante el montaje de los elementos de carcasa de pala de turbina eólica para formar una pala de turbina eólica.

*Medios de guía*

Durante la fabricación del elemento de carcasa de turbina eólica, unos medios de guía para alinear el elemento de fijación pueden aplicarse ventajosamente. Los medios de guía pueden alinear el elemento de fijación con relación al molde y/o en relación con uno o más elementos de fijación adicionales. Durante el uso, uno o más elementos de fijación están conectados a los medios de guía. La conexión puede ser temporal en el sentido de que los medios de guía se retiran del elemento de fijación después de una o más etapas del procedimiento de fabricación. Alternativamente, la conexión entre el elemento de fijación y los medios de guía puede ser permanente, es decir, los

medios de guía están integrados en el elemento de carcasa de turbina eólica durante la fabricación.

Si el elemento de fijación está alineado con relación a uno o más elementos de fijación adicionales, estos elementos de fijación están también ventajosamente conectados a los medios de guía y, preferiblemente, a los mismos medios de guía como el elemento de fijación. Esto permite un diseño con un procedimiento particularmente eficiente, ya que un gran número de elementos de fijación puede estar alineado y después introducirse en el elemento de carcasa de turbina eólica en una operación.

En la figura 5 se muestran unos medios de guías con una pluralidad de elementos de fijación conectado al mismo. La combinación de unos medios de guía 20 y elementos de fijación 4 se prepara preferiblemente antes de la introducción del elemento de fijación en el elemento de carcasa de turbina eólica y, por lo tanto, en esta realización constituye un subconjunto para el elemento de carcasa de turbina eólica, por lo que permite una introducción simultánea de una pluralidad de los elementos de fijación alineados en el elemento de carcasa.

En una realización preferida, el subconjunto comprende entre 15 a 150 elementos de fijación. Los medios de guía contienen normalmente entre 1/4 de elemento de fijación para proporcionarse en la raíz de la pala de turbina eólica completada y todos los elementos de fijación. En particular, es preferible que los medios de guía contengan todos los elementos de fijación para el elemento de carcasa que deba moldearse; normalmente, esto corresponde a aproximadamente  $\frac{1}{2}$  del elemento de fijación en la raíz de la pala de turbina eólica completa.

En situaciones desafortunadas, un elemento de fijación puede proporcionar una fuente para la delaminación o incluso la rotura de la carcasa de pala. Esto podría ser particularmente el caso si el elemento de fijación está colocado relativamente cerca de los elementos de fijación adyacentes. En una realización preferida, se proporcionan las medidas preventivas en ese material de fibra, preferiblemente fibras de vidrio o fibras de carbono, tejidas entre el elemento de fijación como se muestra en la figura 6. La figura 6A indica este principio en una dirección desde el extremo del elemento de fijación hacia los medios de guía y B indica el principio desde un lado. Las fibras pueden ser, por ejemplo haces de fibras secas o impregnadas, hilos u otras colecciones de fibras. En una realización particularmente preferida, las fibras se tejen principal o únicamente sobre el 25 % del elemento de fijación que debe insertarse más cerca de la raíz del elemento de carcasa de pala de turbina eólica. Sin embargo, en algunos casos, las fibras pueden tejerse a lo largo de una mayor parte del elemento de fijación, lo cual conlleva la combinación de elementos de fijación, medios de guía y fibras, opcionalmente con vástagos prefabricados pequeños colocados en una o más aberturas en la estructura de fibra tejida. Tal combinación forma una cuña semicircular que se extiende desde los medios de guía y se puede introducir en una ranura o canal en una raíz de la pala de turbina eólica. A partir de entonces pueden colocarse otros vástagos cerca de la combinación antes de la infusión de resina.

Si se utiliza una conexión temporal entre el elemento de fijación y los medios de guía, el procedimiento de fabricación puede comprender además la etapa de liberación de la conexión temporal. Por lo general, los medios de guía a partir de entonces deben retirarse del elemento de carcasa de pala de turbina eólica.

La infusión de resina normalmente está asistida al vacío y, por lo tanto, los medios de guía tienen generalmente la ventaja de ser impermeables a los gases. Además, los medios de guía deben en este caso también estar dispuestos para proporcionar una conexión estanca al gas entre los medios de guía y el molde rígido y/o el molde interior. Es preferible que los medios de guía proporcionen una conexión estanca al gas entre el molde rígido y el molde interior. La conexión estanca al gas puede proporcionarse, por ejemplo, por elementos similares al caucho 38, por ejemplo, una junta tórica flexible entre los moldes y los medios de guía en combinación con un mecanismo de bloqueo para mantener la conexión. El mecanismo de bloqueo puede implicar una fuerza de vacío proporcionada por el vacío para la infusión de resina; un medio mecánico, tal como una pinza, perno y tuerca; un medio químico, tal como adhesivo; o una combinación de 2 o más de estos.

En una realización preferida, la conexión entre el elemento de fijación y los medios de guía implica el acoplamiento de un orificio roscado o una barra roscada del elemento de fijación con un tornillo o una tuerca a través de un orificio en el medio de guía. El orificio roscado o la barra del elemento de fijación pueden también ser muy adecuados para la conexión de una pala de turbina eólica que comprende el elemento de carcasa de turbina eólica a un buje de turbina eólica.

En otra realización preferida, la conexión entre el elemento de fijación y los medios de guía es generalmente estanca al gas. Tal conexión estanca al gas puede comprender una junta tórica; la junta tórica puede estar ventajosamente situada en el lado de vacío de los medios de guía, ya que esto puede evitar que la resina de infusión interactúe con los elementos que proporcionan la conexión entre el elemento de fijación y los medios de guía.

Los medios de guía para alinear un elemento de fijación durante el moldeo por transferencia de resina de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica comprenden en una realización preferida un elemento generalmente en forma de placa estanca al gas, un medio para obtener una conexión temporal o permanente entre el elemento en forma de placa estanca al gas y al menos un elemento de fijación, y un medio para la obtención de una conexión temporal o permanente entre el elemento en forma de placa generalmente estanca al gas y el molde rígido. Para realizar una conexión generalmente estanca al gas para facilitar el moldeo por transferencia de resina asistido por vacío, por lo menos una de las conexiones temporales o permanentes anteriores debe ser estanca al gas. Sin

embargo, es muy preferido que las dos conexiones temporales o permanentes sean estancas al gas.

Por generalmente estanco al gas se entiende que el flujo de gas a través del elemento es muy bajo. Por supuesto, es preferible que los elementos sean absolutamente estancos al gas; sin embargo, los elementos para la fabricación de palas de turbinas eólicas tienen un tamaño significativo y una fuga baja del gas puede compensarse mediante el bombeo continuo de vacío.

*Conducción de rayos*

Las turbinas eólicas y, en particular, las palas de turbinas eólicas son muy propensas a la caída de rayos. Por lo tanto, las palas están provistas normalmente de receptores de rayos y uno o más pararrayos. Ejemplos de pararrayos son cables conductores de rayos, normalmente colocados en el interior de la pala, malla metálica y/o fibras de carbono conductoras colocadas en la pared de pala y/o con los elementos de refuerzo internos. Para conducir el rayo desde la pala a través del buje hasta el suelo, el pararrayos está conectado preferiblemente al elemento de fijación de tal manera que el rayo se conduce entre la pala y el buje a través del elemento de fijación.

Por lo tanto, es preferible disponer el pararrayos en posible comunicación de igualación con el elemento de fijación. Esto se puede realizar mediante la conexión del pararrayos directamente a uno o más elementos de fijación; sin embargo, esto puede ocasionar una mala conexión eléctrica con una resistencia de contacto grande resultante y, por lo tanto, un riesgo significativo de daño por calentamiento al impactar un rayo.

En consecuencia, es muy preferible proporcionar un medio de transmisión de rayos especializado para disminuir la resistencia de contacto entre el elemento de fijación y el pararrayos durante el funcionamiento. Los medios de transmisión de rayos pueden ser, por ejemplo, una brida de conducción que conecta uno o más pararrayos a uno o más elementos de fijación. Es preferible que los medios de transmisión de rayos estén conectados a una pluralidad de elementos de fijación para aumentar la sección transversal de conducción de rayos eficiente de los elementos de fijación. En otra realización mostrada en la figura 7, los medios de transmisión de rayos 24 comprenden una lámina de material conductor, que se coloca al lado del pararrayos 22. En una realización preferida, los medios de transmisión de rayos 24 están intercalados entre varios pararrayos 22 y/o los medios de transmisión de rayos 24 están intercalados entre el pararrayos con uno o más medios de transmisión de rayos 24. Esta realización es particularmente adecuada para pararrayos del tipo de conductor de malla metálica, ya que de esta forma puede conseguirse una superficie de contacto bastante grande. En aún otra realización, los medios de transmisión de rayos comprenden fibras de carbono, tales como un vellón de carbono, un tejido de fibra de carbono o una estera de fibra de carbono, lo cual disminuye la resistencia de contacto de la conexión incluso cuando se humedece con resina.

Es preferible que el pararrayos esté en comunicación con el elemento de fijación al lado del extremo de la raíz del elemento de carcasa de pala de turbina eólica, ya que esto disminuye la distancia que el rayo debe viajar dentro de los elementos de fijación y, por lo tanto, disminuye la probabilidad de daños por calentamiento de los elementos de fijación y del material circundante.

*Otros elementos del elemento de pala y carcasa*

Además de los elementos y etapas ya mencionados, pueden comprenderse otros elementos opcionalmente, pero normalmente preferiblemente. Ejemplos de tales elementos opcionales son la aplicación de material de superficie, como una capa de gel, la aplicación de un pararrayos, como una malla metálica y/o un cable conductor de rayos, y la aplicación de una o más capas que comprenden material de fibra cerca de las superficies interior o exterior del elemento de carcasa. El material de fibra comprende preferiblemente fibras de vidrio y/o fibras de carbono. Los elementos opcionales pueden aplicarse al molde o a un elemento en el molde, lo cual es ventajoso ya que puede realizarse un procedimiento rápido y un producto homogéneo, o después del moldeo.

*Fabricación de una pala de turbina eólica*

Normalmente, se utilizan dos o más elementos de carcasa de pala de turbina eólica para una pala de turbina eólica.

Una pala de turbina eólica puede fabricarse fijando un elemento de carcasa de pala de turbina eólica que se puede fabricar mediante el procedimiento de acuerdo con la presente invención en uno o más elementos de carcasa de pala de turbina para formar una pala de turbina eólica. La obtención implica normalmente medios de fijación mecánicos, tales como elementos de fijación, por ejemplo, pernos y tuercas, tornillos, etc., medios químicos, tales como adhesivo, o una combinación. Opcionalmente, también se pueden proporcionar otros elementos, como un larguero o un elemento separador. Es preferible el uso de un adhesivo idéntico o basándose en compuestos similares a los de la resina utilizada para el moldeo por transferencia de resina (asistida por vacío).

En otro procedimiento de utilización de los elementos de carcasa de pala de turbina eólica fabricados de acuerdo con la invención para preparar una pala de turbina eólica, una multiplicidad de dichos elementos de carcasa de pala de turbina eólica se fijan entre sí de tal manera que el elemento de fijación de dos o más de los elementos de carcasa de pala de turbina eólica estén alineados. Esta alineación puede realizarse ventajosamente mediante la alineación de los medios de guía correspondientes a cada uno de los elementos de carcasa de turbina eólica. Dado que más de un elemento de fijación está normalmente conectado a cada medio de guía, un gran número de



elementos de fijación se pueden alinear rápidamente mediante este procedimiento.

*Turbina eólica*

5 Según la invención, se proporciona o se puede preparar una pala de turbina eólica. Tales palas de turbina eólica se utilizan para turbinas eólicas para la producción de energía, ya sea directamente en energía eléctrica o para un almacenamiento de energía, donde la energía se almacena como energía química o como energía potencial.

*Características intercambiables entre las realizaciones*

10 Una característica individual o combinación de características de una realización de la invención descrita en el presente documento, así como variaciones obvias de los mismos, se pueden combinar con o intercambiar por características de las otras realizaciones descritas en el presente documento, a menos que la persona experta en la técnica inmediatamente se dé cuenta de que la realización resultante no sea físicamente posible.

TABLA DE IDENTIFICACIÓN

	2	Elemento de carcasa de pala de turbina eólica
	4	Elemento de presión
	6	Extremo de raíz de pala de turbina eólica
15	8	Vástagos prefabricados
	10	Vástagos prefabricados que comprenden material fibroso
	12	Parte de elemento de fijación para ser insertada
	14	Molde rígido externo
	16	Molde interior
20	18	Capa de fibra
	19	Capa de gel
	20	Medios de guía
	21	Fibras tejidas
	22	Pararrayos
25	24	Medios de transmisión de rayos
	30	Barra que se extiende desde el elemento de fijación
	32	Orificio en un elemento de fijación
	34	Cavidad
	36	Protuberancia
30	38	Elemento similar a caucho

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento de fabricación de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2) con un elemento de fijación (4) proporcionado cerca de un extremo de raíz (6) del elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2), siendo el elemento de fijación (4) adecuado para la conexión de una pala de turbina eólica que comprende dicho elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2) a un buje de turbina eólica, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
- 5
- proporcionar un molde exterior rígido (14);
  - colocar el elemento de fijación (4) cerca del extremo del molde exterior rígido correspondiente al extremo de raíz (6) de la pala de turbina eólica (2);
- 10
- colocar al menos dos capas de vástagos prefabricados (8,10) cerca del extremo del molde exterior rígido correspondiente al extremo de raíz (6) de la pala de turbina eólica (2), de forma que dichos vástagos prefabricados (8,10) rodeen una parte longitudinal sustancial del elemento de fijación (4) cuando el elemento de fijación (4) se coloca en el elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2);
  - colocar una o más capas de vástagos prefabricados (8,10) en una parte longitudinal sustancial del molde exterior rígido (14);
- 15
- después de eso
- proporcionar un molde interior (16) en conexión hermética con el molde exterior rígido (14);
  - evacuar el volumen entre los moldes exteriores e interiores (14, 16), infundir una resina curable para asegurar el elemento de fijación (4) a los vástagos prefabricados de cobertura (8,10) y rellenar sustancialmente el espacio vacío entre vástagos adyacentes, y permitir que la resina se cure;
- 20
- desmoldear el elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que los vástagos prefabricados adyacentes al elemento de fijación (4) están moldeados para ajustarse a la forma del elemento de fijación (4) de tal manera que una parte sustancial del elemento de fijación (4) está estrechamente cubierta por los vástagos prefabricados (8,10).
- 25
3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, en el que la forma general del elemento de fijación (4) es generalmente cónica con una parte más grande apuntando en el elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2).
4. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la forma general del elemento de fijación (4) es cóncava.
- 30
5. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que la forma general del elemento de fijación (4) tiene normalmente forma de hongo.
6. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que el elemento de fijación (4) comprende una parte con una sección transversal no circular ortogonal a la dirección longitudinal del elemento de fijación (4).
- 35
7. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que el elemento de fijación (4) está provisto de rugosidad de superficie microscópica que comprende irregularidades en el intervalo de micrómetros a milímetros, preferiblemente en el intervalo de 10 µm a 1 mm.
8. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el elemento de fijación (4) está provisto de rugosidad de la superficie macroscópica, que comprende una pluralidad de rebajes y protuberancias en el intervalo de milímetros a centímetros, preferiblemente en el intervalo de 1 mm a 5 cm.
- 40
9. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8, en el que al menos algunos de los vástagos prefabricados se seleccionan del grupo de elementos fibrosos, tales como elementos parcial o totalmente curados, pultruidos o extrudidos, que comprende preferiblemente fibras de carbono y/o fibras de vidrio; material de madera, como la balsa, el abedul u otros opcionalmente comprendidos en la madera contrachapada; y los elementos huecos.
- 45
10. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 9, en el que al menos un vástago prefabricado que comprende material fibroso (10), que comprende preferiblemente fibras de carbono, se extiende hasta cerca del extremo de la raíz (6) del elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2).
- 50
11. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que al menos un vástago prefabricado que comprende material fibroso (10) está colocado al lado del elemento de fijación (4) a lo largo de una parte longitudinal sustancial del elemento de fijación (4), preferiblemente el vástago prefabricado que comprende material fibroso, está pultruido y comprende fibras de carbono.

- 5 12. Procedimiento según la reivindicación 11, en el que al menos dos elementos fibrosos pultruidos (10) se colocan al lado del elemento de fijación (4) y a lo largo de una extensión longitudinal sustancial del elemento de fijación (4), estando los elementos fibrosos pultruidos (10) preferiblemente dispuestos alrededor del elemento de fijación (4), de modo que la disposición es sustancialmente simétrica con respecto a una o más propiedades físicas tales como, por ejemplo, rigidez, módulo de elasticidad, alineación o resistencia a la rotura.
13. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 12, que comprende además la etapa de aplicación de un material de superficie, tal como una capa de gel, en el molde; y/o la aplicación de un pararrayos, tal como una malla metálica y/o un cable conductor de rayos; y/o una capa que comprende material de fibra, como fibras de vidrio o fibras de carbono.
- 10 14. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13, que comprende además la etapa de conectar temporalmente el elemento de fijación (4) a un medio de guía (20) para alinear el elemento de fijación (4) con respecto a al menos a otro elemento de fijación (4) y/o para alinear el elemento de fijación (4) con respecto al molde exterior rígido durante al menos una etapa del procedimiento de fabricación.
- 15 15. Procedimiento según la reivindicación 14, en el que dicho otro elemento de fijación (4) está conectado temporalmente a unos medios de guía (20), preferiblemente los mismos medios de guía (20) que el elemento de fijación (4).
16. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 14 o 15, que comprende además la etapa de liberar la conexión temporal entre el elemento de fijación (4) y los medios de guía (20), y opcionalmente eliminar los medios de guía del elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2).
- 20 17. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 16, en el que los medios de guía (20) son generalmente impermeables a los gases y los medios de guía (20) pueden estar dispuestos para proporcionar una conexión estanca al gas entre los medios de guía (20) y al menos uno de los moldes (14,16).
- 25 18. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 17, en el que la conexión temporal del elemento de fijación (4) a los medios de guía (20) consiste en acoplar un orificio roscado o una barra roscada del elemento de fijación con un tornillo o una tuerca a través de un orificio en el medio de guía (20); preferiblemente el orificio roscado o barra del elemento de fijación (4) es adecuado para la conexión de una pala de turbina eólica que comprende el elemento de carcasa de turbina eólica (2) al buje de turbina eólica.
- 30 19. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 14 a 18, en el que la conexión temporal del elemento de fijación (4) a los medios de guía (20) es estanca al gas; preferiblemente la conexión estanca al gas comprende una junta tórica.
20. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 19, que comprende además la etapa de disponer un pararrayos (22) en posible comunicación de igualación con el elemento de fijación (4).
- 35 21. Procedimiento según la reivindicación 20, en el que el pararrayos (22) se encuentra en la posible comunicación de igualación con el elemento de fijación (4) al lado del extremo de la raíz del elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2).
22. Procedimiento según la reivindicación 20 o 21, en el que la posible comunicación de igualación implica proporcionar un medio de transmisión de rayos (24) para disminuir la resistencia de contacto entre el elemento de fijación (4) y el pararrayos (22), preferiblemente proporcionando una mayor superficie de contacto.
- 40 23. Procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 20 a 22, en el que la posible comunicación de igualación implica fibras de carbono, tales como un vellón de carbono, un tejido de fibra de carbono o una estera de fibra de carbono.
24. Un procedimiento para fabricar una pala de turbina eólica que comprende fijar un elemento carcasa de pala de turbina eólica (2) fabricado mediante el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22 a por lo menos otro elemento de carcasa de pala de turbina y opcionalmente otros elementos, tales como una larguero o un elemento separador, para formar una pala de turbina eólica, comprendiendo dicha fijación químicos, tales como adhesivo, o medios mecánicos, tales como elementos de fijación.
- 45 25. Un procedimiento para fabricar una pala de turbina eólica que comprende fijar una multiplicidad de elementos de carcasa de pala de turbina eólica (2) fabricados mediante el procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, de forma que los elementos de fijación (4) de al menos dos elementos de carcasa de pala de turbina eólica (2) estén alineados, preferiblemente mediante la alineación de medios de guía (20) correspondientes a cada uno de los elementos de carcasa de pala de turbina eólica.
- 50 26. Una pala de turbina eólica que comprende
- un elemento de carcasa de pala de turbina eólica, fabricado según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 23, con vástagos prefabricados (8, 10) conectados por una resina curada, y

- una pluralidad de elementos de fijación (4) insertados cerca de un extremo de raíz (6) de la pala de turbina eólica, estando por lo menos dos de dichos elementos de fijación (4) alineados sustancialmente en paralelo para facilitar la conexión a un buje de turbina eólica,
- 5 en el que los vástagos prefabricados adyacentes al elemento de fijación (4) se adaptan a la forma del elemento de fijación (4) de tal manera que una parte sustancial del elemento de fijación (4) está estrechamente rodeada por los vástagos prefabricados (8, 10).
27. Pala según la reivindicación 26, en el que la forma global general del elemento de fijación (4) es generalmente cónica con una parte más grande orientada lejos del extremo de la raíz de la pala de turbina eólica en el elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2).
- 10 28. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 27, en la que la forma general del elemento de fijación (4) es cóncava.
29. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 28, en la que la forma general del elemento de fijación (4) tiene generalmente forma de hongo.
- 15 30. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 29, en la que el elemento de fijación (4) comprende una sección con una sección transversal no circular ortogonal a la dirección longitudinal del elemento de fijación (4).
31. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 29, en la que el elemento de fijación (4) tiene una rugosidad de la superficie microscópica que comprende irregularidades en el intervalo de micrómetros a milímetros, preferiblemente en el intervalo de 10  $\mu\text{m}$  a 1 mm.
- 20 32. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 31, en la que el elemento de fijación (4) tiene una rugosidad de la superficie macroscópica, que comprende una pluralidad de rebajes y protuberancias en el intervalo de milímetros a centímetros, preferiblemente en el intervalo de 1 mm a 5 cm.
33. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 32, que comprende además un pararrayos (22) en la posible comunicación de igualación con el elemento de fijación (4).
- 25 34. Pala según la reivindicación 33, en la que el pararrayos (22) se encuentra en la posible comunicación de igualación con el elemento de fijación (4) al lado del extremo de la raíz del elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2).
- 35 35. Pala según la reivindicación 33 o 34, en la que la posible comunicación de igualación comprende un medio de transmisión de rayos (24) para disminuir la resistencia de contacto entre el elemento de fijación (4) y el pararrayos (22), preferiblemente al proporcionar una mayor superficie de contacto.
- 30 36. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 33 a 35, en la que la posible comunicación de igualación implica fibras de carbono, tales como un vellón de carbono, un tejido de fibra de carbono o de una estera de fibra de carbono.
- 35 37. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 35, en la que el elemento de fijación (4) comprende una superficie roscada para la conexión a un medio de guía (20) durante la fabricación del elemento de carcasa de pala de turbina eólica, siendo dicha parte de superficie roscada adecuada para su uso en la conexión de una pala de turbina eólica que comprende el elemento de carcasa de turbina eólica (2) al buje de turbina eólica.
38. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 37, que comprende además un material de superficie, tal como una capa de gel; y/o un pararrayos, tal como una malla metálica y/o un cable conductor de rayos; y/o una capa que comprende un material de fibra, como fibras de vidrio o fibras de carbono.
- 40 39. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 38, en la que al menos un vástago prefabricado que comprende material fibroso (10), que comprende preferiblemente fibras de carbono, se extiende hasta cerca del extremo de la raíz (6) del elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2).
- 45 40. Pala según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 39, en la que al menos un vástago prefabricado que comprende material fibroso (10), que comprende preferiblemente fibras de carbono, se coloca al lado del elemento de fijación (4) a lo largo de una parte longitudinal sustancial del elemento de fijación (4), y en la que preferiblemente el vástago prefabricado que comprende material fibroso está pultruido.
- 50 41. Pala según la reivindicación 40, en la que al menos dos elementos fibrosos pultruidos (10), que comprenden preferiblemente fibras de carbono, están colocados al lado del elemento de fijación (4) y a lo largo de una parte longitudinal sustancial del elemento de fijación (4), y en la que preferiblemente los elementos fibrosos pultruidos (10) están dispuestos alrededor del elemento de fijación (4) de modo que la disposición es sustancialmente simétrica con respecto a una o más propiedades físicas tales como por ejemplo, rigidez, módulo de elasticidad, alineación o resistencia a la rotura.

42. Una turbina eólica (1) que comprende
- una pala de turbina eólica según una cualquiera de las reivindicaciones 26 a 41, y/o
  - una pala de turbina eólica que comprende un elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2) fabricado mediante un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 22, y/o
- 5 - una pala de turbina eólica fabricada mediante un procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 24 o 25.
43. Uso de una turbina eólica según la reivindicación 42 para la producción de energía o el almacenamiento de energía.
- 10 44. Procedimiento de fabricación de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica según la reivindicación 1, implicando dicho procedimiento el uso de unos medios de guía (20) para alinear un elemento de fijación (4) en relación con al menos un elemento de fijación adicional (4) y/o para alinear el elemento de fijación (4) con respecto al molde rígido, durante el moldeo por transferencia de resina de un elemento de carcasa de pala de turbina eólica (2), comprendiendo dichos medios de guía (20)
- un elemento a modo de placa generalmente estanco al gas;
- 15 - un medio para obtener una conexión al menos temporal entre el elemento en forma de placa estanco al gas y al menos un elemento de fijación (4); y
- un medio para obtener una conexión al menos temporal entre el elemento en forma de placa generalmente estanco al gas y un molde exterior rígido (14);
- 20 en el que al menos una de dichas conexiones al menos temporales es estanca al gas, de manera que los medios de guía son adecuados para el moldeo por transferencia de resina asistido por vacío, estando preferiblemente ambas conexiones al menos temporales estancas al gas.
- 25 45. Procedimiento según la reivindicación 44, implicando dicho procedimiento el uso de un subconjunto para un elemento de carcasa de pala de turbina eólica que comprende una pluralidad de elementos de fijación (4) conectados a los medios de guía (20), en el que los elementos de fijación (4) están alineados, estando preferiblemente los elementos de fijación (4) alineados sustancialmente en paralelo.
46. Procedimiento según la reivindicación 45, comprendiendo dicho subconjunto además fibras tejidas alrededor de al menos dos de los elementos de fijación (4), siendo preferiblemente las fibras haces de fibras secas o impregnados, hilos u otros conjuntos de fibras.

Fig. 1

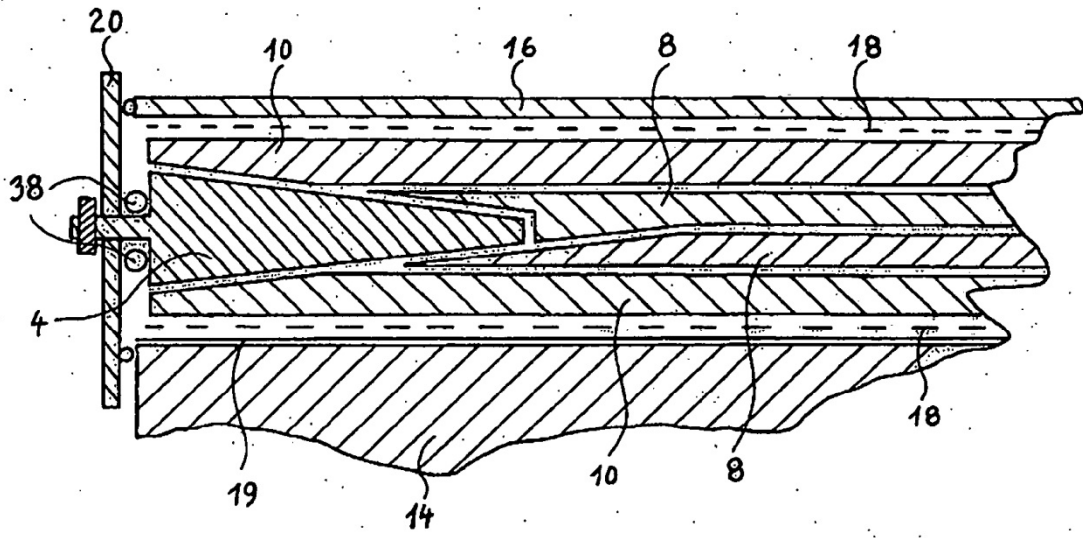


Fig. 2

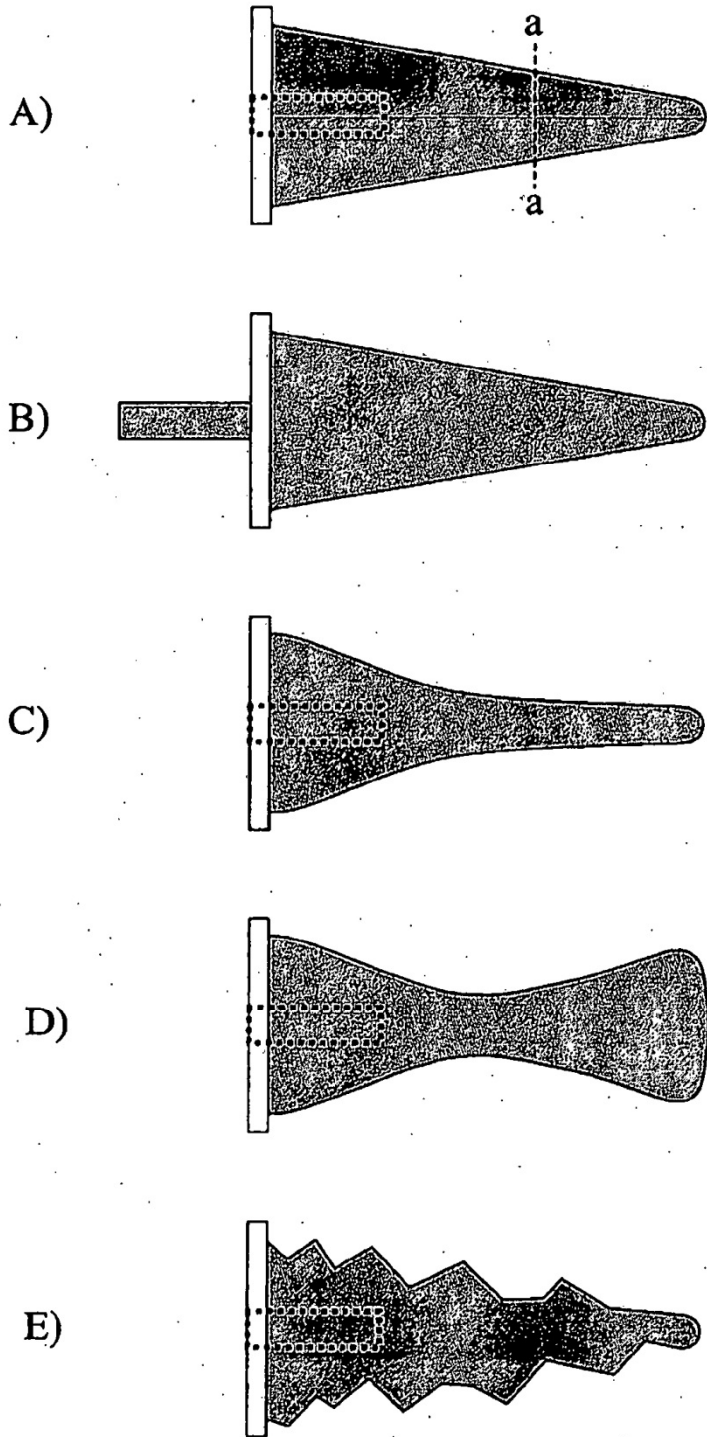


Fig. 3

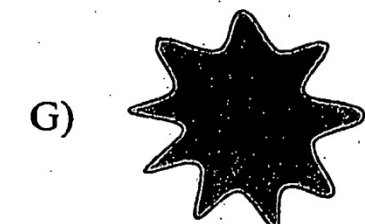
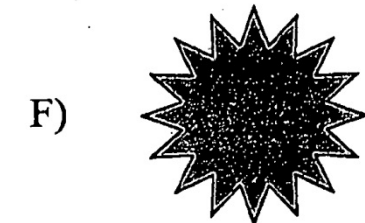
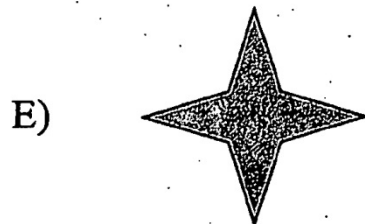
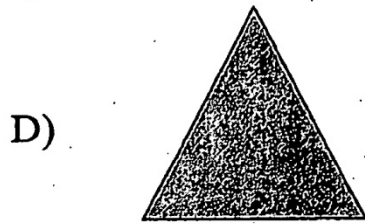
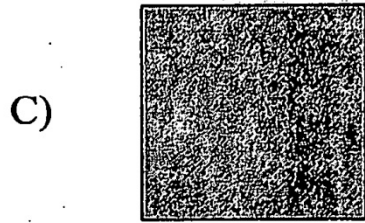
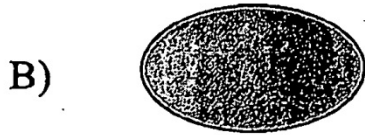
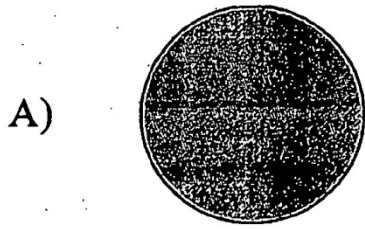




Fig. 4

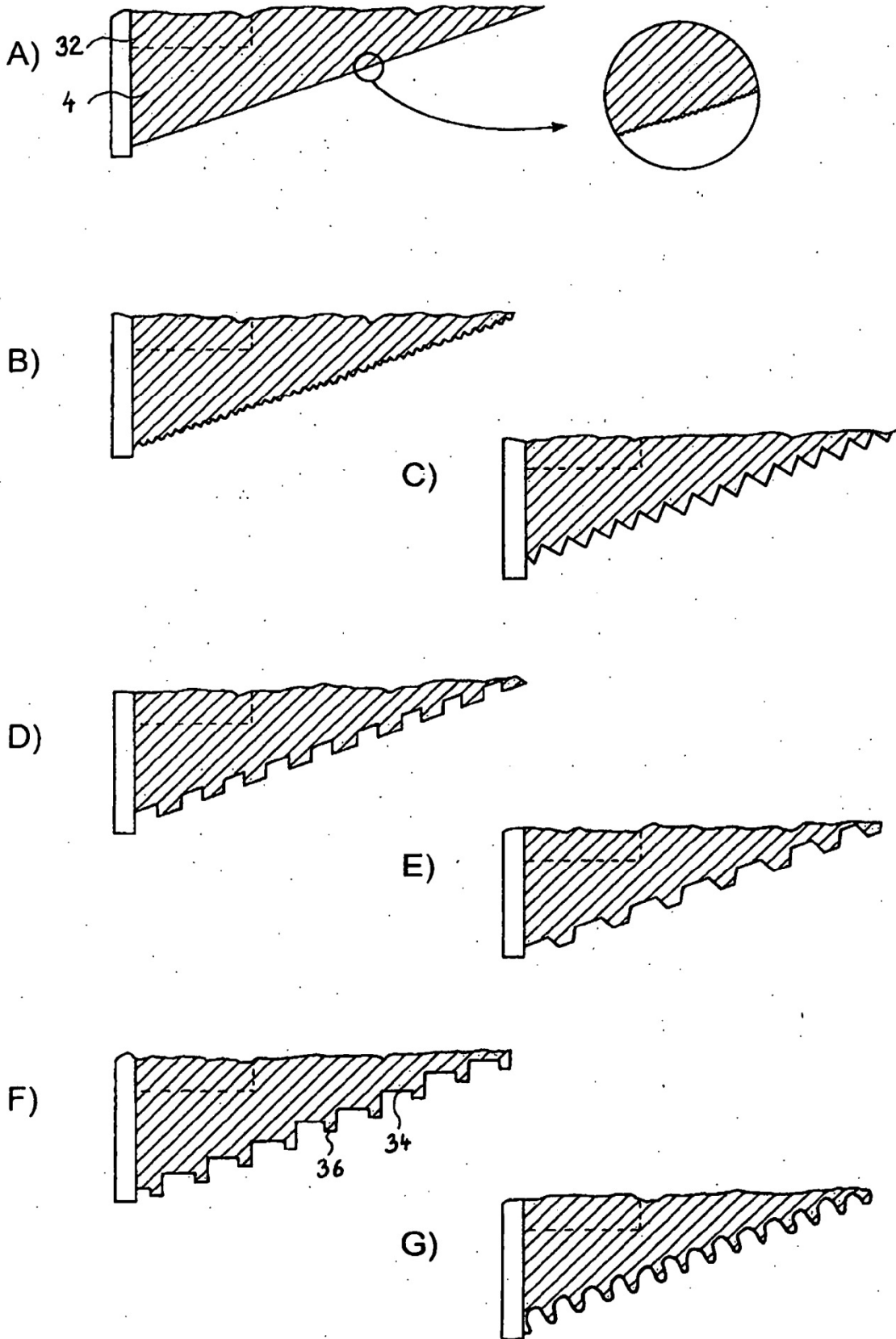


Fig. 5

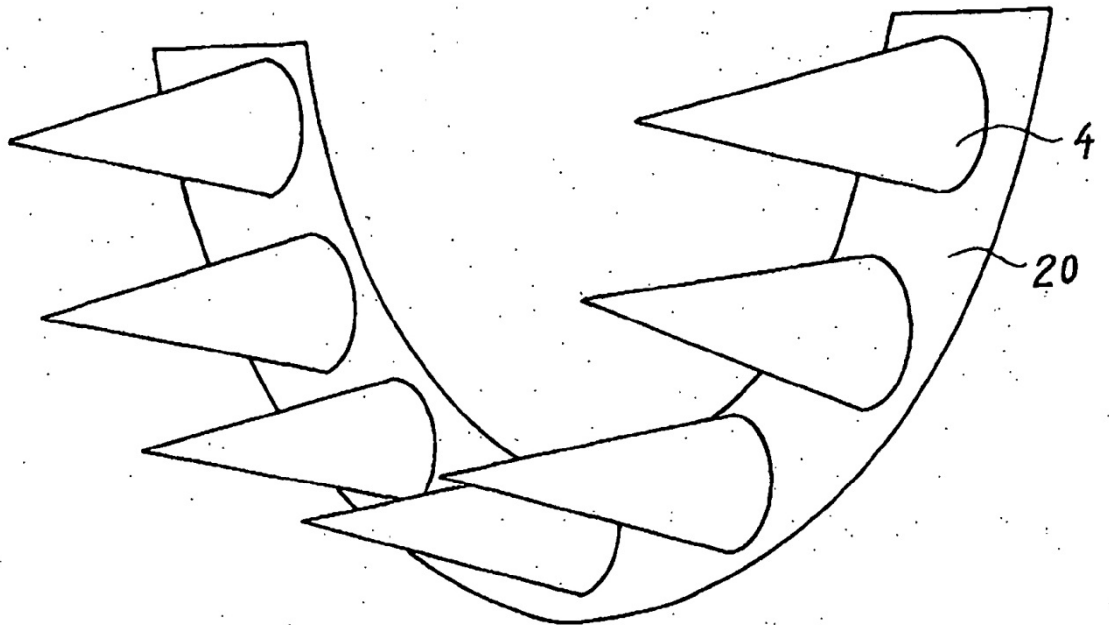


Fig. 6

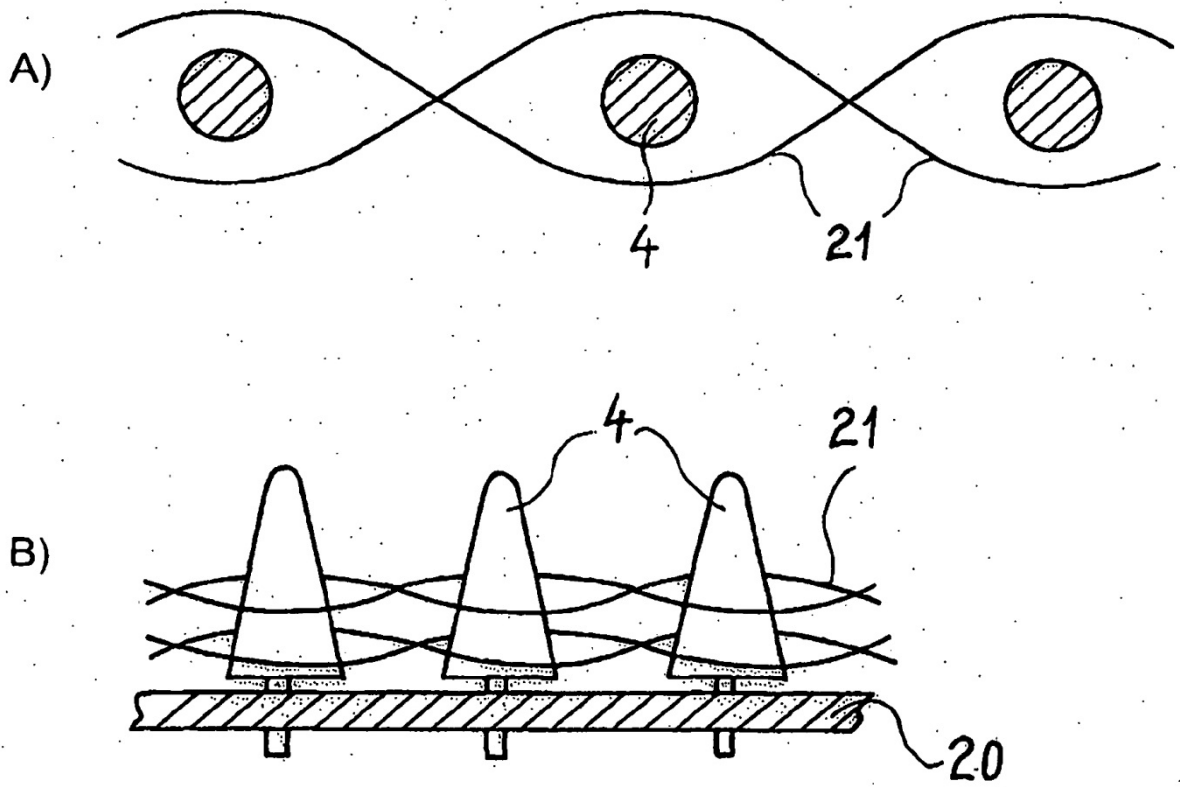


Fig. 7

