

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 713 496**

51 Int. Cl.:

**F03D 80/70** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **24.06.2013 PCT/EP2013/063101**

87 Fecha y número de publicación internacional: **27.12.2013 WO13190140**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **24.06.2013 E 13731323 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **28.11.2018 EP 2888473**

54 Título: **Un sistema y método para proporcionar un alineamiento exacto al montar una pala de turbina eólica**

30 Prioridad:  
**22.06.2012 EP 12173100**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**22.05.2019**

73 Titular/es:  
**LM WIND POWER INTERNATIONAL  
TECHNOLOGY II APS (100.0%)  
Jupitervej 6  
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:  
**MØLLER, THOMAS**

74 Agente/Representante:  
**CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel**

ES 2 713 496 T3

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

## DESCRIPCIÓN

Un sistema y método para proporcionar un alineamiento exacto al montar una pala de turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un sistema y método asociado para el montaje de una pala de turbina eólica en un cubo de turbina eólica para proporcionar una mejor alineación del extremo de raíz y mejorar el manejo de la ovalización de la raíz de la pala.

Antecedentes de la invención

10 Las turbinas eólicas se han convertido en una fuente preferida de energía renovable en el mundo desarrollado, lo que se traduce en un esfuerzo continuo para mejorar el rendimiento y la eficiencia de las turbinas. Esto ha llevado al desarrollo y producción de diseños de turbinas eólicas físicamente más grandes.

Debido al aumento continuo en el tamaño de los componentes, las turbinas eólicas modernas pueden experimentar problemas mecánicos que anteriormente no eran un problema con diseños de dimensiones más pequeñas. Uno de estos problemas es el de la ovalización de la raíz de la pala.

15 Una raíz de pala de turbina eólica en general comprende una pluralidad de elementos de conexión que se proyectan desde el extremo de la raíz circular, por ejemplo, bujes de la raíz de la pala, pernos de sujeción, bridas, etc., para la conexión de la pala de la turbina eólica a un cubo de turbina eólica, extensor del cubo de la turbina eólica y/o sistema de paso. Como los pernos de sujeción normalmente se usan para soportar las considerables fuerzas involucradas en el montaje de una pala de turbina eólica, es esencial que dichos pernos de retención estén conectados entre los componentes de la turbina eólica con un alto grado de precisión. Cualquier desalineación entre los pernos de sujeción y/o las aberturas para recibir dichos pernos de retención puede resultar en pernos de retención provistos en los bujes de raíz de la pala para tocar o rozar contra el lado del buje de la raíz, la brida de raíz y/o el rodamiento de paso. Este contacto directo puede tener un efecto grave en la resistencia dinámica del perno de sujeción, y debe evitarse para evitar un fallo prematuro de las conexiones del perno de retención.

25 Además, un problema conocido en la fabricación de turbinas eólicas es la ovalización de la raíz de la pala después del moldeo de la pala, en el que las fuerzas naturales presentes en una sección de la raíz de la pala actúan para forzar la raíz de la pala nominalmente circular hacia una forma ovalada. Tal ovalización complica considerablemente el acto de alineación precisa de los componentes de la raíz de la pala durante las operaciones de montaje o acoplamiento.

30 Los métodos de construcción actuales pueden implicar el uso de un mecanismo de elevación para levantar secciones de la raíz de la pala de la turbina eólica para que adopte una forma circular, para ayudar con el montaje de la brida de la raíz de la pala, y/o cuando posteriormente se monte la pala en la turbina. Sin embargo, un sistema de este tipo no proporciona una redondez uniforme del extremo de la raíz, lo que puede provocar desalineaciones entre los componentes de la raíz de la pala. Además, una vez que se retira la fuerza de elevación, el extremo de raíz de pala actuará para regresar a la forma ovalada natural.

35 Un ejemplo de un sistema de la técnica anterior para el montaje de palas de turbina eólica se proporciona en el documento EP 2 453 129, que usa bujes de guía que tienen un extremo cónico para guiar una raíz de pala con respecto a una brida de montaje.

40 Un objeto de la invención es proporcionar un método y un sistema que permita una mejor alineación de los extremos de la raíz de la pala con los componentes subsiguientes de la turbina eólica, así como para minimizar los efectos de la ovalización de la raíz de la pala de la turbina eólica, mejorando así la durabilidad de los componentes de la turbina eólica.

Resumen de la invención

45 De acuerdo con lo anterior, se proporciona una turbina eólica que comprende un rotor que tiene un eje del rotor sustancialmente horizontal, el rotor que comprende un cubo y al menos una pala de turbina eólica que se extiende en una dirección sustancialmente radial desde la misma, la pala de turbina eólica tiene un extremo de punta y una parte sustancialmente circular extremo de la raíz,

en el que una pluralidad de bujes se proyecta desde dicho extremo de la raíz de dicha al menos una pala de turbina eólica para montar dicha al menos una pala de turbina eólica en un cubo, un extensor o un anillo de paso acoplado a dicho rotor, en el que una pluralidad correspondiente de las aberturas se define en una superficie de montaje de dicho cubo, extensor o anillo de paso,

las aberturas y los bujes están dispuestos para recibir una pluralidad de pernos para montar dicha al menos una pala de turbina eólica en dicho cubo, extensor o anillo de paso,

5 en el que dicha turbina eólica comprende al menos una superficie de guía que se extiende adyacente a dichas aberturas, actuando la superficie de guía para alinear dichos bujes con dichas aberturas de tal manera que un extremo libre de dicho rodamiento de bujes se apoya contra la superficie de montaje adyacente a dichas aberturas, y

en el que dicha superficie de guía es sustancialmente ortogonal a dicha superficie de montaje.

10 Como la superficie de guía es sustancialmente ortogonal a la superficie de montaje, se proporciona un sistema de montaje mejorado para una pala de turbina eólica. Esto da como resultado numerosas ventajas sobre la técnica anterior, ya que permite una fabricación y maquinado más sencillos de las piezas para tener superficies en cooperación, además de proporcionar una transferencia más efectiva de cargas y fuerzas de rodamiento entre los bujes y las superficies de montaje y guía.

Adicional o alternativamente, dichos bujes se proyectan desde el extremo de la raíz de dicha al menos una pala de turbina eólica por una primera altura, y

15 dicha superficie de guía está provista por al menos un collar circular, en el que dicho collar circular sobresale de la superficie de montaje por una segunda altura,

en el que dicha primera altura es mayor que dicha segunda altura, de manera que se define un espacio entre dicho extremo de la raíz y dicho al menos un collar circular.

20 El collar circular se proporciona adyacente al cubo, el extensor o el anillo de paso. Se entenderá que el collar circular puede formarse integralmente con el cubo, el extensor o el anillo de paso. A medida que los bujes se proyectan desde el extremo de raíz de pala una distancia mayor que la del collar circular desde el elemento del lado del cubo, en consecuencia, se evita que el extremo de la pala entre en contacto directo con el collar circular.

Preferiblemente, la pala de turbina eólica se forma sustancialmente a partir de un material compuesto de fibra, y el collar circular y el cubo, el extensor o el anillo de paso están formados sustancialmente a partir de un material metálico.

25 La prevención del contacto directo entre el extremo de la raíz compuesto de fibra y un elemento de montaje metálico reduce la posibilidad de que se produzcan daños en el extremo de la raíz debido a la abrasión entre los dos materiales diferentes.

Preferiblemente, se proporciona al menos un elemento de sello o separador elástico entre el extremo de la raíz de dicha al menos una pala y dicha superficie de guía. Esto puede comprender un anillo de goma o un tubo flexible aplicado en el collar circular o en el extremo de la raíz de la pala.

30 El uso de un elemento de sellado o separador puede evitar el ingreso de humedad, además de garantizar que no haya contacto directo entre la raíz de la lámina de fibra compuesta y el collar circular metálico o el anillo de paso.

En un aspecto, una parte de la superficie de guía está achaflanada, preferiblemente la parte de la superficie de guía distal de dicha superficie de montaje, preferiblemente menos del 50% de la altura de la superficie de guía.

35 Al proporcionar una parte achaflanada en el extremo libre de la superficie de guía, los bujes se pueden alinear más fácilmente con las aberturas del lado del cubo para el montaje. Sin embargo, debe entenderse que la parte principal de la superficie de guiado está dispuesta ortogonal a la superficie de montaje.

40 También se proporciona una turbina eólica que comprende un rotor que tiene un eje del rotor sustancialmente horizontal, el rotor comprende un cubo, desde el cual al menos una pala de turbina eólica se extiende sustancialmente en una dirección radial cuando está montada en el cubo, la pala de turbina eólica se extiende en una dirección longitudinal paralela a un eje longitudinal y tiene un extremo de punta y un extremo de raíz sustancialmente circular,

en el que una pluralidad de elementos de acoplamiento o montaje se proyecta desde dicho extremo de raíz de dicha al menos una pala de turbina eólica, dichos elementos de montaje de extremo de raíz dispuestos para acoplar el extremo de raíz de dicha pala de turbina eólica a una pluralidad de elementos de montaje del lado del cubo correspondientes provistos o conectados a dicho cubo, y

45 en el que la turbina eólica comprende además al menos un collar, preferiblemente un collar circular, situado entre dicho extremo de raíz y dicho cubo, en el que dicho al menos un collar actúa para soportar contra al menos una parte de dicha pluralidad de elementos de montaje que se proyectan desde dicho extremo de la raíz, para alinear dicha

pluralidad de elementos de montaje de extremo de raíz con dicha pluralidad de elementos de montaje del lado del cubo.

5 El collar circular puede estar dimensionado para proporcionar una alineación estrecha entre los elementos de montaje del extremo de la raíz y los elementos de montaje del lado del cubo correspondientes provistos o acoplados al cubo, minimizando el riesgo de desalineación entre los elementos de montaje de la pala y los elementos de montaje del cubo. El collar circular también puede ayudar a guiar dichos elementos de montaje de extremo de raíz para acoplarse con dichos elementos de montaje del lado del cubo. Además, el uso de un collar circular adyacente a los elementos de montaje que sobresalen del extremo de raíz de pala significa que se evita que el anillo nacional de los elementos de montaje, junto con el extremo de raíz de pala asociado, evite una ovalización excesiva.

10 Los elementos de montaje del extremo de la raíz pueden comprender cualquier conjunto adecuado de elementos que se proyecten desde el extremo de la raíz de una pala de turbina eólica que se utilizan para montar o acoplar una pala de turbina eólica a la estructura mayor de la turbina eólica, por ejemplo: un miembro de brida, un perno saliente, un manguito de la pala saliente, y/o un extremo saliente de un cojinete de raíz de pala integrado en el extremo de raíz de la pala de turbina eólica. Se entenderá que los elementos de montaje del lado del cubo correspondientes provistos o  
15 acoplados al cubo incluyen cualquier conexión adecuada capaz de acoplarse con los elementos de montaje del extremo de la raíz, por ejemplo, una abertura o agujero para recibir un perno. Se entenderá que las palas de las turbinas eólicas tienen preferiblemente una longitud superior a al menos 30 metros.

20 En una realización particularmente preferida, dichos elementos de montaje de extremo de raíz comprenden una pluralidad de bujes de raíz de pala provistos alrededor de dicho extremo de raíz en un círculo de perno teórico, y dichos elementos de montaje de lado de cubo comprenden una pluralidad de aberturas de perno definidas en un cuerpo de lado de cubo provisto en o acoplado a dicho cubo,

25 en el que dichos bujes de raíz de pala están dispuestos para recibir una pluralidad de pernos que se extienden a través de dichas aberturas de perno para asegurar dicho extremo de raíz a dicho cuerpo del lado del cubo, en el que dicho al menos un collar circular está dispuesto para alinear dicha pluralidad de bujes de raíz de la pala con dicha pluralidad de aberturas de pernos para evitar la desalineación de los pernos.

30 Al apoyarse contra los bujes de la raíz de la raíz de la pala, el collar circular puede mantener la alineación radial de los pernos de sujeción y la forma de la raíz de la pala, para evitar que los pernos entren en contacto no deseado con el lado del buje de la raíz, una brida de la raíz de pala, y/o el cuerpo del lado del cubo, por ejemplo, un anillo de paso o rodamiento de paso. Esto actúa para reducir las posibilidades de falla de los pernos durante la vida operativa deseada de la pala de la turbina eólica.

35 En una realización, un primer extremo abierto de cada una de dicha pluralidad de aberturas de perno se define en una superficie orientada hacia la raíz de la pala de dicho cuerpo del lado del cubo, en el que dicho al menos un collar circular está provisto adyacente a dicha superficie orientada hacia la raíz de la pala, dicho al menos un collar circular tiene una superficie de rodamiento orientada hacia el buje para soportar contra al menos una pluralidad de dichos bujes de raíz de pala,

en el que el diámetro de dicho al menos un collar circular se selecciona de tal manera que la distancia entre dicha superficie de rodamiento orientada hacia el cojinete y dicho el primer extremo abierto de dicha pluralidad de aberturas de perno es igual al ancho de la pared de los bujes de raíz de la pala más un valor de tolerancia, de manera que dicha pluralidad de aberturas de perno se alinea sustancialmente con la pluralidad de bujes de raíz de la pala.

40 Como puede haber variaciones en las tolerancias de fabricación y/o diferentes requisitos del sistema para diferentes diseños de turbinas eólicas producidos por diferentes fabricantes, preferiblemente las dimensiones del al menos un collar circular están diseñadas para tener en cuenta dichas tolerancias, para reducir la posibilidad de que las variaciones de fabricación pueden afectar el funcionamiento del sistema. Preferiblemente, la línea central de las aberturas del perno está alineada con la línea central de los bujes de la raíz de la pala.

45 Se entenderá que el valor de tolerancia se puede basar en una selección de al menos uno de los siguientes: un valor de tolerancia de flexibilidad del perno, un valor de tolerancia del diámetro del perno, un valor de tolerancia de la dimensión de la pared lateral del buje, un valor de tolerancia de la dimensión de la apertura del perno, etc. Preferiblemente, dicho valor de tolerancia del diámetro del perno es aproximadamente 0.05%-0.1% del diámetro del perno. Preferiblemente, dicho valor de tolerancia de la dimensión de la pared lateral del buje es aproximadamente de  
50 0.05%-0.1% del ancho de la pared lateral del buje. Preferiblemente, dicho valor de tolerancia de la dimensión de la apertura del perno es aproximadamente 0.05%-0.1% del diámetro de dicha apertura del perno.

Se entenderá que dicho cuerpo del lado del cubo puede comprender cualquier elemento adecuado para el acoplamiento de una pala de turbina eólica a un cubo de turbina eólica, por ejemplo, un extensor de cubo, un sistema de paso, una brida de acoplamiento integral al cubo, etc.

Preferiblemente, dicho al menos un collar circular está formado por un material relativamente rígido y de alta resistencia, por ejemplo, un elemento metálico, por ejemplo, acero.

Preferiblemente, el diámetro de dicho al menos un collar circular se aproxima sustancialmente al diámetro del círculo notional definido por dicha pluralidad de elementos de montaje que se proyectan desde dicho extremo de la raíz.

- 5 El diámetro del collar circular se selecciona preferiblemente para permitir un ajuste estrecho entre el collar circular y el círculo notional definido por los elementos de montaje sobresalientes. Como el diámetro del collar circular sigue de cerca el diámetro del círculo final de la raíz inicial, esto evita una desviación excesiva de la forma del círculo notional, y el extremo de raíz de pala asociado, de la forma preferida original debido a la ovalización de la raíz de la pala.

- 10 En una realización, el diámetro de dicho al menos un collar circular está dentro de aproximadamente el 5% del diámetro de dicho círculo notional definido por dicha pluralidad de elementos de montaje que se proyectan desde el extremo de la raíz, preferiblemente dentro del 2%, más preferiblemente dentro del 1%.

Esta estrecha alineación de los respectivos diámetros circulares evita la ocurrencia de una ovalización excesiva de la raíz de la pala, y ayuda a alinear con precisión los elementos de montaje de la pala con los elementos de montaje apropiados del lado del cubo.

- 15 Preferiblemente, dicha turbina eólica comprende un sistema de paso que tiene un primer anillo de paso dispuesto entre dicha pala de turbina eólica y dicho cubo, en el que dicha pluralidad de elementos de montaje está acoplados a dicho primer anillo de paso, dicho sistema de paso operable para lanzar dicha pala de turbina eólica en relación con dicho cubo,

en el que dicho al menos un collar circular está provisto en dicho primer anillo de paso.

- 20 El uso del sistema de paso para llevar el collar circular proporciona una base para un sistema que puede incorporarse de manera relativamente fácil en los diseños existentes de turbinas eólicas sin un rediseño o reconfiguración significativos. Además, los sistemas de paso de palas en general comprenden estructuras relativamente grandes, por ejemplo, Anillos metálicos de al menos 1 metro de diámetro, tales sistemas pueden ser lo suficientemente fuertes para soportar las fuerzas involucradas en la ovalización y flexión de las palas.

- 25 Preferiblemente, dichos elementos de montaje están acoplados directamente a dicho primer anillo de paso, por ejemplo, atornillando.

En un aspecto, dicho primer anillo de paso puede comprender un elemento de refuerzo, por ejemplo, una abrazadera u horquilla que se extiende entre los lados opuestos de dicho primer anillo de paso para evitar la deformación de dicho primer anillo de paso.

- 30 La fuerza del anillo de paso puede aumentarse mediante el uso de horquillas o miembros de refuerzo para proporcionar una mejor distribución de la fuerza en el anillo de paso.

En un aspecto, dicho primer anillo de paso comprende al menos un collar circular integral con el cuerpo del anillo de paso.

El anillo de paso puede fabricarse para que el collar circular forme parte del cuerpo del sistema de paso.

- 35 Alternativamente, la turbina eólica comprende al menos un collar circular ajustado a dicho primer anillo de paso.

El collar se puede adaptar a un sistema de paso existente, por ejemplo, utilizando pernos, adhesivos y/o una conexión de ajuste a presión. Adicional o alternativamente, el collar se puede acoplar al anillo de paso utilizando una conexión simple de ajuste a presión, en el que una parte saliente del collar está dimensionada para corresponder sustancialmente a la circunferencia interior y/o exterior del anillo de paso, la parte saliente ajustada aproximadamente al menos una sección de la circunferencia externa y/o interna de dicho primer anillo de paso.

- 40 En una realización, la turbina eólica comprende un collar circular interior ubicado dentro de la circunferencia del círculo notional definido por dicha pluralidad de elementos de montaje que se proyectan desde el extremo de raíz de pala sustancialmente circular, actuando dicho collar circular interior contra al menos una parte de dicha pluralidad de elementos de montaje para retener la forma sustancialmente circular de dicho extremo de raíz y evitar la ovalización de dicho extremo de raíz.

- 45 Adicional o alternativamente, la turbina eólica comprende un collar circular externo ubicado externo a la circunferencia del círculo notional definido por dicha pluralidad de elementos de montaje que se proyectan desde el extremo de raíz

de pala sustancialmente circular, actuando dicho collar circular externo contra al menos una parte de dicha pluralidad de elementos de montaje para retener la forma sustancialmente circular de dicho extremo de raíz y evitar la ovalización de dicho extremo de raíz.

- 5 Preferiblemente, la turbina eólica comprende collares internos y externos, definiendo dichos collares un canal entre ellos para recibir al menos una parte de dicha pluralidad de elementos de montaje que se proyectan desde dicho extremo de la raíz de la pala.

El uso de un par de collares ubicados a ambos lados del círculo nocial de elementos de montaje puede proporcionar una mayor facilidad durante la guía y la alineación de los elementos de montaje para el acoplamiento con el cubo de la turbina eólica.

- 10 Preferiblemente, dicho al menos un collar circular comprende una superficie de apoyo dispuesta para soportar contra al menos una parte de dicha pluralidad de elementos de montaje, en el que dicha superficie de apoyo está biselada al menos parcialmente.

La provisión de una superficie achaflanada ayuda en la inserción de dichos elementos de montaje con relación a dicho collar.

- 15 Preferiblemente, dicho al menos un collar circular comprende una superficie de apoyo para soportar contra dicha al menos una porción de dicha pluralidad de elementos de montaje de extremo de raíz,

en el que dicho al menos un collar circular está provisto en un cuerpo del lado del cubo provisto en o acoplado a dicho buje, teniendo la superficie de apoyo una anchura que se proyecta desde una superficie orientada hacia el extremo de raíz de pala de dicho cuerpo del lado del cubo,

- 20 en el que la longitud por la cual dicha pluralidad de elementos de montaje del extremo de la raíz se proyecta desde dicho extremo de la raíz es mayor que el ancho de dicha superficie de apoyo,

en el que un extremo libre de dicha pluralidad de elementos de montaje de extremo de raíz soporta contra dicha superficie de dicho cuerpo del lado del cubo de manera que se define un espacio entre dicho extremo de raíz y dicho al menos un collar circular.

- 25 Como las palas de las turbinas eólicas en general están formadas por un material compuesto a base de fibra, el contacto directo entre el material compuesto y un material rígido, por ejemplo, metálico, el collar puede provocar daños o deshilacharse en el extremo de la pala de la turbina eólica, por ejemplo, microfracturas en el material laminado de la pala. De acuerdo con lo anterior, el dimensionamiento apropiado del collar con respecto a la longitud saliente de los elementos de montaje del extremo de la raíz garantizará que no se produzca un contacto directo entre las superficies apropiadas.

En un aspecto, los elementos de montaje pueden comprender bujes de raíz que se proyectan aproximadamente 10-15 mm desde el extremo de raíz de pala de turbina eólica. El collar circular puede tener un ancho de superficie de apoyo de entre 5 y 10 mm. El collar circular puede comprender además un borde biselado que tiene una profundidad de aproximadamente 3 mm.

- 35 Preferiblemente, la turbina eólica comprende al menos un elemento de sellado provisto entre el extremo de la raíz de dicha pala de turbina eólica y dicho al menos un collar circular. Preferiblemente, dicho al menos un elemento de sellado forma al menos una parte de un sello entre dicho extremo de la raíz de dicha pala de turbina eólica y dicho al menos un collar circular.

- 40 Preferiblemente, dicho al menos un elemento de sellado se proporciona como un elemento de anillo, por ejemplo, una junta tórica, en la que dicho al menos un elemento de sellado forma un sello entre dicho extremo de la raíz de dicha pala de turbina eólica y dicho al menos un collar circular.

El uso de un elemento de sellado como un sello entre la pala y el collar impide la entrada o la humedad, etc. en el interior de la turbina eólica. Preferiblemente, dicho al menos un elemento de sellado está formado a partir de un material elástico, por ejemplo, un material de caucho o plástico.

- 45 En una realización, la pala de la turbina eólica se forma a partir de un material a base de fibra y dicho al menos un collar circular está formado por un elemento metálico, preferiblemente acero, y en el que el método comprende además la etapa de proporcionar al menos un elemento separador o elemento protector, preferiblemente formado por un material flexible o elástico, ubicado entre el extremo de la raíz de dicha pala de turbina eólica y dicho al menos un collar circular, para evitar el contacto entre dicha pala de turbina eólica y dicho al menos un collar circular.

El uso de un elemento separador dedicado o elemento protector proporciona una mayor certeza de que no hay contacto directo entre el extremo de raíz de pala y el collar circular. Se entenderá que el elemento separador puede estar formado por cualquier material elástico adecuado, operable para evitar el contacto directo entre el extremo de raíz de pala y los componentes del lado del cubo de la estructura de la turbina eólica.

- 5 Alternativamente, se proporciona una pluralidad de elementos separadores entre dicho extremo de la raíz y dicho al menos un collar circular.

En una realización, dicha pluralidad de elementos separadores se proporciona como juntas tóricas provistas alrededor de los elementos de montaje respectivos que se proyectan desde dicho extremo de la raíz.

- 10 Se entenderá que, adicional o alternativamente, los elementos de montaje están acoplados a un extensor de cubo provisto en dicho cubo, en el que dicho al menos un collar circular está provisto en o acoplado a dicho extensor de cubo.

Además, se proporciona un método para evitar la ovalización de un extremo de raíz de la pala de turbina eólica, comprendiendo la pala de turbina eólica un extremo de raíz sustancialmente circular que tiene una pluralidad de elementos de acoplamiento o montaje que se proyectan desde la misma, el método comprende la etapa de:

- 15 proporcionar al menos un collar, preferiblemente un collar circular, para soportar contra al menos una porción de dicha pluralidad de elementos de montaje que se proyectan desde dicho extremo de la raíz, para retener la forma sustancialmente circular de dicho extremo de la raíz y evitar la ovalización de dicho extremo de la raíz.

- 20 Los elementos de montaje pueden comprender cualquier conjunto adecuado de elementos que se proyecten desde el extremo de la raíz de una pala de turbina eólica que se utilicen en la acción de montar o acoplar una pala de turbina eólica a una estructura mayor de turbina eólica, por ejemplo un miembro de brida, una proyección un perno, un manguito de la pala que sobresale, y/o un extremo que sobresale de un cojinete de raíz de pala integrado en el extremo de raíz de pala de la turbina eólica.

- 25 En particular, se proporciona un método para acoplar una pala de turbina eólica a un cubo de turbina eólica, comprendiendo la pala de turbina eólica un extremo de raíz que tiene un extremo de raíz sustancialmente circular que tiene una pluralidad de bujes de extremo de raíz que se proyectan desde la misma, en el que el método comprende la etapa de:

- 30 proporcionar al menos un collar, preferiblemente un collar circular, para soportar contra al menos una parte de dicha pluralidad de bujes de raíz que se proyectan desde dicho extremo de raíz para retener la forma sustancialmente circular de dicho extremo de raíz y para alinear dichos bujes de raíz con una pluralidad de elementos de montaje previstos en un cubo de turbina eólica.

El uso de tal método además actúa para proporcionar un sistema mejorado para el manejo de la ovalización de dicho extremo de la raíz.

Preferiblemente, dicho paso de proporcionar comprende proporcionar dicho al menos un collar circular en un anillo de paso de un sistema de paso de pala de turbina eólica.

- 35 En un aspecto, el método comprende la etapa de proporcionar un sistema de paso de pala de turbina eólica que comprende un anillo de paso que tiene al menos un collar circular integral.

Alternativamente, el método comprende la etapa de ajustar dicho al menos un collar circular a un anillo de paso de un sistema de paso de pala de turbina eólica.

Descripción de la invención

- 40 Las realizaciones de la invención se describirán ahora, solo a modo de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 muestra una turbina eólica;

La figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica;

La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil aerodinámico de la pala de la figura 2;

La figura 4 ilustra una vista en sección transversal ampliada de una primera realización de una interfaz entre una raíz de pala de turbina eólica y un sistema de paso de acuerdo con el sistema de la invención;

La figura 5 ilustra una segunda realización del sistema de la figura 4; y

La figura 6 ilustra una tercera realización del sistema de la figura 4.

5 La figura 1 ilustra una moderna turbina eólica contra el viento de acuerdo con el llamado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un eje del rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un cubo 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el cubo 8, cada una con una raíz 16 de pala más cercana al cubo y una punta 14 de pala más alejada del cubo 8. El rotor tiene un radio denotado R.

10 La figura 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala 10 de turbina eólica que puede usarse de acuerdo con una realización de la invención. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región 30 de raíz más cercana al cubo, una región perfilada o aerodinámica 34 más alejada del cubo y una región 32 de transición entre la región 30 de raíz y la aeronave región 34. La pala 10 comprende un borde 18 de ataque orientado hacia la dirección de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada en el cubo, y un borde 20 posterior orientado en la dirección opuesta al borde 18 de ataque.

15 La región 34 del perfil aerodinámico (también llamada región perfilada) tiene una forma ideal o casi ideal de pala con respecto a la generación de elevación, mientras que la región 30 de la raíz debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que, por ejemplo, lo hace más fácil y más seguro para montar la pala 10 en el cubo. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de raíz suele ser constante a lo largo de toda el área 30 de raíz. La región 32 de transición tiene un perfil 42 de transición que cambia gradualmente desde la forma circular o elíptica de la región 30 de raíz al perfil 50 aerodinámico de la región 34 de la superficie aerodinámica. La longitud de la cuerda de la región 32 de transición típicamente aumenta sustancialmente linealmente al aumentar la distancia r desde el centro.

20 La región 34 de la superficie aerodinámica tiene un perfil 50 de la superficie aerodinámica con una cuerda que se extiende entre el borde 18 de ataque y el borde 20 posterior de la pala 10. El ancho de la cuerda disminuye al aumentar la distancia r del cubo.

Debe observarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala normalmente no se encuentran en un plano común, ya que la pala puede estar torcida y/o curvada (es decir, pre-doblada), lo que proporciona al plano de la cuerda un retorcido correspondiente y/o trayectoria curva, siendo este el caso más frecuente para compensar la velocidad local de la pala que depende del radio del cubo.

30 La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil 50 del perfil aerodinámico de una pala típica de una turbina eólica representada con los diversos parámetros que se usan típicamente para definir la forma geométrica de un perfil aerodinámico. El perfil 50 del perfil aerodinámico tiene un lado 52 de presión y un lado 54 de succión, que, durante el uso, es decir, durante la rotación del rotor, normalmente orientados hacia el lado de barlovento (o contra el viento) y el lado de sotavento (o hacia el viento), respectivamente. El perfil 50 aerodinámico tiene una cuerda 60 con una longitud de cuerda c que se extiende entre un borde 56 delantero y un borde 58 posterior de pala. El perfil 50 aerodinámico tiene un espesor t, que se define como la distancia entre el lado 52 de presión y el lado 54 de succión. El grosor t del perfil aerodinámico varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación de un perfil simétrico viene dada por una línea 62 de curvatura, que es una línea media a través del perfil 50 aerodinámico. La línea media se puede encontrar dibujando círculos inscritos desde el borde 56 de ataque hasta el borde 58 posterior. La línea media sigue los centros de estos círculos inscritos y la desviación o distancia de la cuerda 60 se denomina curvatura f. La asimetría también se puede definir mediante el uso de parámetros llamados la curvatura superior y la curvatura inferior, que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado 54 de succión y el lado 52 de presión, respectivamente.

45 Los perfiles del perfil aerodinámico a menudo se caracterizan por los siguientes parámetros: la longitud de la cuerda c, la curvatura máxima f, la posición  $df$  de la curvatura máxima f, el espesor máximo del perfil aerodinámico t, que es el diámetro mayor de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de curvatura media, la posición  $dt$  del grosor máximo t, y un radio de punta (no mostrado). Estos parámetros se definen típicamente como relaciones a la longitud de la cuerda c.

50 Las palas de las turbinas eólicas se forman en general a partir de material plástico reforzado con fibra, es decir, fibras de vidrio y/o fibras de carbono que se disponen en un molde y se curan con una resina para formar una estructura sólida. Las palas de las turbinas eólicas modernos a menudo pueden tener una longitud de más de 30-40 metros, con diámetros de raíz de pala de varios metros.

Las palas 10 de la turbina eólica están conectadas al cubo 8 en el extremo 16 de raíz de las palas 10. En general, se proporciona una serie de elementos de montaje en el extremo 16 de raíz de la pala 10, los elementos de montaje

5 utilizados para el acoplamiento al cubo 8. Los elementos de montaje seleccionados pueden variar para diferentes diseños de turbinas eólicas, por ejemplo, los elementos de montaje pueden comprender pernos de sujeción o pernos cruzados provistos en el extremo de la raíz, una brida de la raíz de la pala sobresaliente y/o bujes de la raíz de la pala incorporados en un extremo de raíz de pala reciben los pernos. Los elementos de montaje se proporcionan en general en una disposición separada alrededor de la circunferencia del extremo 16 de raíz de pala circular, y conectan el extremo de raíz de pala directamente al cubo de la turbina 8 eólica o al sistema de paso de la pala provisto en el cubo 8.

10 Un sistema de paso de pala comprende en general un par de anillos de paso concéntricos acoplados entre sí a través de una conexión de rodamiento, un primer anillo de paso giratorio en relación con un segundo anillo de paso. Al montar el primer anillo de paso en el extremo 16 de raíz de una pala de turbina eólica 10, y al montar el segundo anillo de médula en un cubo 8 de turbina eólica, la pala de turbina eólica puede inclinarse con relación al cubo 8 de turbina, para controlar el funcionamiento de la turbina eólica.

15 Con referencia a la figura 4, se muestra una vista en sección transversal ampliada de una parte del extremo 16 de raíz de la pala de la turbina eólica 10, cuando está conectada a un sistema de paso de la pala. Se entenderá que la sección transversal mostrada se replica sustancialmente alrededor de toda la circunferencia del extremo 16 de la raíz de la pala.

Se ilustra una parte del sistema de tono, en forma de una sección del primer anillo 70 de paso. Se entenderá que el primer anillo 70 de paso está acoplado a través de una pluralidad de rodamientos 72 con un segundo anillo de paso (no mostrado) que está conectado al cubo 8 de la turbina eólica.

20 En esta realización, una pluralidad de bujes 74 de raíz de pala están incorporados en el extremo 16 de raíz de pala, un extremo 74a libre de los bujes 74 que se proyecta desde la superficie del extremo 16 de raíz. Los bujes 74 están provistos de un orificio ciego 76 para recibir una pluralidad de pernos (no mostrados), para asegurar el extremo 16 de raíz de pala a la estructura mayor de la turbina eólica. Sin embargo, se entenderá que se puede usar cualquier elemento de montaje adecuado en esta invención.

25 Se proporciona una abertura 78 pasante en el primer anillo 70 de paso, extendiéndose la abertura desde una primera superficie 70a provista adyacente al extremo 16 de raíz de la pala 10 de turbina eólica a una segunda superficie 70b provista opuesta a la primera superficie 70a.

30 El primer anillo 70 de paso está provisto de un primer collar 79 y un segundo collar 80 situado en dicha primera superficie 70a. Los collares 79, 80 primero y segundo se extienden alrededor de la circunferencia del primer anillo 70 de paso, definiendo un canal o ranura 82 entre los collares 79, 80 que contienen la abertura 78 de las aberturas pasantes. Los collares 79, 80 están dispuestos para recibir el extremo 74a libre de los bujes 74 de la raíz de la pala en el canal 82, de modo que los orificios ciegos 76 de los bujes 74 de la raíz de la pala pueden alinearse con las aberturas 78 pasantes del primer anillo 70 de paso, para permitir el acoplamiento de la raíz de la pala 16 al primer anillo 70 de paso.

35 Los collares 79, 80 están dimensionados para seguir de cerca la circunferencia del círculo notional definido por el conjunto de bujes 74 de la raíz de la pala, de modo que cualquier posible deformación u ovalización del extremo 16 de la raíz de la pala, y el círculo notional asociado de los bujes 74, haga que el extremo 74a libre de al menos una porción de los bujes 74 de raíz se apoye contra el primer collar 79 y/o el segundo collar 80. Como los collares 79, 80 pueden ser integrales con el cuerpo del primer anillo 70 de paso, y se forman preferiblemente a partir de un material relativamente fuerte e inflexible, por ejemplo. De acero, las fuerzas que impulsan el extremo 16 de la raíz de la pala hacia la ovalización pueden ser absorbidas por la estructura de anillo de paso relativamente rígida, y la forma sustancialmente circular de la raíz 16 de la pala se mantiene. Además, como los collares 79, 80 obligan a los bujes 74 de la raíz a tomar la forma circular del primer anillo 70 de paso, la presencia de los collares 79, 80 también ayuda en la alineación de los bujes 74 de la raíz con las aberturas 78 pasantes del anillo 70 de paso, para proporcionar una operación de montaje más fácil.

Se entenderá que, dado que la ovalización del extremo 16 de raíz provoca un estrechamiento de algunas porciones del extremo 16 de raíz circular y un alargamiento de otras secciones, un solo collar 79, 80 puede ser suficiente para soportar las fuerzas del efecto de ovalización del extremo de raíz, así como ayudar en la guía y alineación de las aberturas 76,78 respectivas.

50 De acuerdo con lo anterior, la realización descrita puede implementarse teniendo el primer collar 79 o el segundo collar 80 provistos en el primer anillo 70 de paso.

Como la pala 10 en general se forma a partir de un material compuesto, y los collares y el sistema de paso en general se forman a partir de un material metálico rígido, cualquier contacto directo entre los dos puede resultar en abrasión o fallas estructurales en la raíz de la pala, por ejemplo, microfracturas en el laminado estructural principal de la pala.

- Además, se desea que se mantenga algún contacto, preferiblemente un contacto completo, entre el extremo libre de los bujes 74 de la raíz de la pala y la primera superficie 70a del anillo 70 de paso, de modo que cualquier perno montado en las aberturas 76, 78 no experimente ninguna tensión o deformación debido al movimiento relativo entre el extremo 16 de raíz de pala y el anillo 70 de paso. De acuerdo con, el ancho por el cual se proyecta el collar 79, 80 circular desde la primera superficie 70a se selecciona preferiblemente de manera que sea menor que la distancia que el extremo 74a libre del buje 74 de la raíz de la pala sobresale del extremo 16 de la raíz de la pala. Esto asegura que el extremo 74a libre del buje entrará en contacto con la superficie 70a del anillo 70 de paso adyacente al extremo abierto de la abertura o el orificio 78, al tiempo que proporciona un espacio definido entre el extremo 16 de la raíz y las superficies enfrentadas 79a, 80a respectivas del Collares 79, 80 circulares.
- En una mejora adicional, al menos un elemento 84 de sellado se puede proporcionar en el área entre la superficie del extremo 16 de raíz de pala y los collares de primera y segunda superficie 79, 80. El elemento 84 de sellado está provisto para evitar el ingreso de humedad u otras partículas, por ejemplo, suciedad, hacia el interior de la construcción de la turbina eólica a través del espacio definido entre el extremo 16 de raíz y las superficies 79a, 80a que se orientan opuestas a los collares 79, 80 circulares. El elemento 84 de sellado puede proporcionarse como un anillo que se extiende alrededor de la circunferencia de uno o ambos de los collares 79, 80 circulares.
- En un aspecto adicional, se puede proporcionar un elemento separador (no mostrado) entre el extremo 16 de raíz y dichas caras 79a, 80a opuestas, preferiblemente en forma de una junta tórica alrededor de los bujes 74 de la raíz individuales o como una capa amortiguadora provista en la parte superior de los collares primero y segundo 79, 80. El uso de dicho elemento separador puede ayudar a prevenir el contacto directo entre el extremo 16 de raíz de pala y el sistema de paso de la turbina eólica.
- En una posible mejora adicional que no se ilustra aquí, al menos uno de los collares 79, 80 primero y segundo puede comprender una superficie achaflanada o cónica hacia el canal 82 que comprende la abertura 78 pasante, para ayudar en la inserción de los bujes 84 de raíz en el canal 82.
- En un aspecto preferido, los collares 79, 80 circulares están dispuestos de manera tal que las aberturas 76, 78 respectivas del perno están alineadas con precisión, cuando se consideran varias tolerancias, para asegurar que cualquier perno recibido en dichas aberturas 79, 80 no se someta a tensiones y deformaciones como resultado de la desalineación entre los orificios. De acuerdo con lo anterior, se prefiere que las aberturas 76, 78 estén alineadas para evitar que los pernos toquen las superficies de la interfaz de paso de extremo de la raíz de la pala, lo que puede conducir a una falla del perno.
- En un aspecto, suponiendo que el centro del perno montado esté alineado con el centro del orificio del buje 76 de raíz, el perno debe alinearse con el centro del orificio 78 en el anillo de paso. La diferencia de diámetro entre la rosca del perno y el orificio 78 en el anillo de paso es entonces la máxima tolerancia de coaxialidad entre los dos.
- Suponiendo que el diámetro externo del extremo 74a libre del buje 74 está pasando con la línea central del perno montado, se pueden derivar las siguientes dimensiones:
- El diámetro máximo del collar 79 externo es entonces:
- El diámetro del círculo del perno de la pala (BCD) + diámetro del extremo externo del buje de la pala + la tolerancia de coaxialidad máxima -X, para evitar el contacto de los pernos.
- El diámetro mínimo del collar 80 interno es entonces:
- Pala BCD - diámetro del extremo externo del buje de pala - la tolerancia máxima de coaxialidad + X, para evitar que los pernos se toquen.
- Se entenderá que X es un valor de tolerancia seleccionado para permitir variaciones de fabricación aceptables, por ejemplo, X puede basarse en la alineación del buje 74 de la raíz en el extremo 16 de la raíz, el grosor de las paredes del buje 74 de la raíz, el grosor y la rigidez de los pernos utilizados, y/o la alineación de las aberturas u orificios 78 provistos en el anillo 70 de paso. Preferiblemente, X está entre 0.1-0.9 mm.
- Con referencia a la figura 4, preferiblemente el collar 79 u 80 circular está separado del extremo abierto del orificio 78 del sistema de paso por una distancia que permite la máxima certeza de que cualquier desalineación de los orificios 76 y 78 está dentro de tolerancias aceptables.
- Mientras que la realización de la figura 4 ilustra los collares 79, 80 proporcionados como parte integral del primer anillo 70 de paso, se entenderá que se pueden usar diferentes implementaciones de la invención para proporcionar un manejo mejorado de la ovalización de la raíz de la pala. Con referencia a las figs. 5 y 6, se muestran la segunda y la tercera realizaciones de la invención, en las que la invención puede implementarse usando un anillo de paso estándar

con modificaciones limitadas. Se entenderá que la descripción y los números de referencia utilizados para la figura 4 también se utilizan con respecto a las figs. 5 y 6 para los componentes correspondientes.

5 En la Fig. 5, los collares primero y segundo se proporcionan en forma de miembros de anillo 86, 88 de collar primero y segundo, que están unidos a la primera superficie 70a del primer anillo 70 de paso, preferiblemente atornillados al anillo de paso usando pernos 90. Los miembros 86, 88 de anillo de collar están dispuestos para formar el canal o ranura 82 como se muestra en la figura 4, para recibir los extremos libres 74a de los bujes de la raíz de la pala 74.

10 En la Fig. 6, los collares primero y segundo se proporcionan en forma de bandas 92, 94 de collar primero y segundo, las bandas 92, 94 dimensionadas para acoplarse al primer anillo 70 de paso a través de una conexión de ajuste a presión en la primera superficie 70a del anillo 70 de paso. De acuerdo con lo anterior, las bandas de collar 92, 94 forman el canal o ranura 82 como se muestra en la figura 4, sin ningún acoplamiento mecánico al anillo 70 de paso.

Como con la realización de la figura 4, se entenderá que las realizaciones de las figs. 5 y 6 también pueden implementarse con un solo collar 86,88,92,94, y/o también pueden utilizar al menos un elemento 84 de sellado y/o un espaciador.

15 En una mejora adicional de la invención, se entenderá adicionalmente que el primer anillo 70 de paso puede modificarse para reforzar el anillo de paso, por ejemplo. se puede proporcionar una abrazadera cruzada o soporte entre los lados opuestos del anillo de paso para evitar la deformación.

20 La invención proporciona un sistema y un método para asegurar una alineación correcta, preferiblemente alineación radial, entre un círculo de pernos de raíz de pala y un círculo de pernos del lado del cubo, por ejemplo. Un círculo de pernos de sistema de paso. Al garantizar una alineación precisa de los componentes, se reduce considerablemente la posibilidad de una falla prematura del perno durante la vida útil de la turbina eólica. A través del uso de la invención descrita anteriormente, la rigidez del anillo de paso se usa efectivamente para asegurar la redondez de la raíz de la pala. De acuerdo con lo anterior, un sistema de este tipo no requiere el uso de una brida de raíz de pala relativamente pesada para mantener la forma circular de la raíz de pala. La presente invención proporciona una reducción considerable en el efecto de la ovalización de la raíz de la pala, lo que conduce a una menor probabilidad de fallo de los componentes de la turbina eólica debido a dicha ovalización.

25 La invención no se limita a la realización descrita en el presente documento, y puede modificarse o adaptarse sin apartarse del alcance de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Una turbina (2) eólica que comprende un rotor que tiene un eje del rotor sustancialmente horizontal, el rotor que comprende un cubo (8) y al menos una pala (10) de turbina eólica que se extiende en una dirección sustancialmente radial desde la misma, la pala (10) de turbina eólica que tiene un extremo (14) de punta y un extremo (16) de raíz sustancialmente circular,
- en el que una pluralidad de bujes sobresale de dicho extremo (16) de raíz de dicha al menos una pala (10) de turbina eólica para montar dicha al menos una pala (10) de turbina eólica a un cubo (8), un extensor o un anillo de paso acoplado a dicho rotor, en el que una pluralidad correspondiente de aberturas se define en una superficie de montaje de dicho cubo (8), extensor o anillo de paso,
- 10 los agujeros y los bujes (74) dispuestos para recibir una pluralidad de pernos para montar dicha al menos una pala (10) de turbina eólica en dicho cubo (8), extensor o anillo de paso,
- en el que dicha turbina eólica comprende al menos una superficie de guía que se extiende adyacente dichas aberturas, la superficie de guía actúa para alinear dichos bujes (74) con dichas aberturas de tal manera que, un extremo libre de dichos bujes (74) se apoya contra la superficie de montaje adyacente a dichas aberturas, caracterizado porque
- 15 dicha superficie de guía es sustancialmente ortogonal a dicha superficie de montaje.
2. La turbina eólica de la reivindicación 1, en la que dichos bujes (74) sobresalen desde el extremo (16) de raíz de dicha al menos una pala (10) de turbina eólica una primera altura, y dicha superficie de guía está provista por al menos un collar (79, 80) circular, en el que dicho collar (79, 80) circular se proyecta desde la superficie de montaje una segunda altura,
- 20 en el que dicha primera altura es mayor que dicha segunda altura, de manera que se define un espacio entre dicho extremo (16) de raíz y dicho al menos un collar (79, 80) circular.
3. La turbina eólica de la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que se proporciona al menos un sello elástico (84) o elemento separador entre el extremo (16) de raíz de dicha al menos una pala y dicha superficie de guía.
- 25 4. La turbina eólica de la reivindicación 3, en el que dicha al menos una junta (84) elástica o elemento separador comprende un anillo de goma o un tubo flexible aplicado en el collar (79, 80) circular o en el extremo (16) de raíz de pala.
5. La turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que la pala (10) de turbina eólica está formada sustancialmente por un material compuesto de fibra, y el collar (79, 80) circular y el cubo (8), el extensor o el anillo de paso están formados sustancialmente de un material metálico.
- 30 6. La turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en el que una parte de la superficie de guía está achaflanada, preferiblemente la parte de la superficie de guía distal de dicha superficie de montaje.
7. La turbina eólica de la reivindicación 6, en el que la parte achaflanada de dicha superficie de guía es inferior al 50% de la altura de la superficie de guía.
- 35 8. La turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que la turbina eólica comprende un collar (79, 80) circular interior situado dentro de la circunferencia de un círculo notional definido por dicha pluralidad de bujes (74) que se proyectan desde el extremo (16) de la raíz de la pala sustancialmente circular, dicho collar (79, 80) circular interno actúa para soportar contra al menos una porción de dicha pluralidad de bujes (74) para retener la forma sustancialmente circular de dicho extremo (16) de raíz y evitar la ovalización de dicho extremo (16) de raíz.
- 40 9. La turbina eólica de cualquier reivindicación precedente, en la que la turbina eólica comprende un collar (79, 80) circular exterior situado externo a la circunferencia de un círculo notional definido por dicha pluralidad de bujes (74) que se proyectan desde el extremo (16) de la raíz de la pala sustancialmente circular, dicho collar (79, 80) circular exterior actúa para soportar contra al menos una parte de dicha pluralidad de bujes (74) para retener la forma sustancialmente circular de dicho extremo (16) de raíz y evitar la ovalización de dicho extremo (16) de raíz.
- 45 10. Un método para prevenir la ovalización de un extremo de raíz de pala de turbina eólica, la pala (10) de turbina eólica comprende un extremo (16) de raíz sustancialmente circular que tiene una pluralidad de bujes que se proyectan desde la misma, el método comprende los pasos de:

proporcionar una superficie de montaje de un cubo en el que dichos bujes (74) están dispuestos para acoplarse con,  
y

- 5 proporcionar al menos un collar (79, 80), preferiblemente un collar (79, 80) circular que tiene una superficie de guía para soportar y alinear al menos una parte de dicha pluralidad de bujes (74) que sobresalen de dicho extremo de la raíz, para retener la forma sustancialmente circular de dicho extremo de la raíz y evitar la ovalización de dicho extremo de la raíz, caracterizada porque dicha superficie de guía es sustancialmente ortogonal a dicha superficie de montaje.

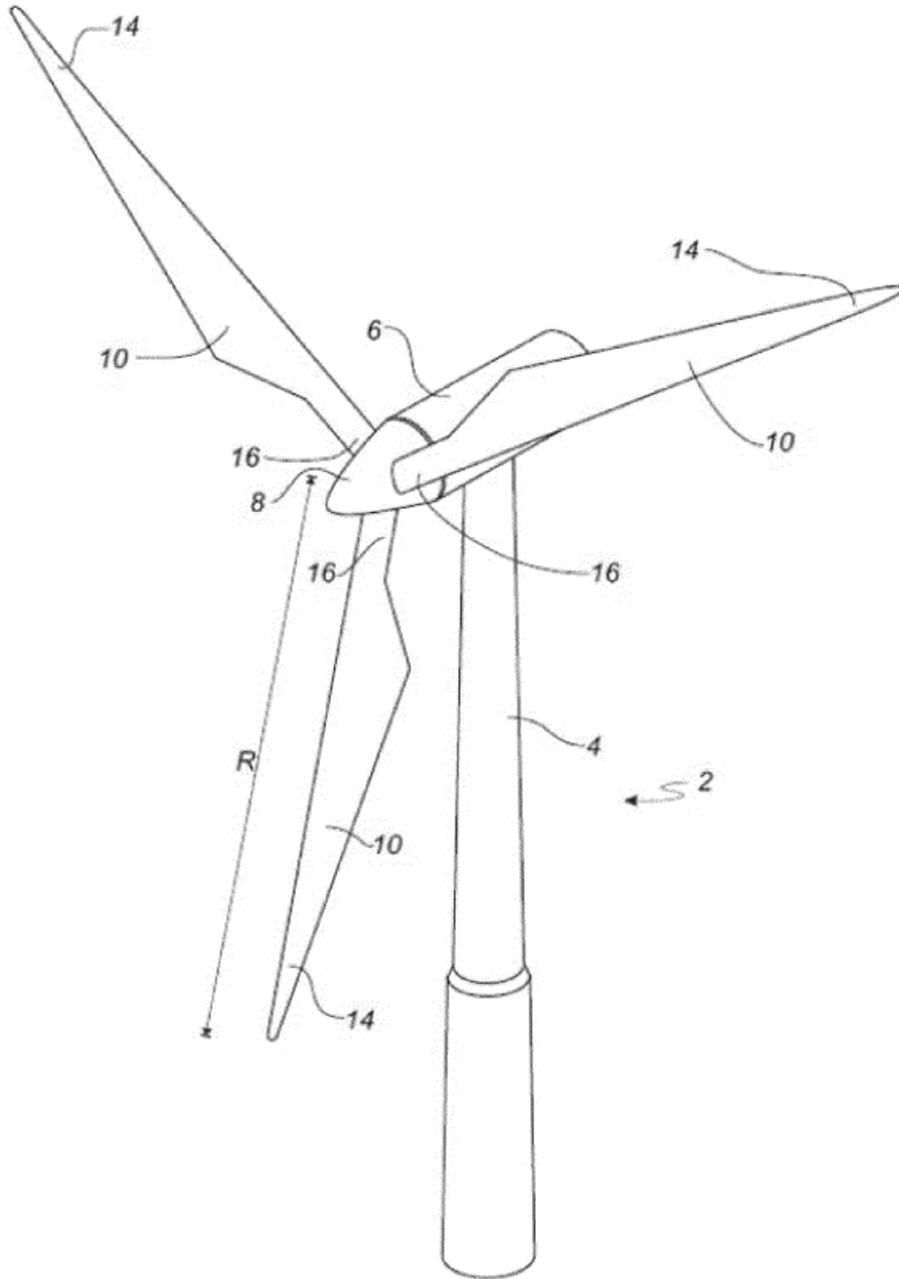


Fig. 1

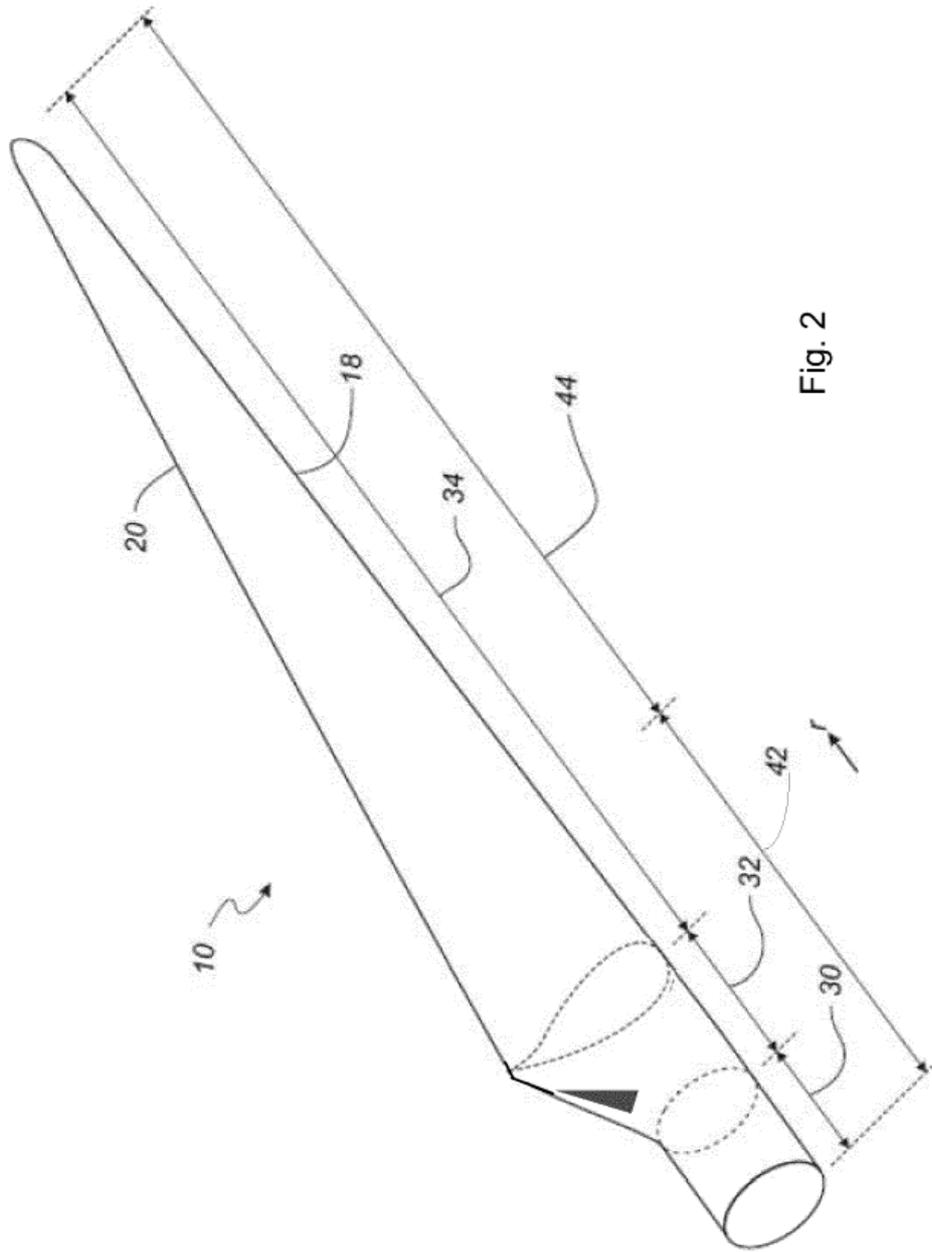


Fig. 2

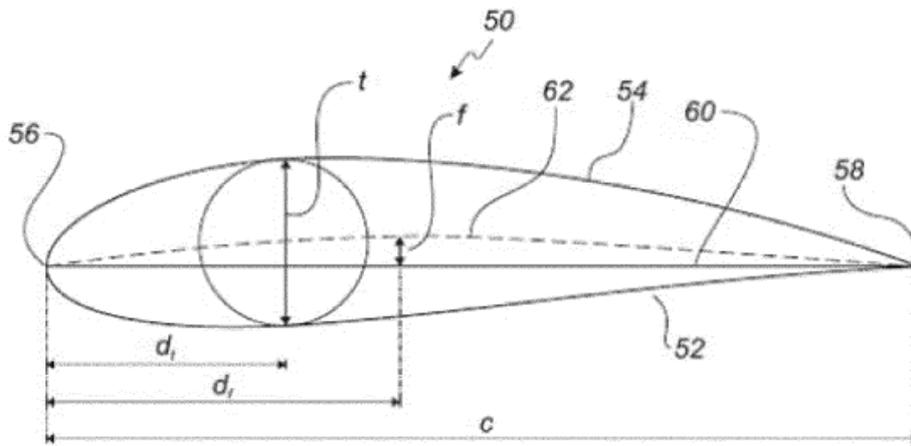


Fig. 3

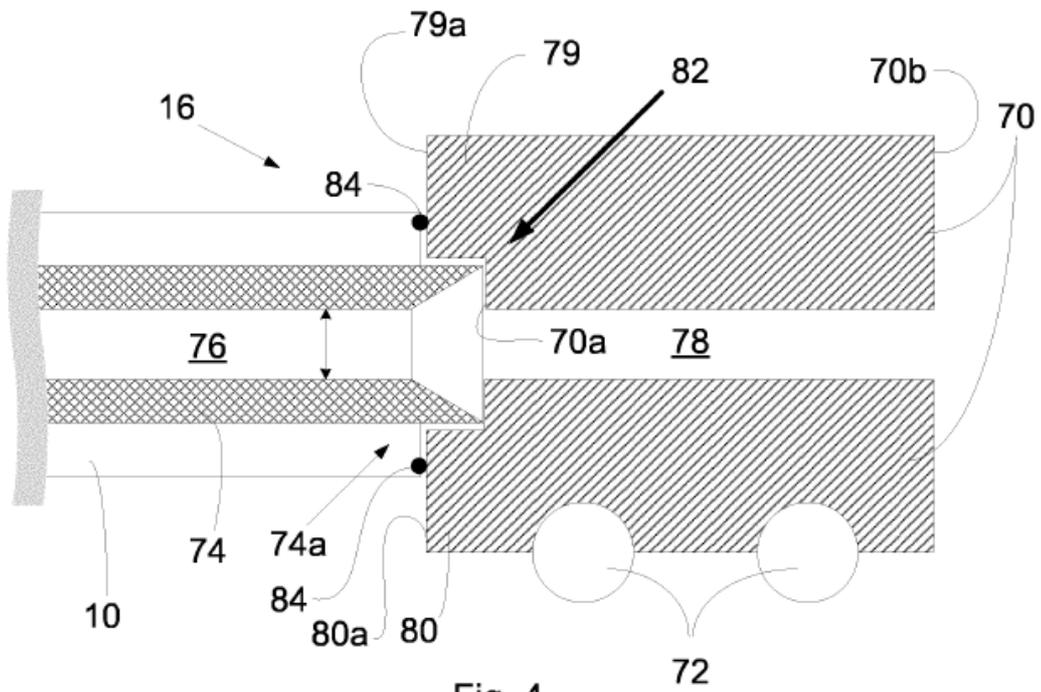


Fig. 4

