

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 870 132**

51 Int. Cl.:

**B29C 73/04** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

**F03D 80/50** (2006.01)

**B23P 6/00** (2006.01)

**B29C 73/26** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **19.02.2019 E 19158010 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.03.2021 EP 3628477**

54 Título: **Procedimiento para reparar la raíz de una pala de rotor de una turbina eólica**

30 Prioridad:

**28.09.2018 EP 18197714**

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

**26.10.2021**

73 Titular/es:

**SIEMENS GAMESA RENEWABLE ENERGY A/S  
(100.0%)**

**Borupvej 16  
7330 Brande, DK**

72 Inventor/es:

**ANDERSEN, ERIK DAHL;  
FJORDGAARD, KRISTIAN;  
MORTENSEN, KENNETH OESTERGAARD;  
NOEDDEBO, WINNIE;  
PAUSGAARD, CHRISTIAN;  
SEREMET, MICHAEL GAASVIG y  
VINTHER, SOEREN**

74 Agente/Representante:

**LOZANO GANDIA, José**

**ES 2 870 132 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 para reparar la raíz de una pala de rotor de una turbina eólica

5 La invención se refiere a un procedimiento para reparar la raíz de una pala de rotor de una turbina eólica, comprendiendo la raíz varios taladros para recibir un perno y que se extienden desde la cara frontal de la raíz hacia el interior de la pala.

10 Las palas del rotor se fijan a un buje generalmente mediante pernos de palas. Si la pala del rotor se puede inclinar, la pala se fija a un cojinete, respectivamente, a uno de los anillos del cojinete, estando el cojinete también fijado al buje con el otro anillo del cojinete. Los pernos usados para montar la pala se insertan en los taladros respectivos provistos en la superficie frontal de la raíz, extendiéndose los taladros paralelos entre sí en la pala. Cada perno se atornilla en un taladro roscado o un perno de sujeción que se fija a la pala y que se extiende transversalmente al taladro. Con estos pernos, la pala se puede fijar firmemente al buje, respectivamente al cojinete.

15 Los pernos de la pala están sometidos a desgaste, que con bastante frecuencia es un síntoma de desgaste de la propia raíz de la pala. El desgaste puede ocurrir por fugas de grasa o lubricante del sello del cojinete, la fuga se introduce en el área de montaje, por lo tanto, la superficie frontal de la raíz y los pernos. El desgaste de los pernos puede provocar finalmente una rotura.

20 Como se ha representado anteriormente, debido a la fijación directa de la pala, respectivamente la superficie frontal de la raíz, al cojinete, la entrada de material de la fuga influye negativamente al principio en el material de la raíz de la pala. Se observó un desgaste de 0,3 a 1,0 mm, lo que provocó un aumento de la tensión en los pernos de la pala en esta área. Incluso si una pala de refuerzo del cojinete protege la raíz de la pala, puede producirse desgaste en esta área, visualmente como un collar alrededor del taladro del perno en la raíz, donde la pala de refuerzo del cojinete protege la raíz de la pala. Se pueden encontrar ejemplos de la técnica anterior en los documentos WO2018/042063A1, US2010/158661A1 y EP2623771A1.

25 Un objetivo de la invención es proponer un procedimiento para reparar una raíz en caso de desgaste.

30 Para resolver el problema la invención propone un procedimiento de reparación de la raíz de una pala de rotor de turbina eólica, comprendiendo la raíz varios taladros para recibir un perno y extendiéndose desde la superficie frontal de la raíz hacia el interior de la pala, procedimiento caracterizado por que al menos una parte del material de la pala de la superficie frontal que rodea el taladro se retira usando una herramienta de extracción y por que al menos una placa de calce se fija a la superficie frontal procesada que rodea el taladro.

35 De acuerdo con la invención, el material de la raíz en la superficie frontal de la raíz se elimina parcialmente procesando la superficie frontal con una herramienta de extracción. Esto permite eliminar el material que rodea el taladro y permite especialmente eliminar el material en las áreas donde se da el desgaste, mientras que las áreas que aún están intactas no necesitan ser procesadas.

40 Después de retirar el material desgastado, al menos una placa de calce se fija al área procesada de la superficie frontal, placa de calce que está diseñada para rodear el taladro.

45 El procedimiento inventivo permite una reparación fácil, rápida y, si es necesario, solo local de la superficie frontal de la raíz y proporciona una nueva área de superficie con la placa de calce fijada. También se puede asegurar un área de tensión en la raíz por medio de la placa de calce, que, como se muestra arriba, rodea el taladro del perno. Esto es especialmente ventajoso cuando la reparación de la invención se realiza junto con el cambio de una junta del cojinete de pala, porque se puede detener cualquier fuga y se puede evitar cualquier fuga adicional que pueda entrar en el taladro o en el perno en la región de la superficie frontal. Por lo tanto, la invención no solo permite reparar, respectivamente restaurar, una superficie correcta para fijar la raíz de la pala al buje, respectivamente el sellado, sino también para tensar los pernos y detener más fugas y, por lo tanto, cualquier problema de desgaste resultante.

50 De acuerdo con la invención, se usa una herramienta de extracción para procesar la superficie frontal de la raíz. Durante este estado de procesamiento, solo se puede procesar con la herramienta un área que rodea un taladro. Esto es posible, especialmente cuando el desgaste solo se da en un área local más pequeña alrededor de ciertos taladros. Durante este proceso, por ejemplo, se elimina un área de material en forma de anillo de la superficie de la raíz alrededor del taladro, por lo que se realiza una especie de rebaje de ranura en forma de anillo para alojar preferentemente una placa de calce en forma de anillo. En caso de que sea necesario procesar dos o más áreas de orificios adyacentes, es posible que el material se elimine de nuevo en forma de anillo, pero las respectivas ranuras o rebajes en forma de anillo se superponen entre sí. En este caso, por ejemplo, se pueden usar placas de calce en forma de anillo, que tienen una circunferencia exterior adaptada con un rebaje en forma de media luna en el que encaja la placa adyacente.

65

En una alternativa al área procesada única mencionada anteriormente, es posible que se procese un área que rodea varios taladros. Esto se puede hacer si el área que rodea varios taladros vecinos está desgastada para acelerar la etapa de eliminación de material.

5 La placa de calce o las placas de calce que se usan pueden tener diferentes formas. Por ejemplo, se puede usar una placa de calce que tenga solo una abertura, placa de calce que rodea solo un taladro. Esta placa de calce tiene forma de anillo, respectivamente es similar a un disco con un orificio central. En una alternativa, se puede usar una placa de calce que tenga más de una abertura, rodeando más de un taladro. Esta placa de calce alargada se usa cuando se elimina un área de material más grande en la superficie frontal de la raíz, placa de calce más grande que cubre preferentemente toda el área. En este caso, solo es necesario fijar una  
10 placa de calce, no varias placas de calce.

Una placa de calce, que tiene una sola abertura, puede tener forma de anillo, forma ovalada, forma rectangular o poligonal. Preferentemente se usa una placa de calce en forma de anillo, que es fácil de producir y que  
15 también puede insertarse fácilmente en la ranura o rebaje circular en un ajuste de forma, un modo de realización al que se hace referencia más adelante.

Si se usa una placa de calce que tiene más de una abertura, esta placa de calce tiene una forma doblada de acuerdo con el radio de la superficie frontal de la raíz para seguir la curvatura de la raíz. La placa de calce  
20 puede tener una forma rectangular o poligonal, también puede tener una forma libre o puede estar provista de extremos redondos, especialmente cuando se usa una forma rectangular o poligonal. En caso de que se use una forma libre, esta forma libre puede comprender, por ejemplo, secciones en forma de anillo, en las que se proporciona la abertura, secciones que están conectadas mediante barras de puente o similares.

Si bien es posible eliminar el material de la raíz completamente alrededor del taladro, respectivamente al taladro, en una alternativa también es factible procesar la superficie frontal de la raíz de modo que un anillo de material de superficie sin procesar permanezca alrededor del taladro y que la abertura en la placa de calce o cada una de ellas tenga al menos el mismo o mayor diámetro que el anillo de material restante. Este  
25 anillo de material restante es un área que evita que el material eliminado caiga en el taladro.

Como se mencionó anteriormente, la placa de calce se fija a la superficie frontal de la raíz procesada, siendo la abertura de la placa de calce concéntrica al taladro, de modo que la placa de calce rodea el taladro. Si bien es preferente disponer solo una capa de una placa de calce en la superficie frontal, también es posible disponer  
30 dos o más placas de calce apiladas una encima de la otra. Esto, por ejemplo, permite ajustar la altura total de la pila de placas de calce para ajustarla a la profundidad del rebaje o área donde se retiró el material. Las placas de calce se pueden proporcionar en un conjunto que comprende varias placas de calce que tienen diferentes espesores, por ejemplo dentro de un intervalo de 0,1 - 10,0 mm, de modo que es posible ajustar con mucha precisión la altura de la pila.

De acuerdo con un modo de realización preferente de la invención, es posible insertar la placa de calce o cada una de ellas con un ajuste de forma en la superficie frontal de la ruta procesada. Como ya se mencionó anteriormente, se usa preferentemente una herramienta de extracción giratoria, por ejemplo, una herramienta de fresado, que permite procesar una ranura o rebaje en forma de anillo circular alrededor del taladro. En este caso, se puede realizar fácilmente un ajuste de forma de la placa de calce o de cada una de ellas en este rebaje  
35 usando una placa de calce redonda, en forma de disco o de anillo. En caso de que las áreas procesadas en forma de anillo se solapen ligeramente, las placas de calce con ajuste de forma tienen una circunferencia exterior adaptada con un rebaje de media luna en el que encaja la placa adyacente. Este ajuste de forma permite una ligera fijación de la placa de calce respectiva, que preferentemente también se fija adicionalmente a la raíz mediante un dispositivo de fijación, por ejemplo, un tornillo, que se atornilla en la superficie frontal de la raíz. También puede fijarse mediante un pegamento o similar.  
50

Preferentemente, la placa de calce o las placas de calce apiladas están dispuestas a ras de la superficie frontal sin procesar. Esto asegura que, después de la reparación final, la superficie frontal de la raíz tenga una superficie uniforme, respectivamente un plano uniforme. También es posible que la placa de calce o la placa  
55 apilada se extienda muy ligeramente por encima de la superficie no procesada, mientras que no debe ser más baja que la superficie, ya que en este caso queda una abertura en la que nuevamente puede entrar cualquier lubricante dañino o similar.

La profundidad a la que se procesan las superficies frontales de la raíz puede estar dentro del intervalo de 0,1 a 10 mm con respecto a la superficie frontal de la raíz sin procesar. Además, la placa de calce o cada una de ellas puede tener un espesor de 0,1 - 10 mm, mientras que el espesor de una sola placa de calce puede ser menor que la profundidad procesada debido a la posibilidad de apilar varias placas de calce.  
60

Como ya se mencionó anteriormente, es posible fijar la placa de calce o la placa de calce apilada cuando se fijan en la raíz por medio de un dispositivo de fijación, incluso si no se proporciona un ajuste de forma. Este dispositivo de fijación puede ser, como se mencionó, por ejemplo, un tornillo o un adhesivo o similar.  
65

En un modo de realización preferente, se usa una placa de calce que tiene un sellado provisto al menos en el lado opuesto a las superficies frontales de la raíz. Este sello está fijado a la superficie del buje o al cojinete. Como este sellado rodea la abertura de la placa de calce, también rodea el taladro y, por lo tanto, es un área de sellado que, además, evita que cualquier lubricante dañino entre en el área del perno. También es posible proporcionar ambos lados de la placa de sellado con respectivos medios de sellado. En caso de que se apilen varias placas de calce, al menos la placa de calce más exterior está provista del sellado, mientras que también se pueden proporcionar sellados en las otras placas de calce para proporcionar niveles de sellado respectivos también dentro de la pila.

Se puede realizar un sellado en forma de junta tórica, preferentemente cuando se usan placas de sellado en forma de anillo o disco. Estos anillos de estanqueidad están dispuestos preferentemente cerca de la circunferencia exterior de la placa de calce respectiva. Si se usan placas de calce más grandes que rodean varios orificios, también se puede usar una junta tórica, que está dispuesta cerca de la circunferencia exterior. En una alternativa a dicha junta tórica, también se puede usar un medio de sellado en forma de pasta, preferentemente curable. Una tercera alternativa es una cinta de sellado que se fija a la placa respectiva. Para fijar el sellado respectivo, no importa cuál sea, se puede proporcionar una pequeña ranura en la superficie de la placa de sellado, en cuyo surco se fijan los medios de sellado.

La placa de calce puede ser de varios materiales, por ejemplo, metal o un polímero apropiado (plástico). También se puede usar una placa de calce hecha de un material compuesto, por ejemplo, que comprenda capas de metal y polímero o una combinación de un metal y un material de fibra o similar, mientras que también se pueden usar placas de material de fibra pura.

Como ya se mencionó anteriormente, la herramienta de extracción se usa para eliminar el material de la superficie desgastada. Preferentemente, se usa una herramienta giratoria como una herramienta de fresado. Esta herramienta giratoria permite una fácil preparación de las respectivas ranuras o rebajes circulares mencionados que rodean un taladro o, cuando el radio de trabajo de la herramienta de fresado es lo suficientemente grande, para procesar también áreas más grandes de la superficie frontal.

La herramienta de extracción se puede fijar preferentemente a la raíz por medio de un mecanismo de sujeción que se acopla a la superficie interior y exterior de la raíz. Este mecanismo de acoplamiento puede comprender soportes de sujeción o brazos de fijación, que se fijan o sujetan firmemente contra las paredes de la raíz para fijar firmemente la herramienta. Como alternativa, también es posible que la herramienta se fije a la raíz mediante uno o dos pernos insertados en taladros adyacentes al área a procesar. En este modo de realización, los pernos respectivos se atornillan en los pernos de fijación transversales, en los cuales, cuando se montan, se atornillan los pernos de la pala.

En otro modo de realización, se usa una herramienta de extracción que comprende un bastidor de herramienta que se debe fijar a la placa y un cabezal de herramienta intercambiable. Esto permite cambiar simplemente el cabezal de la herramienta que comprende la parte de fresado para cambiar de una herramienta que procesa un área más pequeña, como solo un área alrededor de un orificio, a una herramienta usada para procesar áreas más grandes.

Finalmente, es preferente usar una herramienta con un dispositivo de eliminación de polvo del procesamiento como un dispositivo de aspiración o una especie de depósito en el que se acumula el polvo.

Aparte del procedimiento para reparar la raíz, la invención también se refiere a una pala de rotor para una turbina eólica, con una raíz que comprende varios taladros para recibir un perno y que se extiende desde la superficie frontal de la raíz hacia el interior de la pala. Esta pala de rotor está caracterizada por que la raíz se repara de acuerdo con el procedimiento descrito anteriormente con al menos una placa de calce dispuesta en la superficie frontal de la raíz.

Más detalles y ventajas de la invención resultarán evidentes a partir de la siguiente descripción y los dibujos respectivos. Los dibujos son bocetos principales y muestran:

Fig. 1 una vista parcial en perspectiva de una pala de rotor que muestra la raíz y la superficie frontal de la raíz,

Fig. 2 la disposición de la fig. 1 después de retirar el material de la superficie que rodea un orificio y una placa de calce que se fijará en la superficie frontal,

Fig. 3 la disposición de la fig. 2 con la placa de calce fijada,

Fig. 4 una vista en sección a lo largo de las líneas IV-IV de la fig. 3,

- Fig. 5 una disposición de acuerdo con la fig. 1 después de la eliminación de un área de material de superficie más grande y una placa de calce de otro modo de realización que cubre el área más grande,
- 5 Fig. 6 un dibujo principal de una herramienta de extracción fijada a la raíz de la pala usada para eliminar material de acuerdo con la disposición mostrada en la fig. 2,
- Fig. 7 una vista parcial de la raíz siendo el material retirado alrededor de un taladro,
- 10 Fig. 8 una vista parcial en perspectiva con un bastidor de herramienta de la herramienta de extracción fijado a la raíz después de eliminar el material de la superficie y con una placa de calce ya fijada,
- Fig. 9 la disposición de la fig. 8 después de fijar una segunda placa de calce,
- 15 Fig. 10 una vista de la superficie frontal con tres placas de calce que se acoplan entre sí y que comprenden medios de sellado y,
- Fig. 11 una turbina eólica que comprende una pala de rotor de la invención.
- 20 La Fig. 1 muestra un esquema de principio de una pala de rotor 1 para una turbina eólica, que comprende una raíz 2, raíz 2 que está fijada al buje, respectivamente un cojinete de cabeceo dispuesto en el buje.
- La raíz 2 comprende una superficie frontal de la raíz 3, donde se proporcionan varios taladros 4, en los que se insertan los respectivos pernos usados para fijar la pala del rotor 1 al buje, respectivamente el cojinete, pernos que se atornillan en los respectivos taladros roscados de los pernos de fijación 5 fijados a la raíz 2 y extendiéndose transversalmente a los respectivos taladros 4.
- 25 En un área 6 alrededor del taladro 4 que se muestra en el medio del ejemplo representado, la superficie frontal 3, respectivamente el material de la superficie está desgastado, como se muestra por las líneas que se asemejan a algún tipo de grietas o similares. Esta área es dañina, ya que un lubricante o grasa o similar del cojinete de cabeceo, que pierde en el cojinete, respectivamente el sello del cojinete puede introducirse en esta área 6 y, por lo tanto, puede desgastar aún más esta área, lo que también puede provocar un desgaste del perno, que puede oxidarse y, en el peor de los casos, finalmente romperse. Para reparar esta área 6 se usa una herramienta de extracción, que se divulga con más detalle más adelante.
- 30 Con esta herramienta se retira una ranura o rebaje circular 7, ver fig. 2, que rodea el taladro 4. El diámetro del rebaje 7 y, por tanto, la zona de trabajo de la herramienta de extracción, preferentemente una herramienta de fresado se ajusta preferentemente a la dimensión del área 6.
- 40 Después de retirar el material desgastado, se inserta en el rebaje 7 una placa de calce 8 que tiene también en este modo de realización una forma de anillo o de disco. La placa de calce 8 comprende una abertura 9 que tiene al menos el mismo diámetro que el taladro 4, pero también puede tener un diámetro ligeramente mayor, ya que es posible procesar la superficie frontal de la raíz 3 de una manera que un anillo de material, que está sin procesar, puede permanecer rodeando el taladro 4.
- 45 Sin embargo, después de proporcionar el rebaje 7, la placa de calce 8 se inserta en el rebaje 7, siendo la abertura 9 concéntrica al taladro 4. Debido a la geometría correspondiente, la placa de calce 8 se inserta con un ajuste de forma en el rebaje 7. Puede fijarse en el rebaje 7 con los medios de fijación como un tornillo o un adhesivo o similar.
- 50 La Fig. 4 muestra una vista en sección de la raíz de la pala 2 a lo largo de las líneas IV-IV de la fig. 3. Muestra que la placa de calce 8 se inserta con un ajuste de forma en el rebaje. La profundidad del rebaje 7, que puede estar entre 0,1 - 10 mm, y la altura de la placa de calce 8 son preferentemente iguales, de modo que la superficie 10 de la placa de calce 8 esté a ras con la superficie frontal de la raíz 3 sin procesar.
- 55 La Fig. 4 muestra una línea de trazos 11 que se extiende a través de la placa de calce 8. Esta línea indicará que también es posible apilar dos placas de calce 8 separadas entre sí, en caso de necesidad también más de dos placas de calce, que tengan la misma geometría. Las placas de calce 8 pueden tener el mismo espesor o un espesor variable. Es posible proporcionar un conjunto completo de placas de calce con espesores variables, desde un espesor muy bajo de, por ejemplo, 0,1 mm hasta un espesor notablemente alto de 10 mm. Con este juego es posible ajustar con precisión la altura total de la pila de placas de calce para nivelar las superficies 10 y 3. Las placas de calce apiladas también se pueden fijar entre sí o con un tornillo de fijación común.
- 60 La Fig. 5 muestra un modo de realización de una pala de rotor 1 con una raíz 2 y una superficie frontal de la raíz 3, en la que se proporcionan los respectivos taladros 4. En este modo de realización, la herramienta de extracción o fresado tiene un diámetro de trabajo notablemente grande, que está indicado por las líneas de
- 65

trazos 12. El diámetro de trabajo se superpone. Esto permite producir un rebaje 7 relativamente grande que se extiende a, o rodea varios taladros 4, en el modo de realización mostrado cubre tres taladros 4.

5 La Fig. 5 también muestra una placa de calce 8 de otro modo de realización, que está formada de acuerdo con la geometría del rebaje 7 mostrado en la fig. 4. Está curvada, de acuerdo con la curvatura de la raíz 2, y tiene bordes redondeados 13 correspondientes a la geometría de borde del rebaje 7.

10 De manera similar al modo de realización descrito previamente, esta placa de calce 8 se inserta en el rebaje 7 y se fija atornillando o pegando o similar. Cubre toda el área, respectivamente el rebaje 7, reparando así el área de superficie desgastada que rodea varios taladros 4.

También en este modo de realización es posible apilar varias placas de calce 8 de forma idéntica, como ya se mencionó en la Fig. 4.

15 La Fig. 6 muestra un esquema de principio de una herramienta de extracción 14, en este caso una herramienta de fresado, que está fijada a la raíz 2 y que se usa para preparar un rebaje de acuerdo con el modo de realización de la fig. 2. La herramienta de extracción 4 comprende un bastidor de herramientas 15 que, véase la fig. 8, está fijado a la raíz 2 por medio de pernos 16 que se insertan en los taladros 4 adyacentes al taladro 4 que se procesa. Estos pernos 16 se atornillan en los respectivos pernos de fijación 5.

20 La Fig. 8 muestra sólo el bastidor de herramientas 15 pero no el cabezal de la herramienta 17, que también se muestra en la fig. 6. El cabezal de la herramienta 17 comprende un dispositivo de extracción de polvo del procesamiento 18, aquí en forma de caja, al que, por ejemplo, se le puede fijar un dispositivo de aspiración como una aspiradora. Esto es preferentemente para evitar que cualquier polvo del procesamiento caiga en el taladro procesado 4.

25 Dado que el cabezal de la herramienta 17 se puede quitar del bastidor de herramientas 15, es posible cambiar el cabezal de la herramienta si es necesario, usando así un cabezal de herramienta que proporcione rebajes de acuerdo con la Fig. 2 o cambiar el cabezal de la herramienta 17 por un cabezal con un diámetro de trabajo mayor para la preparación de los rebajes de acuerdo con la Fig. 5.

30 La Fig. 7 muestra una vista frontal de la superficie frontal de la raíz 3 que muestra un taladro 4 en la superficie frontal de la raíz 3 sin procesar y un taladro 4 con un rebaje 7 procesado que lo rodea. En este modo de realización, un anillo restante 19 de material de superficie sin procesar rodea el taladro 4. La placa de calce 8, una de las cuales se muestra en la fig. 8, realiza un ajuste de forma en este rebaje 7 y por lo tanto tiene un diámetro de su abertura 9 que corresponde al diámetro exterior del anillo de material restante 19.

En la situación mostrada en la fig. 7, la herramienta de extracción 14 se fija a la raíz 2 y procesa otro taladro 4.

35 El resultado de estas etapas de procesamiento se muestra en la fig. 8, con el rebaje 7 fresado alrededor del taladro 4. Para preparar el anillo de material restante 19 se puede usar un manguito 20 que se inserta en el taladro 4 y que define el diámetro exterior del anillo de material 19 que lo cubre respectivamente mientras se fresa el rebaje 7.

40 La Fig. 9 muestra la superficie frontal de la raíz 3 con dos placas de calce 8 ajustadas en forma en los respectivos rebajes 7. Como se mencionó anteriormente, las superficies 10 de las respectivas placas de calce 8 están a ras con la superficie frontal 3 o se extienden muy ligeramente sobre esta superficie frontal.

45 Una vez finalizada la reparación, la pala del rotor 1 se puede volver a montar. Después de fijarla al buje, respectivamente el cojinete, la superficie frontal de la raíz 3 sin procesar y las superficies 10 de la placa de calce, se fijan firmemente contra el buje o superficie de cojinete correspondiente. Como la superficie 10 de la placa de calce es nueva y completamente intacta, se evita cualquier entrada de lubricante dañino como grasa, agua o similar en el taladro 4 asegurado.

50 La Fig. 10 muestra otro modo de realización de las placas de calce 8. La Fig. 10 muestra la superficie frontal de la raíz 3 con tres taladros 4 y con tres rebajes 7 previstos en la superficie frontal de la raíz 3 dejando un anillo de material restante 19 alrededor del taladro 4 respectivo. Como se muestra, los rebajes 7 se superponen ligeramente. Para ajustar en forma las respectivas placas de calce 8 es necesario adaptar su geometría. Debido a la superposición, cada placa de calce 8 comprende un rebaje 20 en forma de media luna en el que encaja la placa de calce 8 adyacente.

55 Además, cada placa de calce 8 comprende un sellado 21, aquí en forma de una junta tórica, que se inserta en una ranura 22 respectiva prevista cerca de la circunferencia exterior de la placa de calce 8 respectiva. Este sellado 21 hace tope con la superficie adyacente respectiva del buje, respectivamente el cojinete, y sella herméticamente el área del respectivo taladro 4 al entorno evitando cualquier entrada de sustancias dañinas.

65

Aparte de una junta tórica, es posible usar un medio de sellado en forma de pasta, preferentemente curable, relleno en la ranura 22 respectiva o una cinta de sellado o similar.

5 La Fig. 10 también muestra los respectivos medios de fijación 23 en forma de tornillos que se extienden a través de las respectivas aberturas en las respectivas placas de calce 8 y que se atornillan en la parte inferior del respectivo rebaje 7 para fijar la placa de calce 8. Aparte de dicho tornillo, también se puede usar un adhesivo.

10 Finalmente la fig. 11 muestra una turbina eólica 24, que comprende una góndola 25 dispuesta en una torre 26. La góndola 25 comprende un buje 26, al que se fijan varias palas de rotor 1 de la invención, después de que hayan sido reparadas de acuerdo con el procedimiento de la invención.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Procedimiento para reparar la raíz (2) de una pala de rotor (1) de una turbina eólica (24), comprendiendo la raíz (2) varios taladros (4) para recibir un perno y que se extienden desde la superficie frontal de la raíz (3) hacia el interior de la pala (1), **caracterizado por que** al menos una parte del material de la pala de la superficie frontal que rodea el taladro (4) se retira con una herramienta de extracción (14) y que al menos una placa de calce (8) se fija a la superficie frontal procesada que rodea el taladro (4).
- 10 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado por que** con la herramienta de extracción (14) solo se procesa un área que rodea un taladro (4) o se procesa un área que rodea varios taladros (4).
- 15 3. Procedimiento según la reivindicación 1 o 2, **caracterizado por que** se usa la placa de calce (8), que tiene solo una abertura (9), rodeando solo un taladro (4), o por que se usa una placa de calce (8), que tiene más de una abertura (9), rodeando más de un taladro (4).
- 20 4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado por que** se usa una placa de calce (8), que tiene una sola abertura (9), con forma de anillo, forma ovalada o forma rectangular o poligonal, o por que se usa una placa de calce (8), que tiene más de una abertura (9), con una forma curvada de acuerdo con el radio de la superficie frontal de la raíz (3) y con una forma rectangular o poligonal o libre o con extremos redondeados (13).
- 25 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se procesa la superficie frontal de la raíz (3) de manera que un anillo de material (19) de material de superficie sin procesar permanece alrededor del taladro (4) y por que la abertura (9) en la placa de calce (8) o cada una de ellas tiene al menos un diámetro igual o mayor que el anillo de material (19).
- 30 6. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se fija una sola capa de una placa de calce (8) o por que se apilan dos o más placas de calce (8) una encima de la otra.
- 35 7. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la placa de calce (8) o cada una de ellas se inserta con un ajuste de forma en el rebaje (7) en la superficie frontal de la raíz procesada.
- 40 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la placa de calce (8) o las placas de calce (8) apiladas se disponen a ras de la superficie frontal de la raíz (3) sin procesar adyacente.
- 45 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la superficie frontal de la raíz (3) se procesa a una profundidad de 0,1 - 10 mm con respecto a la superficie frontal de la raíz (3) sin procesar, y por que la placa de calce (8), o cada una de ellas, usada tiene un espesor de 0,1 - 10 mm.
- 50 10. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la placa de calce (8) o las placas de calce (8) apiladas se fijan a la raíz (2) mediante un dispositivo de fijación (23).
- 55 11. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se usa una placa de calce (8) con un sellado (21) dispuesto al menos en el lado opuesto a la superficie frontal de la raíz (3).
- 60 12. Procedimiento según la reivindicación 12, **caracterizado por que** el sellado (21) es una junta tórica (22), un medio de sellado en forma de pasta, preferentemente curable, o una cinta de sellado.
- 65 13. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se usa la placa de calce (8) fabricada de metal, polímero, material compuesto o material fibroso.
14. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se usa una herramienta de fresado (14).
15. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la herramienta de extracción (14) se fija a la raíz (4) mediante un mecanismo de sujeción que se acopla en la superficie interior y exterior de la raíz, o por que la herramienta de extracción (14) es fijada a la raíz mediante uno o dos pernos (16) insertados en los taladros (4) adyacentes al área a procesar.
16. Procedimiento según una de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** se usa una herramienta de extracción (14) que comprende un bastidor de herramientas (15) que se debe fijar a la

pala (1) y un cabezal de herramienta intercambiable (17), y/o que se usa una herramienta de extracción (14) con un dispositivo de eliminación de polvo del procesamiento (18).

- 5 17. Pala de rotor para una turbina eólica, con una raíz (2) que comprende varios taladros (4) para recibir un perno y que se extienden desde la superficie frontal de la raíz (3) hacia el interior de la pala (1), **caracterizada por que** se repara la raíz (1) de acuerdo con el procedimiento según una de las reivindicaciones precedentes con al menos una placa de calce (8) dispuesta en la superficie frontal de la raíz (3).
- 10 18. Turbina eólica que comprende al menos una pala de rotor (1) según la reivindicación 17.

FIG 1

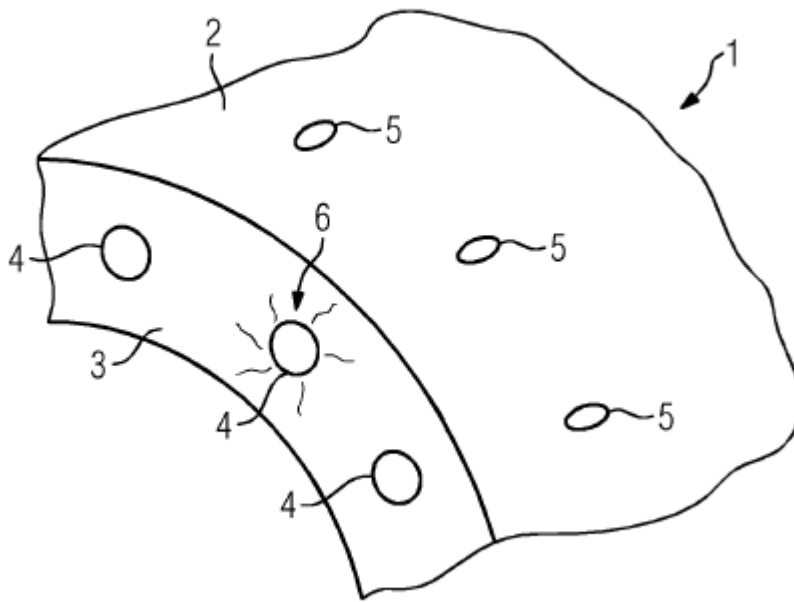


FIG 2

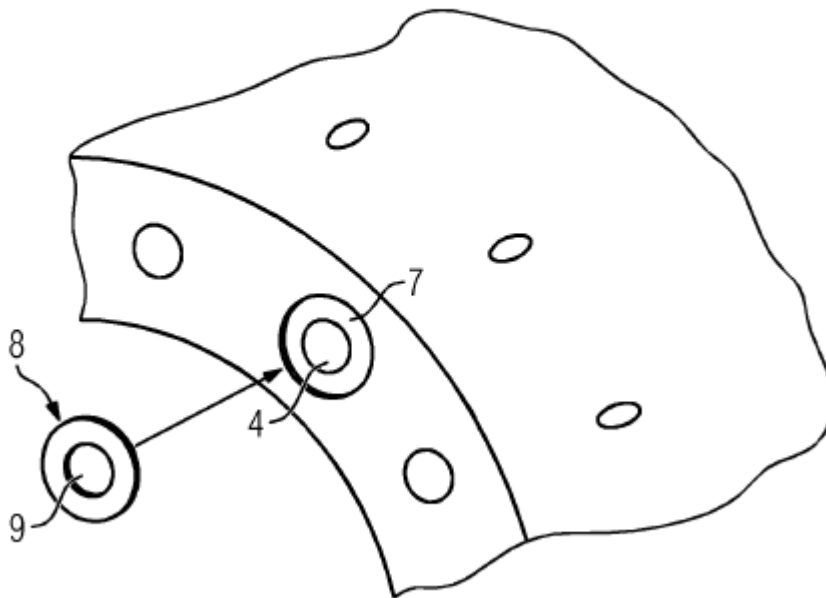


FIG 3

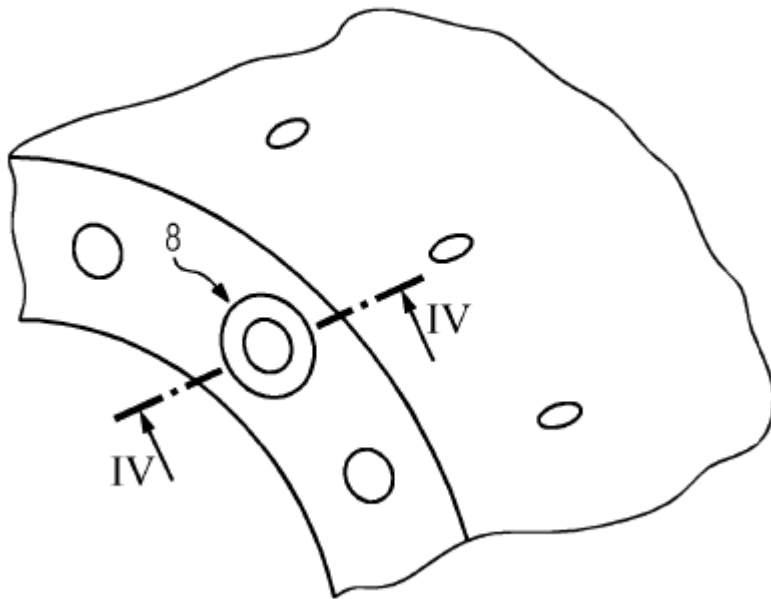


FIG 4

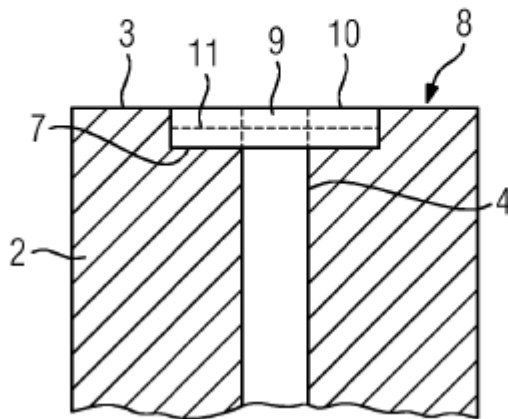


FIG 5

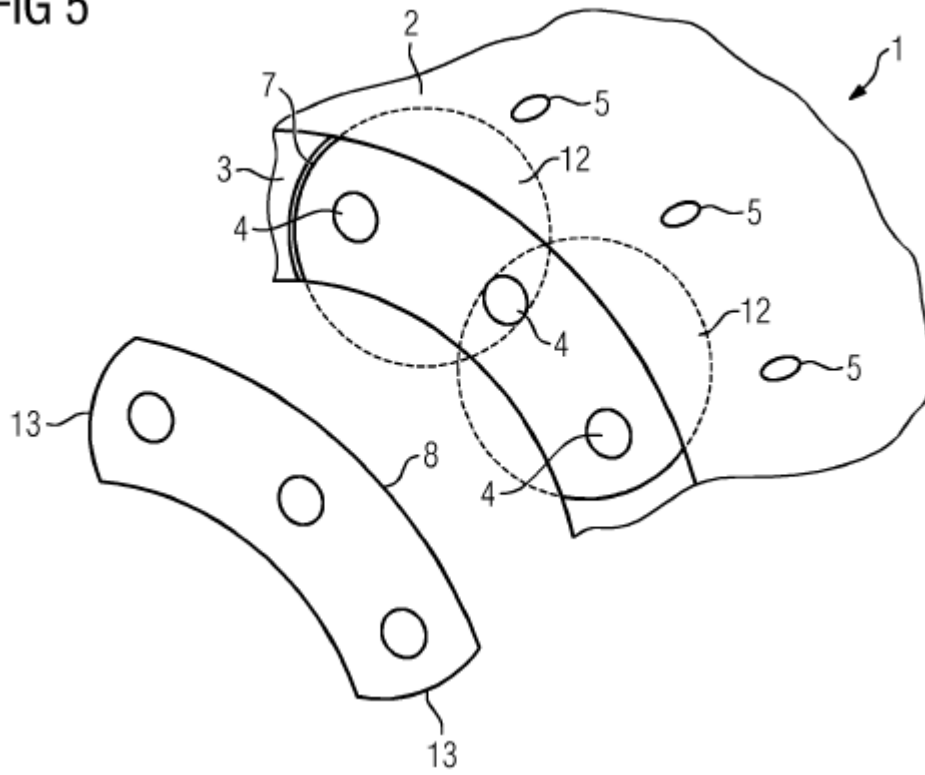


FIG 6

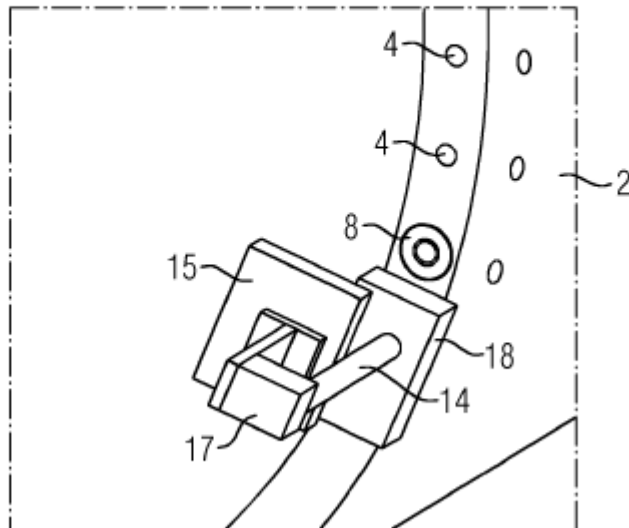


FIG 7

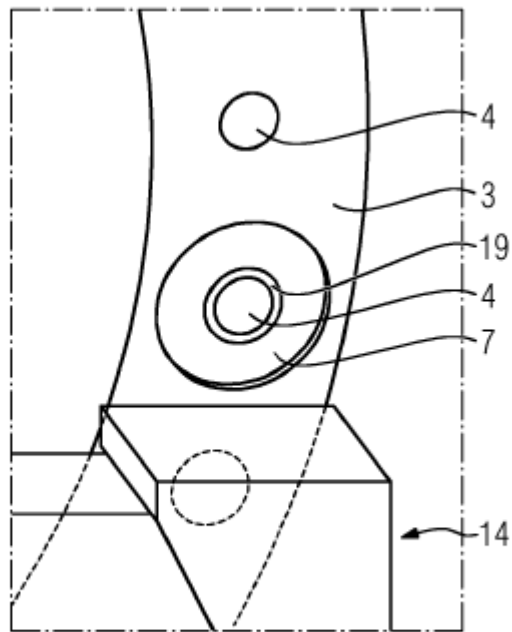


FIG 8

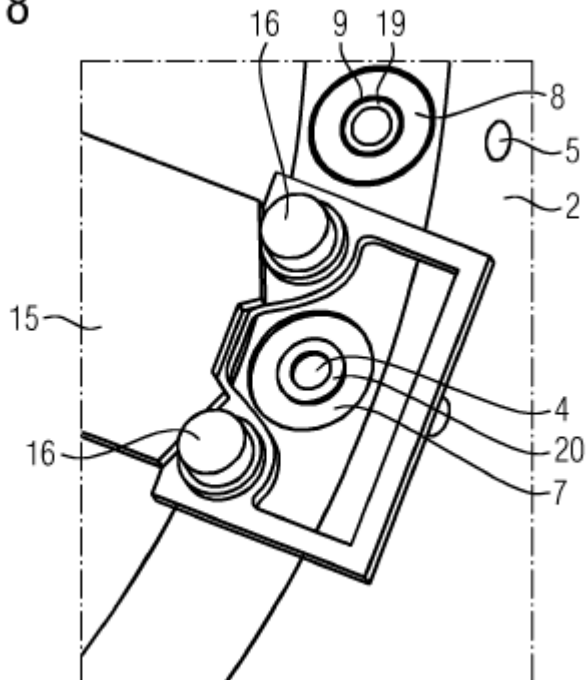


FIG 9

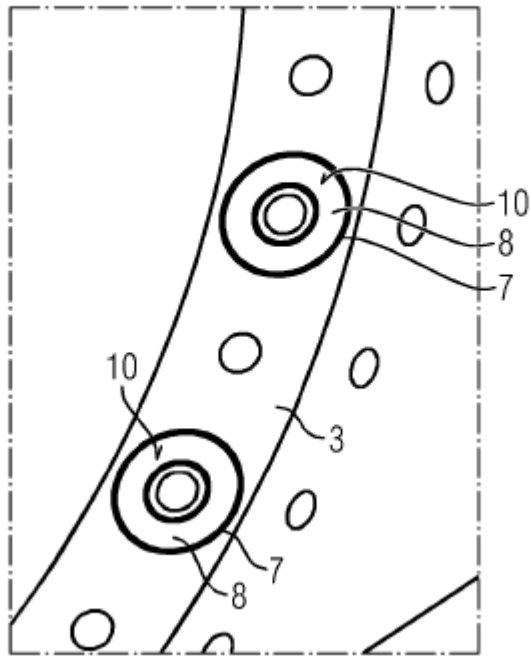


FIG 10

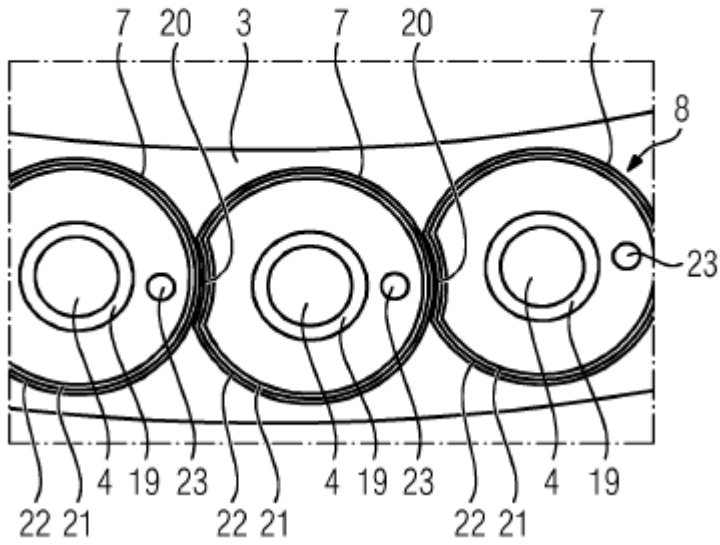


FIG 11

