

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 542 869**

51 Int. Cl.:

F02D 1/06 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.01.2010 E 10701240 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.04.2015 EP 2391807**

54 Título: **Pala de turbina eólica dividida en secciones**

30 Prioridad:

27.01.2009 DK 200900131
27.01.2009 US 147580 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
12.08.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

HIBBARD, PAUL y
HANCOCK, MARK

74 Agente/Representante:

ARIAS SANZ, Juan

ES 2 542 869 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

Pala de turbina eólica dividida en secciones

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a una pala de turbina eólica que comprende una o más secciones de pala que están conectadas mediante una junta. Las dimensiones tanto del grosor como de la cuerda de la junta están aumentadas en el área de la junta con respecto al grosor y la cuerda en una parte que no es de junta de la sección de pala.

Antecedentes de la invención

Las turbinas eólicas modernas comprenden una pluralidad de palas de rotor de turbina eólica, normalmente tres palas, teniendo en la actualidad cada pala un peso de hasta 15 toneladas y una longitud de hasta 65 metros.

10 Para facilitar el transporte de este tipo de palas grandes, está previsto que las palas estén compuestas por una pluralidad de secciones de pala, que se ensamblan en el lugar en el que va a levantarse la turbina eólica. Las secciones de pala pueden conectarse en una zona de junta cuando se ensambla la pala. Sin embargo, tales juntas pueden hacer que la pala se debilite estructuralmente en el área de la junta y, por tanto, existe la necesidad de reforzar la pala en esta área.

15 En uso, la junta está sometida a una carga por flexión y centrífuga provocada por la rotación de la pala. Por consiguiente, la junta debe estar diseñada para hacer frente al esfuerzo cortante y al esfuerzo normal provocado por estos tipos de carga. Ambos tipos de esfuerzo en la junta dependen del grosor de la sección de pala, por tanto, el aumento del grosor reduce el esfuerzo por ejemplo debido a la flexión.

20 Sin embargo, desde un punto de vista aerodinámico, a menudo es preferible minimizar el grosor de la pala. Por consiguiente, el experto tiene que enfrentarse a dos principios contradictorios: el aumento del grosor mejora la resistencia, lo que sin embargo no es deseable desde un punto de vista aerodinámico, y la reducción del grosor es deseable desde un punto de vista aerodinámico, aunque esto reduce la resistencia de la junta.

25 Para abordar el reto a menudo se usan materiales de alta resistencia tales como fibra de vidrio y fibra de carbono para conseguir el perfil aerodinámico y la resistencia deseados. Tales materiales se fijan a menudo entre sí por medio de un adhesivo tal como un adhesivo de resina epoxídica de dos componentes.

30 En el caso de juntas unidas por pernos, unos pernos metálicos pueden asumir la carga. Sin embargo, el acero de alta resistencia puede asumir menos esfuerzo que la fibra de carbono, y considerando únicamente las cargas estáticas, los pernos tienen que tener aproximadamente 1,5 veces el área de sección transversal de la fibra de carbono para poder asumir la misma carga. Además, debido a la carga de fatiga, los pernos metálicos necesitarían un área de sección transversal incluso mayor. Esto, sin embargo, obliga al experto a aumentar el grosor de la pala lo que, como se indicó anteriormente, no es deseable.

El documento FR1187166 describe una pala de turbina eólica dividida en secciones con juntas que permiten la torsión de la pala a lo largo de su longitud. El documento DE943880 describe una pala formada a partir de piezas individuales conectadas entre sí.

35 Es un objetivo de una realización de la presente invención proporcionar una pala dividida en secciones que tenga una resistencia aumentada en el área de la junta.

Además, es un objetivo de una realización de la presente invención proporcionar una pala dividida en secciones que minimice cualquier reducción en el rendimiento aerodinámico en el área de la junta.

Descripción de la invención

40 En comparación con las palas convencionales, se ha encontrado que un ligero aumento de la anchura de la cuerda en el área de la junta en comparación con las partes adyacentes de la pala, mientras se mantiene sustancialmente la misma relación de la cuerda con respecto al grosor a lo largo de la longitud de la pala, reduce considerablemente el esfuerzo mientras que la aerodinámica de la pala se compromete de manera insignificante.

Por tanto, la presente invención se refiere a una pala de turbina eólica tal como se define en la reivindicación 1.

45 Al proporcionar tanto un grosor aumentado como una cuerda más ancha en el área de la junta se aumenta la resistencia de la pala en esta área puesto que el segundo momento de inercia en el área de la junta es mayor que el segundo momento de inercia en un área que no es de junta de la pala. Esto reduce el esfuerzo en la junta tanto durante la parada como durante el funcionamiento de la pala de turbina eólica.

50 Además, aumentando tanto la cuerda como el grosor, la pala puede diseñarse de modo que se mitigue cualquier cambio en las propiedades aerodinámicas en la región de la junta de modo que sea aceptable cualquier reducción en el rendimiento aerodinámico local.

- La relación del grosor con respecto a la cuerda (relación T/C) cambia a lo largo de la longitud de la pala; en la raíz de la pala la relación T/C puede ser de aproximadamente 1 y, en la punta de la pala, la relación T/C puede ser de aproximadamente 0,1. En la presente invención, la relación T/C en la junta es comparable a la relación T/C en las regiones de la pala adyacentes a la junta, o a la que sería la relación T/C si no existiera la junta. Sin embargo, también es posible que sí, por ejemplo, se duplique el grosor de la junta, la anchura de cuerda sólo se aumente en un 50%; en este ejemplo no se mantiene el perfil aerodinámico, sino que se minimiza el aumento en la relación grosor/cuerda.
- En el contexto de la presente invención, el término “cuerda” designará la distancia desde el borde de ataque hasta el borde de salida de la pala en cualquier posición dada a lo largo de la longitud de la pala.
- Adicionalmente, en el contexto de la presente invención, el término “grosor” designará la distancia entre el lado de barlovento y el lado de sotavento de la pala. Normalmente, el grosor será la parte más gruesa de la sección transversal.
- Además, en el contexto de esta invención, el “extremo proximal” de la pala de turbina eólica designará el extremo de buje y el “extremo distal” de la pala de turbina eólica designará la punta.
- Adicionalmente, en el contexto de la presente invención, el término “longitud” de la pala designará la dirección desde el buje hasta la punta. En esta invención puede decirse que las dimensiones en esta dirección son más cortas o más largas.
- Además, el término “anchura” designará la dirección desde el borde de ataque hasta el borde de salida, es decir la dirección de cuerda de la pala. En esta invención puede decirse que las dimensiones en esta dirección son más anchas o más estrechas.
- Adicionalmente, el término “grosor” de la pala designará la dirección que se extiende entre el lado de barlovento y el lado de sotavento de la pala, es decir una dirección transversal a la cuerda. En esta invención puede decirse que las dimensiones en esta dirección son más gruesas o más delgadas.
- La pala de turbina eólica comprende una pluralidad de secciones de pala, tal como dos, tres, cuatro, cinco, seis o cualquier otro número. Cada una de las secciones de pala define al menos una zona de junta para la unión de la sección de pala a otra sección de pala. Generalmente, las secciones de pala pueden dividirse en tres categorías, definiendo cada una de ellas al menos una zona que no es de junta y al menos una zona de junta:
- La primera categoría comprende la sección de pala de punta que define la punta de la pala. La sección de pala de punta define, según se observa desde la punta de la pala y hacia el buje: una punta, una zona que no es de junta y una zona de junta.
- La segunda categoría comprende la sección de pala de buje que define el extremo de buje de la pala. La sección de pala de buje define, según se observa desde la punta de la pala y hacia el buje: una zona de junta, una zona que no es de junta y un extremo de buje.
- La tercera categoría comprende la(s) sección/secciones de pala intermedia(s) que, con la pala ensamblada, está(n) situada(s) entre la sección de pala de buje y la sección de pala de punta. Cada sección intermedia define, según se observa desde la punta de la pala y hacia el buje: una zona de junta distal, una zona que no es de junta y una zona de junta proximal.
- Se apreciará que cualquier pala que comprenda la estructura de la presente invención comprende una sección de pala de buje, una sección de pala de punta y entre cero y una pluralidad de secciones de pala intermedias.
- Se apreciará que cuanto mayor sea el número de secciones de pala, más sencillo será transportar la pala antes del ensamblaje.
- Además, las secciones de pala se conectan por pares de modo que las zonas de junta de cada par se conectan en una junta. Las zonas de junta pueden conectarse de manera permanente o no permanente. Ejemplos de conexiones permanentes son soldadura y adhesivo, y ejemplos de conexiones no permanentes son pernos y tuercas. Cuando las secciones de pala se conectan entre sí, la junta queda definida entre las dos zonas de junta. Además, la junta y las dos zonas de junta quedan definidas entre las dos zonas que no son de junta.
- Cada una de las secciones de pala puede reforzarse por medio de una sección de larguero que se extiende dentro de la sección de pala en su dirección longitudinal. Cada uno de los largueros puede definir dos almas opuestas que se interconectan por medio de dos cordones opuestos. Los cordones se extienden en una dirección paralela a la cuerda y las almas se extienden en una dirección paralela al grosor de la pala.
- Cada sección de larguero puede definir al menos un extremo de fijación que está adaptado para conectarse/fijarse/unirse a un extremo de fijación correspondiente de otra sección de larguero, para conectar dos secciones de pala entre sí. Cuando se ensambla la pala, los extremos de fijación de las secciones de larguero pueden conectarse por pares de modo que los extremos de fijación de cada par definen al menos una parte de la

5 junta.

En una realización, al menos una sección de larguero tiene un grosor aumentado (es decir, la dimensión de las almas del larguero) y/o una anchura aumentada (es decir, la dimensión de los cordones del larguero) en el área del extremo de fijación con respecto al grosor y la anchura de una parte de extremo que no es de fijación de la sección de larguero. Al aumentar la anchura y/o el grosor se aumenta el segundo momento de inercia y por tanto puede reducirse el esfuerzo en el área del extremo de fijación.

10 Esto es especialmente útil cuando se usan pernos para fijar los dos extremos de fijación entre sí, puesto que incluso el acero de alta resistencia tiene una resistencia de material inferior con respecto a un producto laminado de fibra de carbono. Mientras que el producto laminado de fibra de carbono tiene una resistencia de material de 1750 MPa, el acero de alta resistencia tiene una resistencia de material de 1200 MPa. Por consiguiente, el aumento de las dimensiones de los extremos de fijación hace que el uso de pernos metálicos sea más factible.

15 La forma geométrica de una sección transversal de la pala de turbina eólica y/o la sección de larguero en el área de al menos una de las juntas es sustancialmente idéntica a la forma geométrica de una sección transversal en cualquier otro punto a lo largo de la longitud de la pala de turbina eólica y/o la sección de larguero. Por sustancialmente idéntica se hace referencia a que el contorno de cualquiera de las dos secciones transversales puede ajustarse a escala para coincidir con el contorno de la otra de las dos secciones transversales.

20 La anchura de la cuerda puede ser un 5 por ciento mayor en al menos una sección transversal de la zona de junta con respecto a la anchura de la cuerda en una transición entre la zona de junta y una de las zonas que no son de junta. En otras realizaciones, la anchura de la cuerda en la zona de junta es entre un 10 por ciento mayor y un 20 por ciento mayor que la anchura de la cuerda en una transición entre la zona de junta y una de las zonas que no son de junta.

El grosor puede ser un 5 por ciento mayor en al menos una sección transversal de la zona de junta con respecto al grosor en una transición entre la zona de junta y una de las zonas que no son de junta. En otras realizaciones, el grosor puede ser entre un 10 y un 20 por ciento mayor.

25 En un segundo aspecto, la presente invención se refiere a una turbina eólica que tiene un rotor que comprende al menos dos palas de turbina eólica según el primer aspecto de la invención. Se apreciará que las palas de la turbina eólica pueden comprender cualquier combinación de características y elementos del primer aspecto de la invención.

Descripción de las figuras

A continuación se describirán ejemplos de la invención con referencia a las figuras, en las que:

30 las figuras 1 y 2 dan a conocer una pala con dos y tres secciones de pala, respectivamente,

la figura 3 da a conocer una sección transversal de la pala de turbina eólica en el área de una junta y en el área de una zona que no es de junta,

las figuras 4 y 5 dan a conocer secciones de larguero de una pala,

las figuras 6 y 7 dan a conocer secciones de larguero con grosor aumentado en el área de la junta, y

35 las figuras 8-10 dan a conocer formas alternativas de fijar las secciones de pala entre sí.

40 Las figuras 1 y 2 dan a conocer, cada una, una pala de turbina eólica 100 que comprende una pluralidad de secciones de pala 102, 104, 106. En la realización de la figura 2, la pala de turbina eólica 100 comprende una sección de pala de buje 102, una sección de pala intermedia 104 y una sección de pala de punta 106. En la realización de la figura 1, la pala de turbina eólica 100 comprende una sección de pala de buje 102 y una sección de pala de punta 106. La sección de pala de buje 102 define un extremo de buje 108 y la sección de pala de punta 106 define una punta 110. El extremo de buje 108 está adaptado para unirse/fijarse/sujetarse al buje de una turbina eólica (no mostrado).

45 En el contexto de esta invención, el "extremo proximal 112" de la pala de turbina eólica 100 designa el extremo de buje 108 y el "extremo distal 114" de la pala de turbina eólica 100 designará la punta 110. De manera similar, el término "dirección proximal" designa una dirección hacia el extremo proximal 112 (y, por tanto, también el extremo de buje 108). Adicionalmente, el término "dirección distal" designa una dirección hacia el extremo distal 114 (y por tanto también la punta 110).

50 Cada una de las secciones de pala 102, 104, 106 define una cuerda 116 que se extiende desde un borde de ataque 118 hasta un borde de salida 120 de la pala, véase la figura 3 que da a conocer una sección transversal de una de las secciones de pala en un plano que define un ángulo recto con una línea que se extiende desde el extremo de buje 108 hasta la punta 110. Además, cada una de las secciones de pala 102, 104, 106 define un grosor 122 que se extiende en una dirección 124 transversal a la cuerda 116, por ejemplo de modo que la dirección 124 y la cuerda 116 definen un ángulo recto. En algunas realizaciones, el grosor 122 puede ser la parte más gruesa de la sección

transversal.

5 Cada una de las secciones de pala 102, 104, 106 definen una zona que no es de junta 126 y, en uno o cada uno de sus extremos, una zona de junta 128, véase la figura 7. En la realización de la figura 2, la sección de pala de buje 102 comprende una zona que no es de junta 126, una zona de junta 128 y un extremo de buje 108. Además, la sección de pala intermedia 104 comprende dos zonas de junta 128 y una zona que no es de junta 126 interpuesta entre las mismas. Finalmente, la sección de pala de punta 106 comprende una zona que no es de junta 126, una zona de junta 128 y una punta 110.

10 Las secciones de pala 102, 104, 106 se conectan por pares 130 de modo que la zona de junta 128 de cada par 130 se conectan en una junta 132. Por consiguiente, se apreciará que cada junta 132 queda definida entre dos zonas de junta 128.

15 Cada junta 132 tiene un grosor aumentado 122 y una cuerda más ancha 116 con respecto a una sección transversal predeterminada en cada una de las dos zonas que no son de junta 126 entre las cuales se interpone la respectiva junta 132. Se apreciará que al proporcionar una cuerda más ancha 116 y un grosor aumentado 122 se aumenta el segundo momento de inercia de la junta 132 en comparación con el segundo momento de inercia en la sección transversal predeterminada. En una realización, la posición predeterminada de cada una de las dos zonas que no son de junta 126 es la posición en la que la respectiva zona que no es de junta 126 tiene su cuerda más corta 116 y/o su grosor más pequeño 122.

20 La figura 3 da a conocer dos formas geométricas 134, 136: una forma geométrica de junta 134 y una forma geométrica que no es de junta 136. La forma geométrica de junta 134 corresponde a la forma geométrica de una sección transversal de la pala en el área de al menos una de las juntas 132 de una pala de turbina eólica 100. La forma geométrica que no es de junta 136 corresponde a la forma geométrica de una sección transversal en el área de al menos una de las zonas que no son de junta 126 adyacentes a la junta. Las relaciones grosor-cuerda de la forma geométrica 134 y la forma geométrica que no es de junta 136 son sustancialmente iguales, y el contorno de las dos secciones transversales tiene sustancialmente la misma forma geométrica, es decir que una de las geometrías puede ajustarse a escala de modo que coincida con la otra de las geometrías.

25 Se apreciará que al proporcionar sustancialmente la misma forma geométrica, la característica aerodinámica de la pala es sustancialmente idéntica en la región de la junta en comparación con una región adyacente a la junta. La fuerza de sustentación generada será mayor para la sección de la pala con la mayor cuerda; pero al mantener la relación del grosor con respecto a la cuerda en el área de la junta sustancialmente igual se mantendrá un coeficiente de sustentación CL similar.

30 La figura 4 da a conocer dos secciones de pala 102, 106, cuyas superficies externas se indican por medio de una línea discontinua. Las secciones de pala 102, 106 comprenden, cada una, una sección de larguero 138 para reforzar la pala. La sección de larguero 138 comprende dos cordones opuestos 140 que se interconectan por medio de dos almas opuestas 142.

35 Debido al grosor aumentado 122 y a la cuerda más ancha 116 en el área de la junta 132 pueden aumentarse las dimensiones de los cordones 140 y las almas 142 de manera similar. Por consiguiente, los cordones 140 pueden ser más anchos (es decir, tienen una dimensión aumentada en la dirección de la cuerda 116) y las almas 142 pueden ser más gruesas (es decir, tienen una dimensión aumentada en la dirección del grosor 122).

40 La figura 4 da a conocer secciones de pala 102, 106 en las que las secciones de larguero 138 no tienen una dimensión uniforme a lo largo de la longitud de la pala. En el caso de la sección de pala de buje 102, la sección de larguero 138 es más estrecha y más delgada en la zona que no es de junta 128 que en el extremo de buje 108 y la junta 130.

45 En otras realizaciones, sólo una de las secciones de larguero 138 y las almas 142 tienen una dimensión aumentada en el área de la junta 132. Esto se ilustra en la figura 5, en la que se ilustra una sección transversal 144 de la sección de larguero 138 en la zona que no es de junta 126 por medio de una línea discontinua 144. A partir de la figura 5 se apreciará que la anchura de la sección de larguero 138 es idéntica a lo largo de la longitud de la sección de larguero 138, mientras que el grosor de la sección de larguero 138 aumenta hacia la junta 132.

50 Las secciones de pala pueden fijarse entre sí de una pluralidad de maneras diferentes. En las figuras 5-6 se ilustra una manera en la que se proporcionan conductos 146 para alojar pernos 148. La figura 7 da a conocer una sección transversal de una junta 132 en la dirección longitudinal de la pala y en una dirección transversal a la cuerda 116. En la figura, dos flechas indican la dirección proximal 156 y una dirección distal 158, respectivamente. La figura da a conocer dos zonas de junta 128', 128'' que están conectadas mediante una junta 132 (indicada mediante la línea discontinua). Las dos zonas de junta se sitúan entre dos zonas que no son de junta 126', 126'', estando situada una primera 126' de ellas en la dirección proximal 156 con respecto a la junta 132 y estando situada una segunda 126'' de ellas en la dirección distal 158 con respecto a la junta 132.

55 Una primera de las dos zonas de junta 128' define una zona proximal 160 y una segunda de las dos zonas de junta 128'' define una zona distal 162.

Como la sección transversal ilustrada en la figura 7 es transversal a la dirección longitudinal y a la cuerda de la pala, la figura muestra el grosor 122 de la pala en el área de las zonas que no son de junta y las zonas de junta. En la figura pueden observarse las siguientes características:

- el grosor 122 de la zona proximal 160 disminuye en la dirección proximal 156, es decir en la dirección del buje 108,
- 5 - el grosor 122 de la zona distal 162 aumenta en la dirección proximal 156, y
- el grosor 122 de las zonas que no son de junta 126', 126" aumenta en la dirección proximal 156.

Alternativamente, o de manera complementaria, la pala puede tener las siguientes características con respecto a la cuerda 116:

- la cuerda 116 de la zona proximal 160 disminuye en la dirección proximal 156, es decir en la dirección del buje 108,
- 10 - la cuerda 116 de la zona distal 162 aumenta en la dirección proximal 156, y
- la cuerda 116 de las zonas que no son de junta 126', 126" aumenta en la dirección proximal 156.

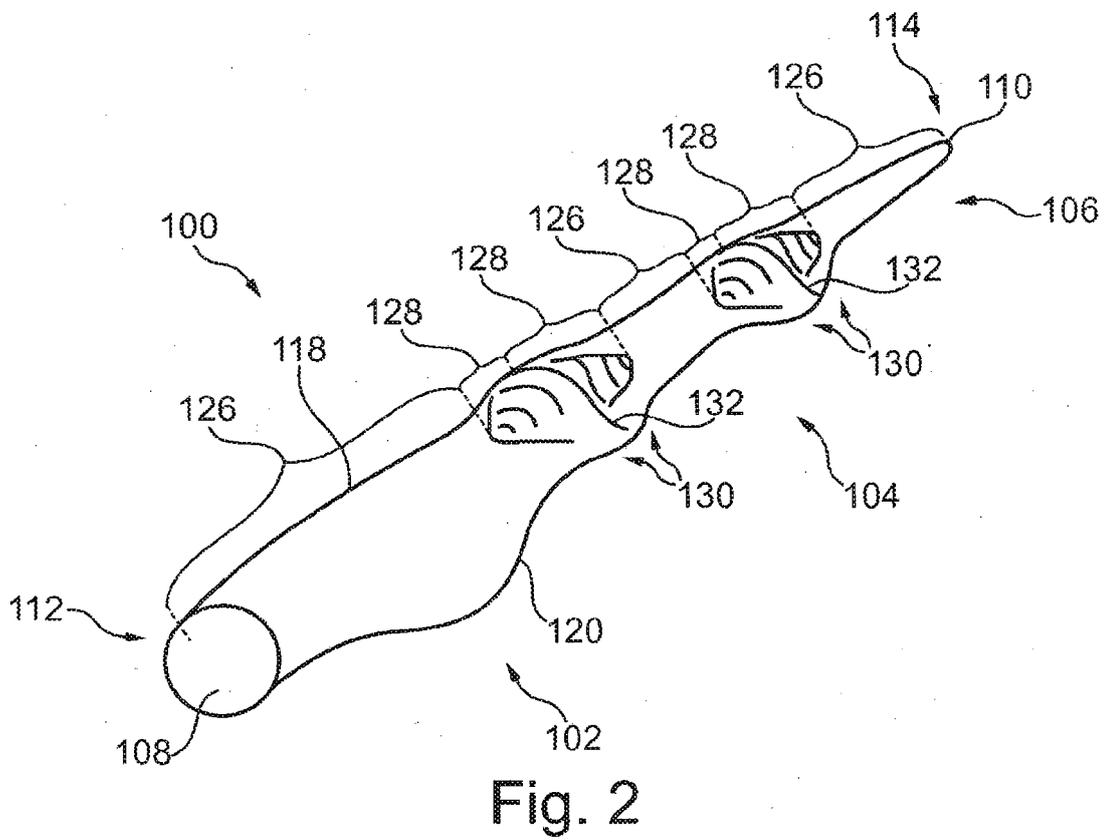
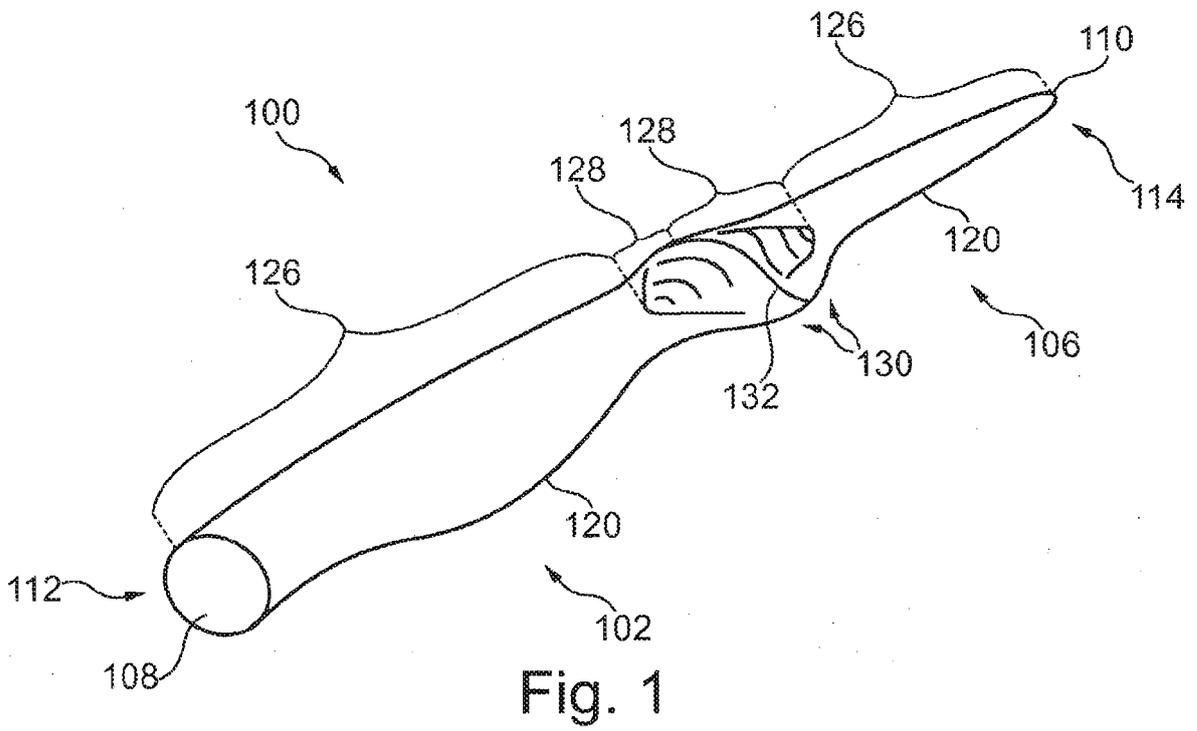
Las figuras 8-10 dan a conocer formas alternativas de fijar las secciones de pala entre sí. En la figura 8, una de las secciones de pala define orificios roscados internamente 164 adaptados para alojar las superficies externas roscadas de los pernos 148. Cuando las dos secciones de pala 102, 104 hacen tope entre sí y los pernos 148 se enroscan en los orificios roscados internamente 164 de la sección de pala 104, las secciones de pala 102, 104 se fijan entre sí. Posteriormente, puede proporcionarse una cubierta (no mostrada) sobre la abertura 149 para proporcionar una superficie externa lisa de toda la pala.

Finalmente, las figuras 9 y 10 dan a conocer un elemento de conexión roscado 172 que tiene una parte roscada hacia la derecha 174 y una parte roscada hacia la izquierda 176 que están adaptadas para enroscarse en el orificios roscado internamente 164 (con roscas coincidentes). Debido a las superficies roscadas de manera opuesta, la rotación del elemento 172 en un sentido hace que se enrosque en ambos orificios 164 y la rotación en el sentido opuesto hace que se desenrosque saliendo de los orificios 164. El elemento 172 comprende un elemento de forma hexagonal 178, adaptado para su acoplamiento con una llave inglesa convencional para permitir la rotación del elemento 172 mediante la misma.

25

REIVINDICACIONES

1. Pala de turbina eólica (100) que define una cuerda (116) que se extiende desde un borde de ataque (118) hasta un borde de salida (120) de la pala de turbina eólica (100) y un grosor (122) que se extiende en una dirección (124) transversal a la cuerda (116), comprendiendo la pala de turbina eólica (100) dos o más secciones de pala (102, 104, 106) cada una de las cuales define una zona que no es de junta (126) y, en uno o cada uno de sus extremos, una zona de junta (128);
- 5 en la que las secciones de pala (102, 104, 106) se conectan por pares (130) de modo que las zonas de junta (128) de cada par (130) se conectan en una junta (132), por lo que la junta (132) se sitúa entre dos zonas que no son de junta (126);
- 10 en la que al menos una de las juntas (132) tiene un grosor aumentado (122) y una cuerda más ancha (116) con respecto al grosor (122) y la cuerda (116) de las dos zonas que no son de junta (126) entre las que se sitúa la junta (132) para aumentar el segundo momento de inercia en el área de la junta (132); caracterizada por que:
- 15 la forma geométrica de una sección transversal (134) de la pala de turbina eólica (100) en el área de al menos una de las juntas (132) es sustancialmente igual que la forma geométrica de una sección transversal (136) de la pala de turbina eólica en una zona que no es de junta adyacente a la junta, de modo que el contorno de cualquiera de las dos secciones transversales (134, 136) puede ajustarse a escala para coincidir con el contorno de la otra de las dos secciones transversales (136, 134); y por que:
- 20 una primera de las dos zonas de junta (128) de cada junta (132) define una zona distal (162) y una segunda de las dos zonas de junta (128) de cada junta (132) define una zona proximal (160) con respecto a un buje (108) de la pala de turbina eólica (100), y en la que:
- la anchura de la cuerda (116) en el área de la zona distal (162) aumenta en la dirección del buje (108) de la pala de turbina eólica (100);
- 25 - la anchura de la cuerda (116) en el área de las zonas que no son de junta (126) aumenta en la dirección del buje (108) de la pala de turbina eólica (100); y
- la anchura de la cuerda (116) en el área de la zona proximal (160) disminuye en la dirección del buje (108) de la pala de turbina eólica (100).
2. Pala de turbina eólica según la reivindicación 1, en la que cada una de las secciones de pala (102, 104, 106) define una sección de larguero (138) con al menos un extremo de fijación, y en la que los extremos de fijación de las secciones de larguero (138) se conectan por pares (130) de modo que los extremos de fijación de cada par (130) definen al menos una parte de la junta (132).
- 30 3. Pala de turbina eólica según la reivindicación 2, en la que al menos una sección de larguero (138) tiene un grosor aumentado y/o una anchura aumentada en el área del extremo de fijación con respecto al grosor y la anchura de una parte de extremo que no es de fijación de la sección de larguero (138).
- 35 4. Pala de turbina eólica según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en la que la relación del grosor (122) con respecto a la cuerda (116) (relación T/C) de la junta (132) es sustancialmente igual que la relación del grosor con respecto a la cuerda de las dos zonas que no son de junta (126) entre las que se sitúa la junta.
- 40 5. Pala de turbina eólica según la reivindicación 1, en la que la anchura de la cuerda (116) es un 20 por ciento mayor en al menos una sección transversal de la zona de junta (128) con respecto a la anchura de la cuerda (116) en una transición entre la zona de junta (128) y una de las zonas que no son de junta (126).
6. Pala de turbina eólica según la reivindicación 1, en la que el grosor (122) es un 20 por ciento mayor en al menos una sección transversal de la zona de junta (128) con respecto al grosor (122) en una transición entre la zona de junta (128) y una de las zonas que no son de junta (126).
- 45 7. Turbina eólica que tiene un rotor que comprende al menos dos palas de turbina eólica (100) según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.



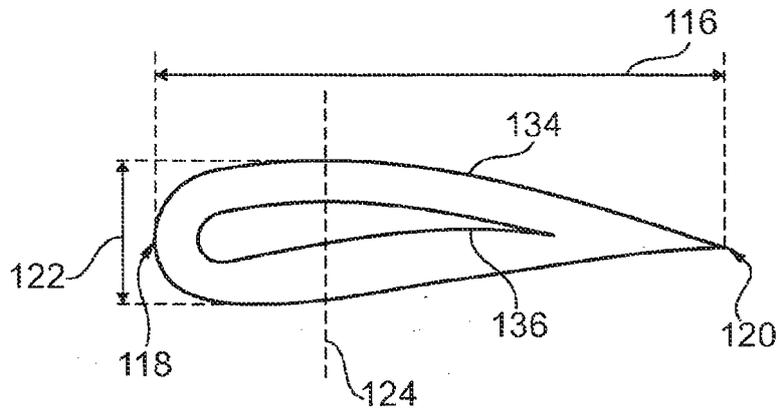


Fig. 3

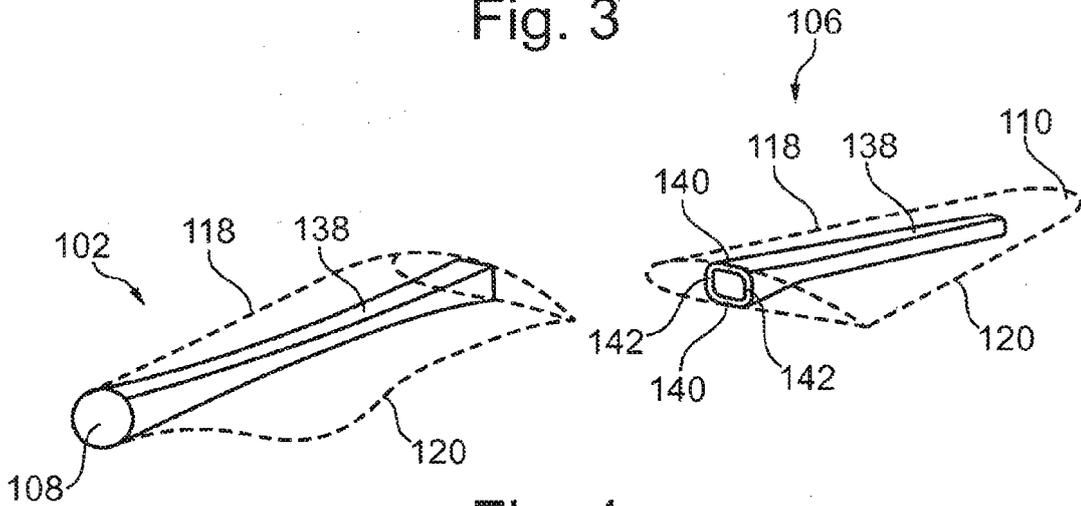


Fig. 4

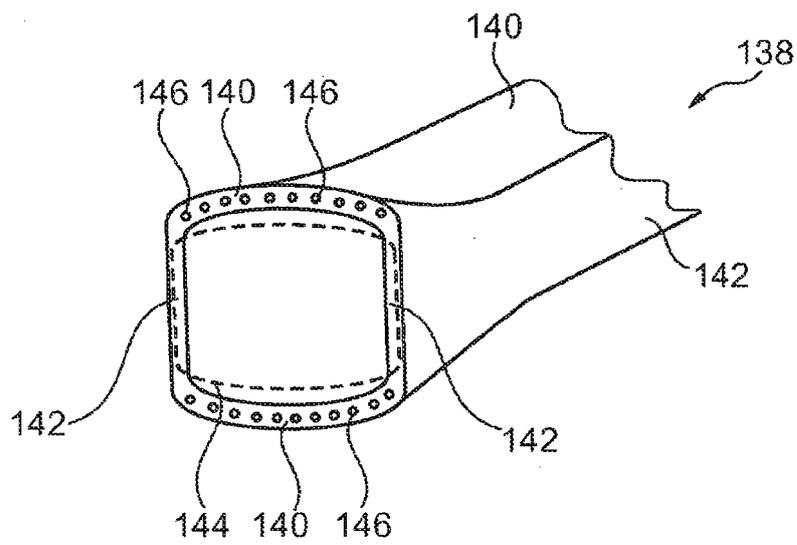


Fig. 5

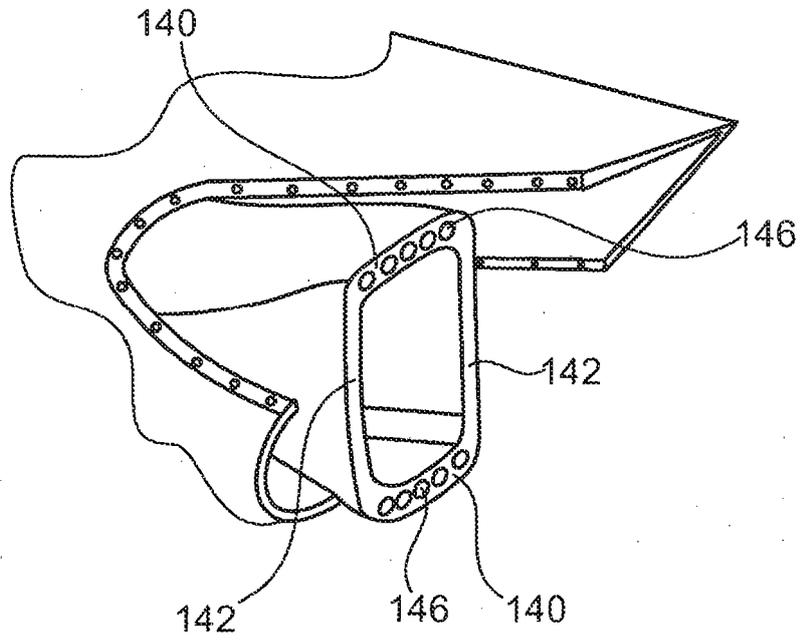


Fig. 6

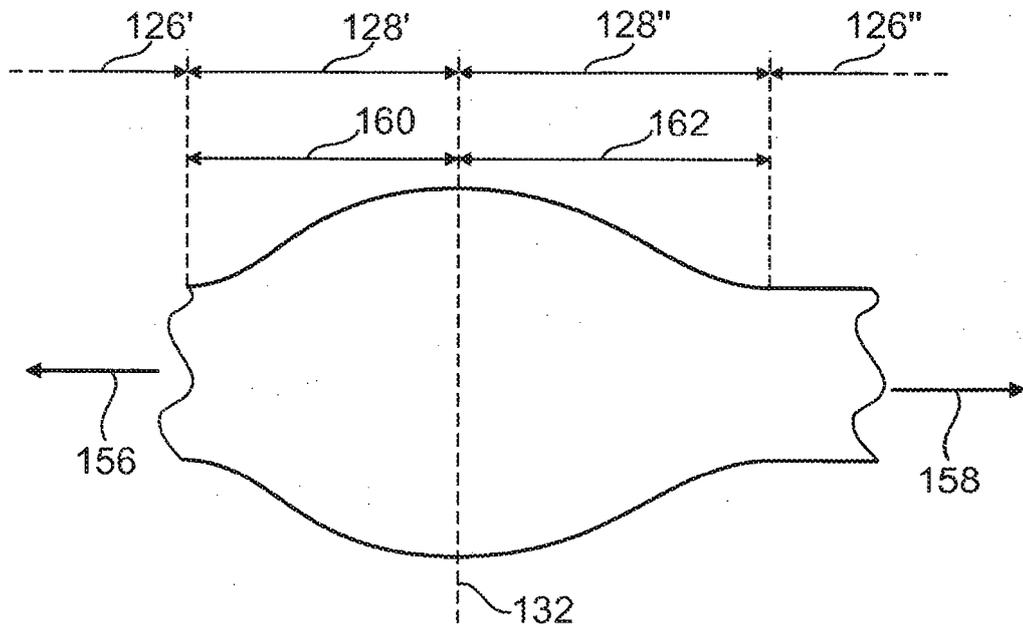


Fig. 7

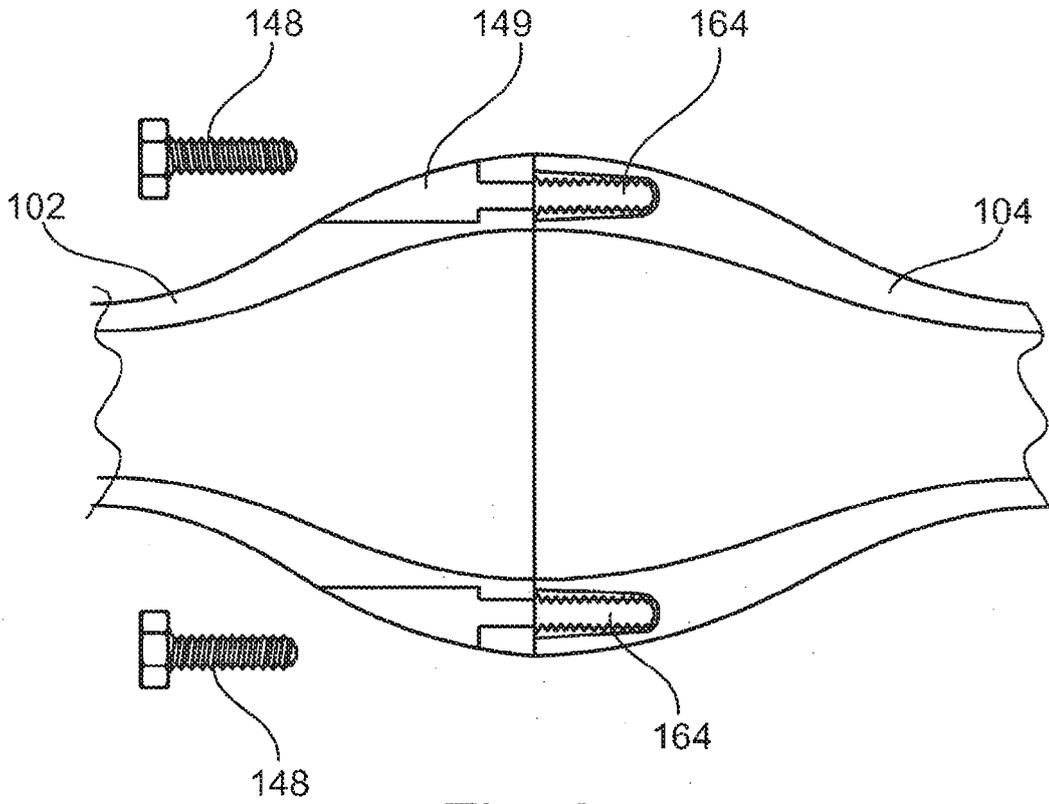


Fig. 8

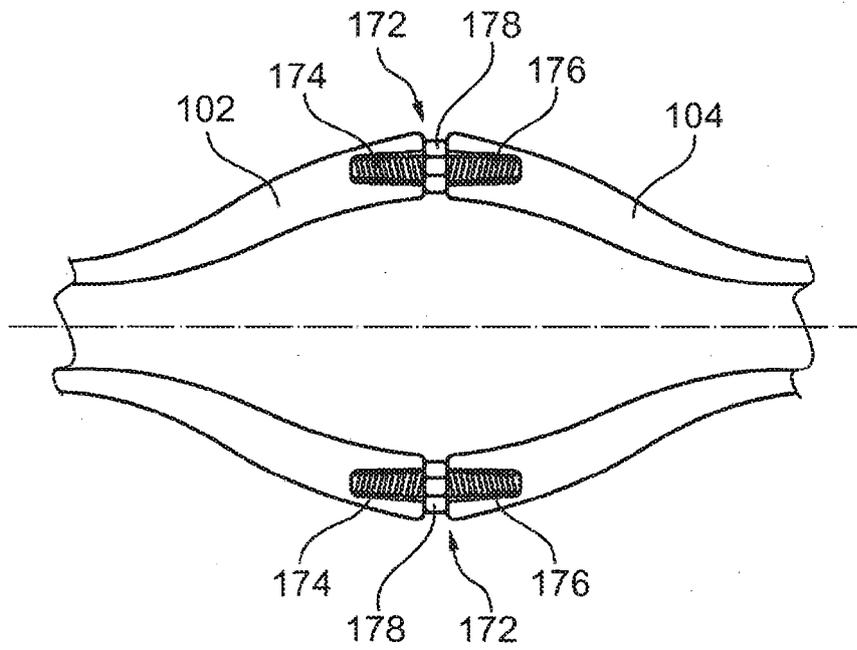


Fig. 9

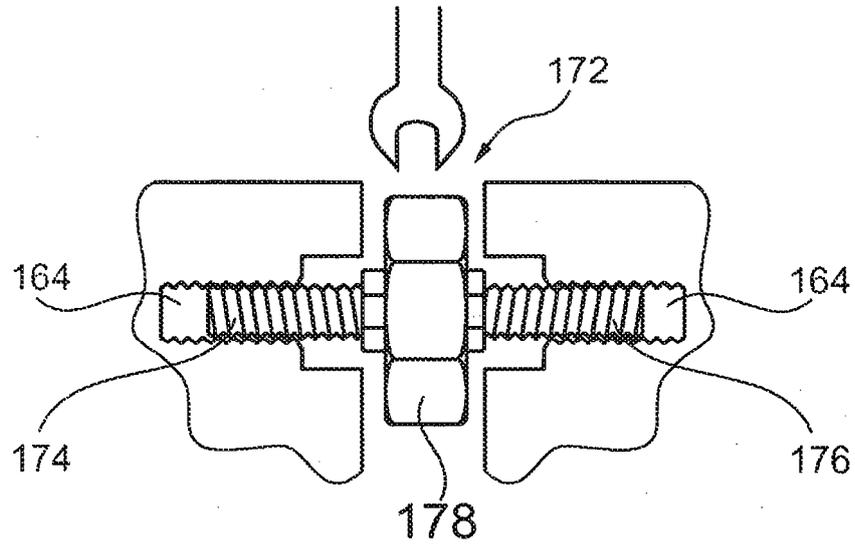


Fig. 10