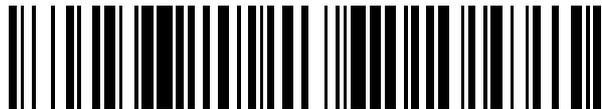


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 612 759**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **14.03.2013** **E 13159219 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.11.2016** **EP 2778389**

54 Título: **Herramienta para el montaje de las palas del rotor en un buje del rotor, dispositivo de construcción marino y procedimiento de ensamblaje de un generador eólico**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
18.05.2017

73 Titular/es:

AREVA WIND GMBH (100.0%)
Am Lunedeich 156
27572 Bremerhaven, DE

72 Inventor/es:

WOLZENBURG, HOLGER

74 Agente/Representante:

PADIAL MARTÍNEZ, Ana Belén

ES 2 612 759 T3

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

DESCRIPCIÓN

Herramienta para el montaje de las palas del rotor en un buje del rotor, dispositivo de construcción marino y procedimiento de ensamblaje de un generador eólico

Campo de la invención

- 5 La invención se refiere a una herramienta para el montaje de las palas del rotor en un buje del rotor de un generador eólico y a un dispositivo de construcción marino que comprende la herramienta. Además, la invención se refiere a un procedimiento de ensamblaje de un generador eólico.

Antecedentes de la invención

- 10 Durante la construcción o erección de un generador eólico (también conocido como una turbina eólica o una planta de energía eólica), una brida del árbol de un buje del rotor está acoplada a un árbol de un tren de accionamiento del generador eólico y las palas del rotor están montadas en las correspondientes bridas de las palas del buje del rotor. Sin embargo, un ensamblaje de una única pala de las palas del rotor en el buje del rotor lleva mucho tiempo. Es muy conocida la fabricación previa de la estrella del rotor, que es el buje del rotor junto con las palas del rotor montadas. En particular para los generadores eólicos marinos, la estrella del rotor puede ser previamente ensamblada en tierra.
- 15 En otras palabras, las palas del rotor están montadas en las correspondientes bridas de pala del buje del rotor en una instalación de producción en tierra. Después del ensamblaje, la estrella del rotor es transferida a un buque de transporte y transportada al sitio de construcción marino del generador eólico. Para generadores eólicos más pequeños, una pluralidad de estrellas del rotor se pueden apilar unas encima de otras para el transporte en el buque de transporte. Sin embargo, las modernas estrellas del rotor para los generadores eólicos de multimegavatios no se pueden apilar debido a su peso y tamaño considerables. En consecuencia, las estrellas del rotor se transportan individualmente. Esto, sin embargo, origina elevados gastos de transporte porque el buque de transporte, por ejemplo la barcaza autoelevadora, tiene un precio considerable de aproximadamente de 250.000 € al día. Además, las instalaciones portuarias estrechas pueden limitar las operaciones del buque de transporte. Para la manipulación de grandes estrellas del rotor, pueden ser necesarias obras de reconversión en el puerto, lo que origina elevados gastos para el fabricante del generador eólico.
- 20
- 25

- El documento DE 10 2009 011 915 A1 describe una instalación para el ensamblaje marino de palas del rotor en un buje del rotor. El buje del rotor y las palas del rotor se envían al sitio de construcción marino utilizando una barcaza autoelevadora. Una primera pala está montada previamente en el buje del rotor antes del envío. La segunda y la tercera palas del rotor se montan en el sitio de construcción marino. La barcaza autoelevadora comprende un soporte para la segunda y tercera palas del rotor. Los soportes operan sobre sistemas de raíles. Son para alinear las palas del rotor con respecto al buje del rotor, que permanece fijo durante la instalación de las palas del rotor. Sin embargo, los sistemas de raíles y los soportes son bastante complejos. Además, la barcaza autoelevadora descrita es capaz de ensamblar solamente una única estrella del rotor.
- 30

- El documento EP 2 354 537 A1 describe un procedimiento y un dispositivo para ensamblar una turbina eólica en el mar. El dispositivo comprende una estructura de soporte que está provista de medios para girar el buje de un rotor alrededor del eje longitudinal del buje. La estructura de soporte está además adaptada para conectarse a una plataforma marino de tal manera que los medios giratorios pueden estar situados fuera de la periferia de la plataforma. Sin embargo, el mecanismo para el montaje de las palas del rotor en el buje no es suficientemente sencillo y puede mejorarse más.
- 35

40 Sumario de la invención

Un objeto de la invención es proporcionar una herramienta para el montaje de palas del rotor en un buje del rotor, un dispositivo de construcción marino y un procedimiento de ensamblaje de un generador eólico que permita un ensamblaje más rápido y más económico de un generador eólico.

El objetivo se logra mediante el objeto de las reivindicaciones independientes.

- 45 En un aspecto de la invención, se proporciona una herramienta para el montaje de palas del rotor en un buje del rotor de un generador eólico. La herramienta puede comprender una primera parte y una segunda parte. La primera parte puede estar configurada para ser montada en un plano de la base de un dispositivo de montaje. La segunda parte puede estar configurada para recibir una brida del árbol del buje del rotor. La brida del árbol del buje del rotor puede estar configurada para ser montada sobre un árbol de un tren de accionamiento del generador eólico, cuando el buje del rotor está montado en un generador eólico. La segunda parte de la herramienta puede estar configurada para recibir esta brida particular del buje del rotor. Además, la segunda parte de la herramienta puede ser capaz de rotar con respecto a la primera parte.
- 50

- La primera parte puede ser un miembro sustancialmente cilíndrico. Entre la primera parte y la segunda parte se puede disponer de un cojinete para permitir una rotación entre las dos partes de la herramienta. Una capacidad de soporte de carga de la herramienta puede ser suficientemente elevada para transportar una carga del buje del rotor que incluya las palas del rotor. Además, la capacidad de soporte de carga de la herramienta puede ser
- 55

suficientemente elevada para soportar los momentos de inclinación o flexión que pueden aparecer cuando el buje del rotor no está equipado con todas las palas del rotor al mismo tiempo. Por ejemplo, puede haber un momento de inclinación significativo cuando solamente una pala del rotor está montada en el buje del rotor.

5 De forma ventajosa, la herramienta según aspectos de la invención simplifica el ensamblaje de las palas del rotor en el buje del rotor. Se puede utilizar una grúa para la manipulación de las palas del rotor durante el ensamblaje. Sin embargo, una grúa presenta normalmente un área de trabajo limitada. Es probable que exista una posición de trabajo óptima dentro del área de trabajo de la grúa para el ensamblaje de la pala del rotor en el buje del rotor. Sin necesidad de ninguna herramienta ni dispositivos adicionales, la herramienta para el montaje de las palas del rotor en un buje del rotor según aspectos de la invención permite girar el buje del rotor a esta posición óptima para el ensamblaje de cada pala del rotor. El ensamblaje de las palas del rotor puede realizarse uno tras otro consecutivos. Esto acelera el proceso de ensamblaje. De forma ventajosa, esto es cierto para el ensamblaje en tierra y marino de una estrella del rotor. Dentro del contexto de esta memoria descriptiva, una estrella del rotor comprende un buje del rotor y un número correspondiente de palas del rotor que se montan en el buje del rotor.

15 Según una realización de la invención, la herramienta comprende además una tercera parte. Esta parte puede estar dispuesta entre la primera parte y la segunda parte de la herramienta. Sin embargo, la tercera parte también puede estar dispuesta entre el plano de la base y la primera parte de la herramienta. La tercera parte está configurada para inclinar un plano de rotación de la segunda parte con respecto a la primera parte.

20 La tercera parte puede estar configurada para ser una parte estática o fija y rígida. Define, por lo tanto, un ángulo de inclinación constante entre el plano de rotación de la primera parte y el plano de la base del dispositivo de montaje. Sin embargo, la tercera parte se puede configurar también para proporcionar un ángulo de inclinación variable. Puede estar equipada con un accionamiento adecuado, que permita variar el ángulo de inclinación. El ángulo de inclinación puede estar entre 2° y 5°. En particular, el ángulo de inclinación puede estar entre 3° y 4°. Además, puede ser sustancialmente igual a 3,5°.

25 Según una realización ventajosa de la invención, la herramienta comprende además una unidad de accionamiento para girar la segunda parte con respecto a la primera parte. En particular, la unidad de accionamiento puede ser un accionamiento eléctrico, un accionamiento hidráulico o incluso un accionamiento mecánico. De forma ventajosa, la segunda parte de la herramienta puede ser girada con respecto a la primera parte sin necesidad de dispositivos o herramientas adicionales.

30 En otra realización de la invención, la segunda parte de la herramienta puede ser capaz de rotar con respecto a la primera parte de la herramienta en un plano de rotación. Además, la segunda parte puede comprender un soporte para recibir la brida del árbol del buje del rotor. El soporte se extiende en un plano de acoplamiento. El plano de rotación y el plano de acoplamiento pueden estar dispuestos para ser sustancialmente paralelos entre sí. La estrella del rotor puede ser ensamblada en posición sustancialmente horizontal utilizando la herramienta según la realización de la invención. De forma ventajosa, las palas del rotor y el buje del rotor son fácilmente accesibles cuando la estrella del rotor está en una posición horizontal. Por ejemplo, las palas del rotor se pueden ensamblar utilizando una simple carretilla elevadora.

35 En otra realización ventajosa de la invención, la herramienta comprende además una plataforma de trabajo. La plataforma de trabajo puede estar dispuesta sobre la primera parte. Además, la plataforma de trabajo puede incluir un suelo que puede estar dispuesto para ser sustancialmente perpendicular a una extensión en longitud de la primera parte. En otras palabras, el suelo de la plataforma de trabajo puede ser sustancialmente paralelo al plano de rotación de la segunda parte de la herramienta. La plataforma de trabajo puede estar montada sobre la primera parte en una sección superior de la misma. En particular, la plataforma de trabajo puede estar dispuesta en la mitad superior o incluso en el cuarto superior de la primera parte. La plataforma de trabajo puede disponerse en las proximidades de la segunda parte de la herramienta. En particular, la plataforma de trabajo puede ser circunferencial a la primera parte. De forma ventajosa, la plataforma de trabajo proporciona un fácil acceso a las bridas de las palas del rotor y a las bridas de las palas del buje del rotor. En particular, durante la inserción de las palas del rotor, la plataforma de trabajo puede ser útil para realizar el trabajo relacionado con la guía de la raíz de la pala en la correspondiente brida de la pala del buje del rotor.

40 Según otro aspecto ventajoso de la invención, se proporciona un dispositivo de construcción marino que comprende una herramienta según aspectos de la invención. La primera parte de la herramienta se puede montar sobre un plano de la base del dispositivo de montaje. En particular, el dispositivo de construcción marino puede ser una barcaza autoelevadora o un buque de construcción.

45 El dispositivo de construcción marino puede estar configurado para transportar más de un conjunto que comprenda un buje del rotor y un número correspondiente de palas del rotor para fabricar una pluralidad de estrellas del rotor. El dispositivo de construcción marino es, de forma ventajosa, capaz de equipar una pluralidad de generadores eólicos con estrellas del rotor en un único viaje o pasaje. Esto reduce el tiempo de viaje que es necesario para la construcción marina de un único generador eólico. Los costes fijos de, por ejemplo, una barcaza autoelevadora son considerables. Cuantos más generadores eólicos puedan estar equipados con estrellas del rotor durante un único pasaje, más ahorros de costes se pueden esperar.

5 Según una realización ventajosa de la invención, la segunda parte de la herramienta puede ser capaz de rotar con respecto a la primera parte de la herramienta en un plano de rotación. Este plano de rotación puede ser sustancialmente paralelo al plano de la base del dispositivo de construcción marino. De forma ventajosa, el dispositivo de construcción marino es adecuado para el ensamblaje horizontal de la estrella del rotor. El buje del rotor y las palas del rotor son fácilmente accesibles durante el ensamblaje horizontal. Por ejemplo, puede realizarse cómodamente un control de calidad.

10 En otra realización de la invención, el dispositivo de construcción marino puede comprender además una grúa para manipular la pala del rotor durante el ensamblaje de la pala del rotor en el buje del rotor. La grúa puede configurarse adicionalmente para ser adecuada para la manipulación del buje del rotor. Además, la grúa puede ser adecuada para la manipulación de la estrella del rotor.

Según otro aspecto ventajoso de la invención, se proporciona un buque de construcción o una barcaza autoelevadora que comprende una herramienta según aspectos de la invención. La primera parte de la herramienta está montada en un plano de la base del buque de construcción o de la barcaza autoelevadora.

15 Según otro aspecto ventajoso más de la invención, se proporciona un procedimiento para ensamblar un generador eólico. Un conjunto que comprende un buje del rotor y un número asociado de palas del rotor puede ser transportado a un sitio de construcción de un generador eólico. Dentro del contexto de esta memoria descriptiva, un conjunto que comprende el buje de rotación y un número asociado de palas del rotor es un conjunto de partes separadas y desmontadas. En otras palabras, la estrella del rotor no está ensamblada previamente. En particular, el buje del rotor y el número asociado de palas del rotor están separados entre sí durante el transporte del conjunto.

20 Una brida del árbol del buje del rotor puede ser montada sobre una herramienta. La brida del árbol del buje del rotor puede estar configurada para ser montada sobre un árbol de un tren de accionamiento del generador eólico, cuando el buje del rotor está montado en el generador eólico. Los dos pueden estar configurados para recibir esta brida particular del buje del rotor. Una primera pala del rotor puede estar montada sobre una primera brida de pala del buje del rotor. Esto puede realizarse cuando la herramienta está en una primera posición de montaje. El buje del rotor junto con la primera pala del rotor montada puede hacerse girar sobre la herramienta desde la primera posición de montaje hasta una segunda posición de montaje. Posteriormente, se puede montar una segunda pala del rotor sobre una segunda brida de pala del buje del rotor.

25 Las mismas o similares ventajas que ya se han mencionado con respecto a la herramienta según los aspectos de la invención se aplican al procedimiento de ensamblaje de un generador eólico de una manera igual o similar y no se repetirán.

30 Según una realización ventajosa de la invención, el buje del rotor puede comprender una serie de bridas de pala, en donde cada brida de pala está configurada para el montaje de una pala del rotor en el buje del rotor. La estrella del rotor, que es el buje del rotor junto con las palas del rotor montadas, se puede elevar hasta una góndola del generador eólico. La elevación de la estrella del rotor puede realizarse después de que todas las bridas de las palas estén equipadas con una pala correspondiente del rotor.

35 En comparación con el ensamblaje de una única pala, hay, de forma ventajosa, solo una operación de elevación para el montaje de la estrella del rotor en el generador eólico. Además, se puede transportar una pluralidad de conjuntos para fabricar una pluralidad de estrellas del rotor utilizando, por ejemplo, una barcaza autoelevadora. Después del ensamblaje de una primera estrella del rotor en un primer generador eólico, la barcaza autoelevadora puede ser transferida a un segundo sitio de construcción de un segundo generador eólico. Los generadores eólicos marinos están dispuestos normalmente en parques eólicos que comprenden una pluralidad de generadores eólicos. Hay un corto tiempo de viaje desde un generador eólico al siguiente. La barcaza autoelevadora puede usarse muy eficazmente para la construcción de una pluralidad de generadores eólicos.

40 Según otra realización ventajosa de la invención, la herramienta puede estar dispuesta sobre un plano de la base de un dispositivo de montaje, por ejemplo sobre un plano base de una barcaza autoelevadora. El buje del rotor puede ser girado junto con una primera pala del rotor montada, en donde durante esta rotación, la primera pala del rotor es pivotada en un plano que puede ser sustancialmente paralelo al plano de la base del dispositivo de montaje. Sin embargo, el plano de la rotación puede, también, estar inclinado. De forma ventajosa, se puede realizar un ensamblaje horizontal de la estrella del rotor. Cada pala del rotor puede ser montada en el buje del rotor en una posición que puede ser óptima, por ejemplo, para una grúa que maneja la pala del rotor durante el ensamblaje.

45 En otra realización ventajosa de la invención, cada brida de pala del rotor tiene una dirección de recepción a lo largo de la cual se monta una pala del rotor sobre esta brida del rotor particular. La dirección de recepción puede ser sustancialmente perpendicular a un plano de una superficie de contacto de la correspondiente brida de pala. Las bridas de palas contiguas del buje del rotor pueden estar separadas en un ángulo. Este ángulo puede ser determinado entre una proyección de las direcciones receptoras de las bridas contiguas en un plano que es sustancialmente paralelo a una superficie de contacto de la brida del árbol del buje del rotor. La etapa de hacer girar el buje del rotor entre la primera posición de montaje y la segunda posición de montaje puede comprender hacer

girar el buje del rotor en un ángulo que sea sustancialmente igual al ángulo entre las bridas de pala contiguas. De forma ventajosa, las palas de la estrella del rotor pueden ser montadas en su posición óptima una tras otra.

Breve descripción de los dibujos

- 5 Otros aspectos y características de la invención resultan de la siguiente descripción de las realizaciones preferidas de la invención con referencia a los dibujos adjuntos, en donde
- La Fig. 1 es una vista lateral simplificada de una herramienta para el montaje de palas del rotor sobre un buje del rotor según una realización de la invención,
- La Fig. 2 es una vista en planta simplificada de un dispositivo de construcción marino según una realización de la invención, en donde una herramienta para el montaje de palas del rotor está en una primera posición,
- 10 La Fig. 3 es una vista en planta simplificada del dispositivo de construcción marino de la Fig. 2, en donde la herramienta está en una segunda posición,
- La Fig. 4 es una vista lateral simplificada que muestra un dispositivo de construcción marino según una realización de la invención, en donde el dispositivo va a elevar una estrella del rotor hasta una góndola de un generador eólico, y
- 15 La Fig. 5 es una vista lateral simplificada de una herramienta para el montaje de palas del rotor sobre un buje del rotor según otra realización de la invención.

Descripción detallada de realizaciones de ejemplo

- 20 La Fig. 1 es una vista lateral simplificada de una herramienta 2 para el montaje de palas 4 del rotor en un buje 6 del rotor de un generador eólico, según una realización de la invención. La herramienta 2 puede comprender una primera parte 8 y una segunda parte 10. La primera parte 8 puede estar configurada para ser montada sobre un plano 12 de la base de un dispositivo de montaje. Este dispositivo de montaje puede ser un sitio de construcción marino, por ejemplo un buque o una barcaza autoelevadora. El dispositivo de montaje también puede ser un sitio de construcción en tierra. La herramienta 2 es aplicable, de forma ventajosa, tanto a sitios de construcción en tierra como marino para el montaje de palas 4 del rotor en el buje 6 del rotor. A modo de ejemplo solamente, se hace
- 25 referencia a un dispositivo de construcción marino que puede ser una barcaza autoelevadora o un buque de construcción. La primera parte 8 de la herramienta 2 puede estar acoplada a la segunda parte 10 utilizando un cojinete adecuado. La segunda parte 10 puede ser capaz de rotar con respecto a la primera parte 8 alrededor de un eje A vertical. En particular, el eje A vertical puede ser sustancialmente perpendicular al plano 12 de la base.
- La segunda parte 10 de la herramienta 2 puede configurarse para recibir una brida 14 del árbol del buje 6 del rotor.
- 30 Cuando el buje 6 del rotor no está montado sobre la herramienta 2 sino sobre un generador eólico, la brida 14 del árbol puede estar configurada para el montaje del buje 6 del rotor sobre un árbol de un tren de accionamiento del generador eólico.
- La herramienta 2 puede comprender además una unidad 16 de accionamiento, que puede ser un accionamiento eléctrico, un accionamiento hidráulico o incluso un accionamiento mecánico. La unidad 16 de accionamiento puede
- 35 configurarse para hacer girar la segunda parte 10 con respecto a la primera parte 8. En particular, la unidad 16 de accionamiento puede configurarse para girar la segunda parte 10 alrededor del eje A vertical. La segunda parte 10 de la herramienta 2 puede hacerse girar en un plano de rotación que puede ser sustancialmente perpendicular al eje A vertical. Además, la segunda parte 10 puede comprender un soporte para recibir la brida 14 del árbol del buje 6 del rotor. El soporte puede extenderse en un plano de acoplamiento que puede ser además sustancialmente paralelo al plano de rotación. El buje 6 del rotor junto con una o más palas 4 del rotor montadas puede hacerse girar
- 40 alrededor del eje A vertical, por ejemplo utilizando la unidad 16 de accionamiento.
- Además, la herramienta 2 puede comprender una plataforma 18 de trabajo. La plataforma 18 de trabajo puede ser montada sobre la primera parte 8 de la herramienta 2. En particular, la plataforma 18 de trabajo puede ser montada sobre una parte superior de la primera parte 8 de la herramienta 2, por ejemplo en una mitad superior o en un cuarto
- 45 superior de la primera parte 8. La plataforma 18 de trabajo puede estar dispuesta en las proximidades de la segunda parte 10 de la herramienta 2. Un suelo 20 de la plataforma 18 de trabajo puede proyectarse en un plano que sea sustancialmente perpendicular al eje A vertical. La plataforma 18 de trabajo puede comprender además una barandilla 22 que sirva como protección contra caídas para los usuarios de la plataforma 18 de trabajo. En particular, la plataforma 18 de trabajo puede ser circunferencial a la primera parte 8 de la herramienta 2.
- 50 Con el fin de fijar la pala 4 del rotor en el buje 6 del rotor, los trabajadores u operarios tienen que llegar al interior del buje 6 del rotor. Esto es necesario para instalar los pernos de las palas, por ejemplo. La primera parte 8 de la herramienta 2 puede estar provista de una entrada o puerta, que permita a los trabajadores entrar en el interior de esta parte. La entrada puede estar dispuesta en la parte inferior de la primera parte 8. El acceso al interior del buje 6 del rotor puede estar provisto de una escalera o de un elevador que se instale dentro de la herramienta 2.

Según otra realización de la invención, la entrada está dispuesta en la parte superior de la primera parte 8. Se puede alcanzar desde la plataforma 18. Otra opción para entrar en el interior del buje 6 del rotor es escalar dentro del buje 6 del rotor utilizando una escalera entre la plataforma 18 y una brida 24 de pala vacía. Una de las soluciones anteriores puede ser utilizada para que los operarios salgan del buje 6 del rotor una vez que se instala la última pala 4 del rotor.

Una plataforma de trabajo puede estar dispuesta dentro de la primera parte 8 de la herramienta 2. Esta plataforma puede ser útil para fijar temporalmente el buje 6 del rotor en la herramienta 2. Los pernos y tornillos de buje pueden ser insertados cómodamente usando esta plataforma interior.

La primera parte 8 y la segunda parte 10 de la herramienta 2 pueden ser miembros sustancialmente cilíndricos. Pueden estar fabricados de acero. Esto se aplica, de forma ventajosa, a todas las realizaciones de la invención.

Para el ensamblaje de una estrella del rotor de un generador eólico, el buje 6 del rotor puede estar dispuesto sobre la segunda parte 10 de la herramienta 2. En particular, la brida 14 del árbol del buje 6 del rotor puede estar dispuesta en el soporte, que puede estar situado en el lado superior de la segunda parte 10 de la herramienta 2. El buje 6 del rotor puede fijarse temporalmente en el soporte de la segunda parte 8 de la herramienta 2. Una primera pala 4 del rotor puede ser montada sobre una primera brida 24 de pala del buje 6 del rotor. La pala 4 puede ser elevada hasta el buje 6 del rotor y una pluralidad de tornillos y pernos, que puede extenderse desde una brida de la raíz de la pala de la pala 4 del rotor, pueden ser insertados en los correspondientes orificios pasantes de la brida 24 de pala del buje 6 del rotor. Después del ensamblaje de la primera pala 4 en el buje 6 del rotor, el buje 6 del rotor junto con la pala 4 montada pueden hacerse girar desde una primera posición de montaje hasta una segunda posición de montaje. En la segunda posición de montaje, una segunda pala 4 del rotor puede ser montada en una segunda brida 24 de pala del buje 6 del rotor.

La Fig. 2 es una vista en planta simplificada de un dispositivo 26 de construcción marino. A modo de ejemplo solamente, el dispositivo 26 de construcción marino es una barcaza autoelevadora. El dispositivo 26 de construcción marino comprende varias partes y unidades que se omiten debido a la simplificación de los dibujos. El dispositivo 26 de construcción marino comprende un plano 12 de la base. Una herramienta 2 según una realización de la invención se monta sobre el plano 12 de la base. En particular, un extremo inferior de la primera parte 8 de la herramienta 2 puede ser montado en el plano 12 de la base, por ejemplo utilizando una pluralidad de conexiones fijadas con tornillos o con pernos. El dispositivo 26 de construcción marino puede comprender una pluralidad de apoyos 28. Un extremo inferior de uno de los apoyos 28 correspondiente puede bajarse al fondo del mar para elevar el dispositivo 26 de construcción marino. Además, el dispositivo 26 de construcción marino comprende una grúa 30, que puede estar configurada para la manipulación de las palas 4 del rotor del buje 6 del rotor y/o la estrella del rotor.

En la Fig. 2, la herramienta 2 (no visible) para el montaje de las palas 41, 42, 43 del rotor está en una primera posición. Una primera pala 41 del rotor se monta sobre una primera brida 241 de pala del buje 6 del rotor. Debido a una rotación de la segunda parte 10 de la herramienta 2 con respecto a la primera parte 8, la primera pala 41 del rotor puede hacerse girar (indicado mediante una flecha) en un plano que puede ser sustancialmente paralelo al plano 12 de la base del dispositivo 26 de construcción marino. La Fig. 3 muestra el dispositivo 26 de construcción marino, que se conoce de la Fig. 2, después de la rotación de la primera pala 41 del rotor desde la primera posición (Fig. 2) hasta una segunda posición. En la segunda posición, una segunda pala 42 del rotor puede ser montada sobre una segunda brida 242 de pala del buje 6 del rotor.

Las tres palas 41, 42, 43 del rotor pueden ser montadas sobre las correspondientes tres bridas 241, 242, 243 de pala del buje 6 del rotor haciendo girar el buje 6 del rotor en las posiciones de montaje posteriores. Por ejemplo, después del ensamblaje de la primera y segunda palas 41, 42 del rotor, la tercera pala 43 del rotor puede ser montada en la tercera brida 243 de pala del buje 6 del rotor después de que el buje 6 del rotor haya sido girado desde la segunda posición de montaje (Fig. 3) en la siguiente y tercera posición de montaje. En la tercera posición de montaje, la tercera brida 243 de pala está situada en la posición de la segunda brida 242 de pala en la segunda posición de montaje (Fig. 3). Las palas 41, 42, 43 del rotor pueden ser montadas posteriormente en el buje 6 del rotor utilizando la grúa 30.

Para pasar desde la segunda a la tercera posición de montaje en la Fig. 3, la pala 41 del rotor se hace girar por encima del apoyo 28, que es bajado como en la Fig. 4. De manera más general, la herramienta 2 se puede situar de tal manera sobre la plataforma que el procedimiento de montaje permita el montaje de todas las palas 41, 42 y 43 del rotor sin que colisionen con partes de la propia plataforma (torre de mando, apoyos 28 y grúas secundarias). La torre de la turbina eólica en construcción suele estar muy cerca de la plataforma durante la construcción. La herramienta 2 se puede situar de modo que se evite una colisión con la torre.

La altura de la primera parte 8 puede elegirse para evitar dichas colisiones (en particular para evitar la colisión con los apoyos 28 que son siempre más altos que la plataforma, incluso cuando están en la posición de la Fig. 4).

Una de las bridas 24 de pala correspondiente (Fig. 1) tiene una dirección de recepción que puede ser sustancialmente paralela a una dirección longitudinal B de la pala 4 del rotor. La dirección de recepción puede ser sustancialmente perpendicular a un plano de una superficie de contacto de la correspondiente brida 24 de pala.

5 Cuando la dirección de recepción se proyecta en un plano que es sustancialmente perpendicular al eje A vertical, las bridas 24 de pala contiguas del buje 6 del rotor, según la realización de la Fig. 3, están separadas en un ángulo de 120°. El plano en el que se consideran los ángulos entre las bridas 24 de pala contiguas puede ser sustancialmente paralelo a una superficie de contacto de la brida 14 del árbol del buje 6 del rotor. Cuando la segunda parte 10 de la herramienta 2 es girada con respecto a la primera parte 8, se puede realizar una rotación alrededor de este ángulo particular. En otras palabras, después del ensamblaje de la primera pala 41 en la primera brida 241 de pala, la segunda parte 10 de la herramienta 2 realiza una rotación de 120° con respecto a la primera parte 8 con el fin de acceder a la segunda posición de montaje en la que la segunda pala 42 del rotor puede ser montada en la segunda brida 242 de pala. De forma similar, la tercera pala 43 del rotor puede ser montada en la tercera brida 243 de pala después de otra rotación de 120° de la segunda parte 10 de la herramienta 2.

10 La Fig. 4 es una vista lateral simplificada que muestra el dispositivo 26 de construcción marino en un lado de construcción de un generador eólico. Los apoyos 28 del dispositivo 26 de construcción marino se bajan al fondo 32 del mar 34. Una torre 36 del generador eólico, que está en construcción, es consolidada en el mar 34. Una herramienta 2 según una realización de la invención se monta en el plano 12 de la base del dispositivo 26 de construcción marino. El buje 6 del rotor se ha equipado con las palas 4 del rotor para proporcionar una estrella 38 del rotor. Esta última puede elevarse hasta una góndola 45 del generador eólico utilizando la grúa 30.

15 Además de la grúa 30, normalmente hay una grúa más pequeña en la barcaza autoelevadora. Como alternativa, se puede usar la grúa más pequeña para un ensamblaje previo de la estrella del rotor mientras la góndola 45 se monta utilizando la grúa grande 30. Esta grúa pequeña adicional (no mostrada) se puede utilizar también para preparar la estrella del rotor para el siguiente generador eólico, mientras la grúa grande 30 se utiliza para instalar la estrella del rotor en el generador eólico, que está en ese momento en construcción. Este modo de operación ahorrará tiempo de ensamblaje.

20 De forma ventajosa, el dispositivo 26 de construcción marino puede transportar una pluralidad de conjuntos para el ensamblado de una pluralidad de estrellas 38 del rotor. En otras palabras, el dispositivo 26 de construcción marino puede transportar una pluralidad de bujes 6 del rotor y una pluralidad de palas 4 del rotor. Una de las estrellas 38 del rotor correspondiente puede ser ensamblada en el dispositivo 26 de construcción marino. Después del ensamblaje de la estrella 38 del rotor, puede ser elevada y montada en el generador eólico. Una pluralidad de generadores eólicos pueden ser equipados con estrellas 38 del rotor durante un solo recorrido o pasaje del dispositivo 26 de construcción marino.

25 La Fig. 5 es una vista lateral simplificada que muestra una herramienta 2 según otra realización de la invención. Esta realización es similar a la realización mostrada en la Fig. 1. Números de referencia iguales indican partes similares de la herramienta 2. La herramienta 2, según la realización de la Fig. 5, difiere de la herramienta 2, que se muestra en la Fig. 1, en que comprende una tercera parte 50. La tercera parte 50 está dispuesta entre la primera parte 8 y la segunda parte 10 de la herramienta 2.

30 En la realización de la Fig. 5, el plano de rotación de la primera parte 8 alrededor del eje de rotación A' no es perpendicular al plano 12 de la base. Existe una inclinación α entre el eje A vertical, que es sustancialmente perpendicular al plano 12 de la base, y el eje de rotación A'. Esta inclinación es para compensar el ángulo entre el eje longitudinal B de la pala 4 del rotor y el plano, que está definido por la brida 14 del árbol del buje 6 del rotor.

35 En los modernos generadores eólicos, este ángulo es para separar la punta de la pala del rotor a distancia de la torre para evitar una colisión incluso cuando la pala 4 del rotor se doble bajo la fuerza del viento. El ángulo α puede estar entre 2° y 5°, en particular entre 3° y 4°. En particular, el ángulo α puede ser sustancialmente igual a 3,5°.

40 De forma ventajosa, la tercera parte 50, que está insertada entre la primera parte 8 y la segunda parte 10, compensa el ángulo de inclinación de la pala 4 del rotor. En otra realización de la invención, la tercera parte 50 puede estar dispuesta entre el plano 12 de la base y la primera parte 8 de la herramienta 2.

45 La tercera parte 50 puede estar configurada en que sea un miembro fijo y rígido, que defina un ángulo α constante. Sin embargo, puede estar configurada para que tenga un ángulo α variable de inclinación. Por ejemplo, la tercera parte 50 puede estar provista de un sistema hidráulico o de un accionamiento eléctrico, que esté configurado para variar el ángulo α de inclinación.

50 La inclinación de la segunda parte 10 de la herramienta 2 con respecto al plano 12 de la base es ventajosa porque la pala 4 del rotor puede acercarse al buje 6 que está soportado por la herramienta 2 en una dirección sustancialmente horizontal. Esto facilita el agarre y la instalación de las palas del rotor. Por ejemplo, la pala 4 del rotor puede levantarse con correas textiles sin arriesgarse a que la pala 4 del rotor se deslice fuera de las pendientes.

55 En otro aspecto ventajoso de la invención, se proporciona un sistema que comprende una herramienta 2, según la realización de la Fig. 5 que tiene un tercer miembro 50, y un bastidor para alojar las palas 4 del rotor (no mostradas). El bastidor puede tener soportes de palas deslizantes que sean configurados para poder desplazarse en una dirección que sea sustancialmente paralela al plano 12 de la base. El bastidor está configurado para presentar la pala 4 del rotor en el ángulo correcto para el montaje de la pala del rotor en el buje 6.

- 5 En otro aspecto ventajoso más de la invención, se va a proporcionar un sistema que comprende una herramienta 2, según la realización de la Fig. 1 que no tiene un tercer miembro 50, y un bastidor inclinado para alojar las palas 4 del rotor. El bastidor puede tener soportes de pala deslizantes, que sean configurados para poder desplazarse en una dirección que esté inclinada con respecto al plano 12 de la base. El bastidor de apilamiento puede tener de por sí una inclinación de, por ejemplo, entre 2° y 5°, en particular entre 3° y 4° y en particular de 3,5°. El eje A de rotación de la segunda parte 10 de la herramienta 2 puede permanecer, por lo tanto, vertical. La compensación del ángulo de inclinación de las palas 4 del rotor se realiza al nivel del bastidor. Este bastidor puede tener soportes de pala deslizantes adaptados para presentar la palas en el ángulo correcto para el montaje ("revolver" como procedimiento de montaje).
- 10 De manera más general, para ahorrar espacio en la barcaza autoelevadora, las palas 4 del rotor se pueden apilar o almacenar cerca de la posición de montaje de la herramienta 2, por ejemplo utilizando un bastidor. Esto evitará el transporte a gran distancia de las palas 4 del rotor utilizando la grúa. Esto disminuye el riesgo de colisión y ahorra tiempo de montaje.

15

REIVINDICACIONES

1. Una herramienta (2) para el montaje de palas (4) del rotor en un buje (6) del rotor de un generador eólico, comprendiendo la herramienta una primera parte (8) y una segunda parte (10), en donde la primera parte (8) está configurada para ser montada en un plano (12) de la base de un dispositivo de montaje y la segunda parte (10) está configurada para recibir una brida (14) del árbol del buje (6) del rotor, en donde la brida (14) del árbol del buje (6) del rotor está configurada para ser montada en un árbol del tren de accionamiento del generador eólico, y en donde la segunda parte (10) puede girar con respecto a la primera parte (8) en donde la herramienta se **caracteriza por** una tercera parte (50), que está dispuesta entre la primera parte (8) y la segunda parte (10), en donde la tercera parte (50) está configurada para inclinar un plano de rotación de la segunda parte (10) con respecto a la primera parte (8).
2. La herramienta (2) según la reivindicación 1, en donde la segunda parte (10) puede girar con respecto a la primera parte (8) en un plano de rotación y la segunda parte (10) comprende un soporte para recibir la brida (14) del árbol del buje (6) del rotor, en donde el soporte se extiende en un plano de acoplamiento, y en donde el plano de rotación y el plano de acoplamiento son sustancialmente paralelos entre sí.
3. La herramienta según la reivindicación 1 o 2, en donde la tercera parte (50) es un miembro rígido, que define un ángulo (α) constante de inclinación entre el plano de rotación de la primera parte (8) y el plano de la base del dispositivo de montaje.
4. La herramienta según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde el ángulo (α) de inclinación está entre 2° y 5°, en particular el ángulo (α) de inclinación está entre 3° y 4° y en particular el ángulo de inclinación es sustancialmente igual a 3,5°.
5. La herramienta según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además una unidad (16) de accionamiento para girar la segunda parte (10) con respecto a la primera parte (8).
6. La herramienta según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende además una plataforma (18) de trabajo que está dispuesta sobre la primera parte (8), en donde la plataforma (18) de trabajo está dispuesta dentro y/o fuera de la primera parte (8).
7. La herramienta según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la primera parte (8) comprende una entrada, que permite que un trabajador de mantenimiento entre en el interior del buje.
8. Un dispositivo de construcción marino que comprende una herramienta según una cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la primera parte (8) de la herramienta está montada sobre un plano (12) de la base del dispositivo de construcción marino.
9. El dispositivo de construcción marino según la reivindicación 8, en donde la segunda parte (10) puede girar con respecto a la primera parte (8) de la herramienta en un plano de rotación, y en donde el plano de rotación es sustancialmente paralelo al plano (12) de la base del dispositivo de construcción marino.
10. El dispositivo de construcción marino según la reivindicación 8, en donde la herramienta comprende además una tercera parte (50) que está dispuesta entre la primera parte (8) y la segunda parte (10), en donde la tercera parte (50) está configurada para inclinar un plano de rotación de la segunda parte (10) con respecto al plano (12) de la base del dispositivo de construcción marino.
11. El dispositivo de construcción marino según una cualquiera de las reivindicaciones 8 a 10, que comprende además una grúa (30) para manipular la pala (4) del rotor durante el ensamblaje de la pala (4) del rotor en el buje (6) del rotor.
12. Un buque o una barcaza autoelevadora de construcción que comprende una herramienta (2) según una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en donde la primera parte (8) de la herramienta (2) está montada sobre un plano (12) de la base del buque o de la barcaza autoelevadora de construcción.
13. Un procedimiento de ensamblaje de un generador eólico, comprendiendo el procedimiento las etapas de:
 - a) transportar un conjunto de un buje (6) del rotor y palas (4) del rotor asociadas hasta un sitio de construcción del generador eólico,
 - b) montar temporalmente una brida (14) del árbol del buje (6) del rotor sobre una herramienta (2), en donde la brida (14) del árbol del buje (6) del rotor está configurada para ser montada en un árbol de un tren de accionamiento del generador eólico,
 - c) montar una primera pala (41) del rotor sobre una primera brida (241) de pala del buje (6) del rotor, cuando la herramienta (2) está en una primera posición de montaje,

d) girar el buje (6) del rotor, junto con la primera pala (41) del rotor montada, sobre la herramienta (2) desde la primera posición de montaje hasta una segunda posición de montaje,

e) montar una segunda pala (42) del rotor sobre una segunda brida (242) de pala del buje (6) del rotor, **caracterizada por que**

- 5 la herramienta (2) está dispuesta en un plano (12) de la base de un dispositivo de montaje, y en donde la etapa de girar el buje (6) del rotor junto con la primera pala (41) del rotor montada comprende hacer pivotar la primera pala (41) del rotor montada en un plano que está inclinado con respecto al plano (12) de la base del dispositivo de montaje debido a una tercera parte (50) que está dispuesta entre la primera parte (8) y la segunda parte.
- 10 14. El procedimiento según la reivindicación 13, en donde el buje (6) del rotor comprende una serie de bridas (241, 242, 243) de pala y en donde cada brida (241, 242, 243) de pala está configurada para el montaje de una pala (41, 42, 43) del rotor sobre el buje (6) del rotor, y el procedimiento comprende además la etapa de levantar el buje (6) del rotor junto con las palas (41, 42, 43) del rotor montadas hasta una góndola del generador eólico después de que todas las bridas (241, 242, 243) de las palas del buje (6) del rotor hayan sido equipadas con la correspondiente pala (41, 42, 43) del rotor.
- 15 15. El procedimiento según la reivindicación 13 o 14, en donde la herramienta (2) está dispuesta en un plano (12) de la base de un dispositivo de montaje y en donde la etapa de hacer girar el buje (6) del rotor junto con la primera pala (41) del rotor montada comprende hacer pivotar la primera pala (41) del rotor montada en un plano que es sustancialmente paralelo al plano (12) de la base del dispositivo de montaje.
- 20 16. El procedimiento según una cualquiera de las reivindicaciones 13 a 15, en donde cada una de las bridas (241, 242, 243) de las palas del rotor del buje (6) del rotor tiene una dirección de recepción a lo largo de la cual se monta una pala (41, 42, 43) del rotor en la brida del rotor, en donde las bridas (241, 242, 243) contiguas del buje (6) del rotor están separadas en un ángulo que se determina entre una proyección de las direcciones de recepción de las bridas (241, 242, 243) contiguas en un plano que es sustancialmente paralelo a una superficie de contacto de la brida (14) del árbol del buje (6) del rotor, y en donde la etapa de hacer girar el buje (6) del rotor
- 25 entre la primera posición de montaje y la segunda posición de montaje comprende hacer girar el buje (6) del rotor en un ángulo que es sustancialmente igual al ángulo entre las bridas (241, 242, 243) de pala contiguas.

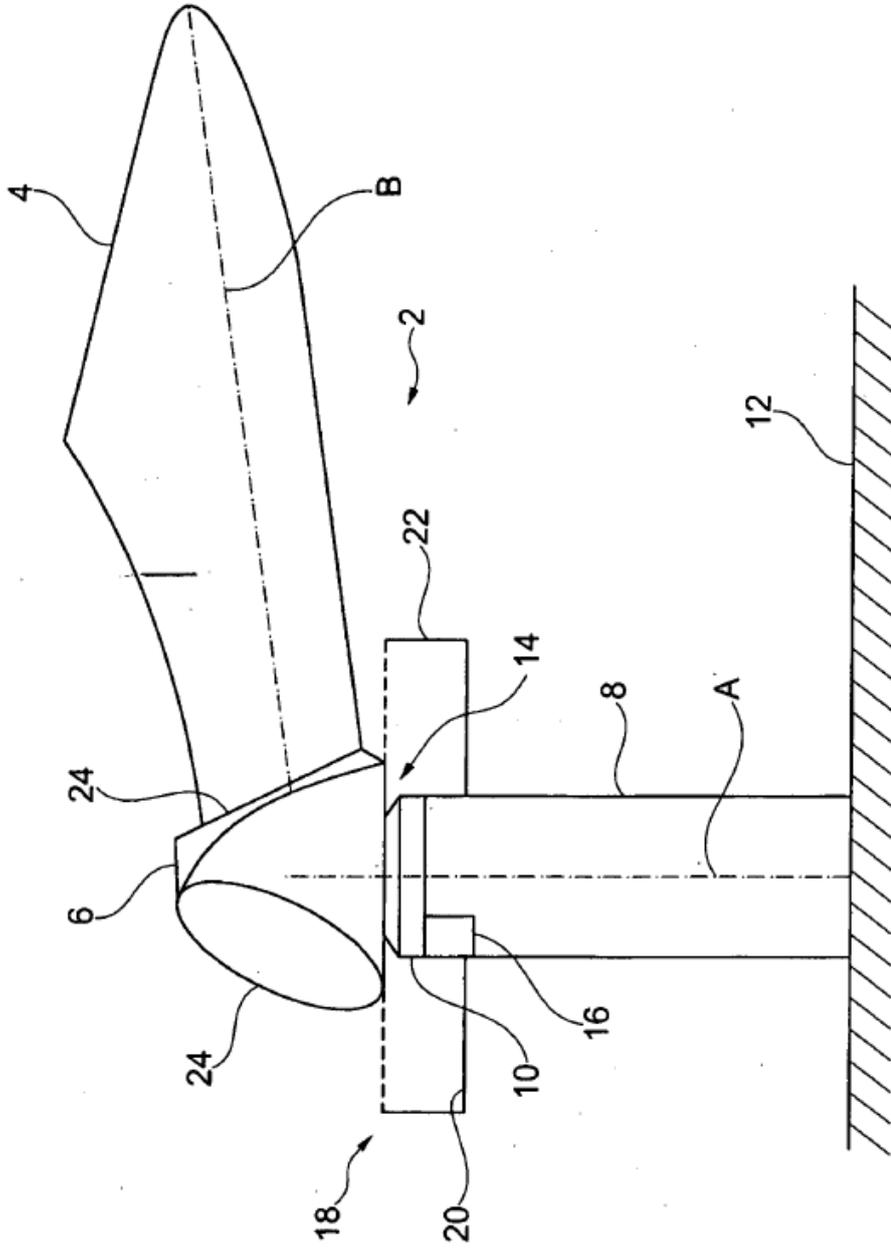


Fig. 1

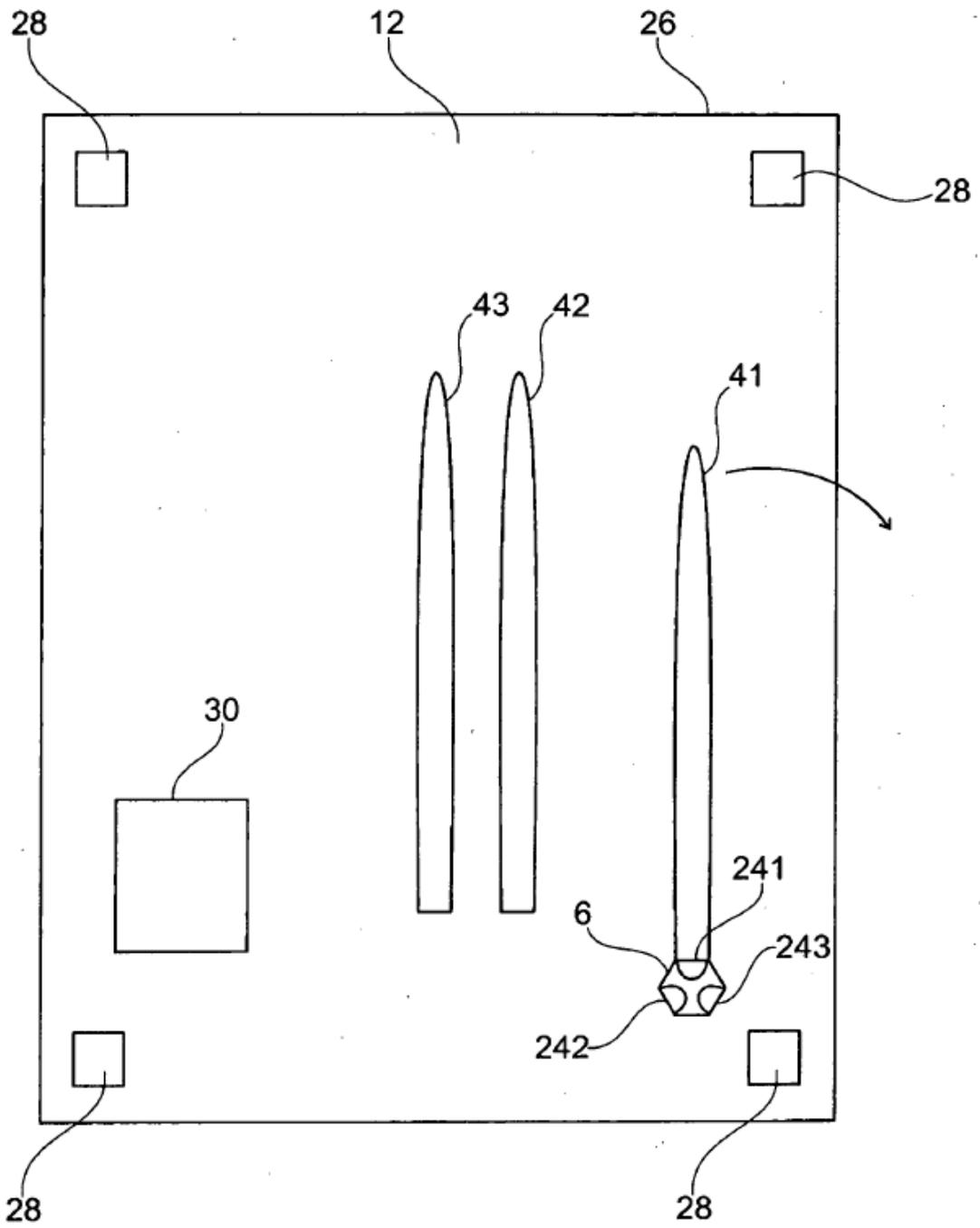


Fig. 2

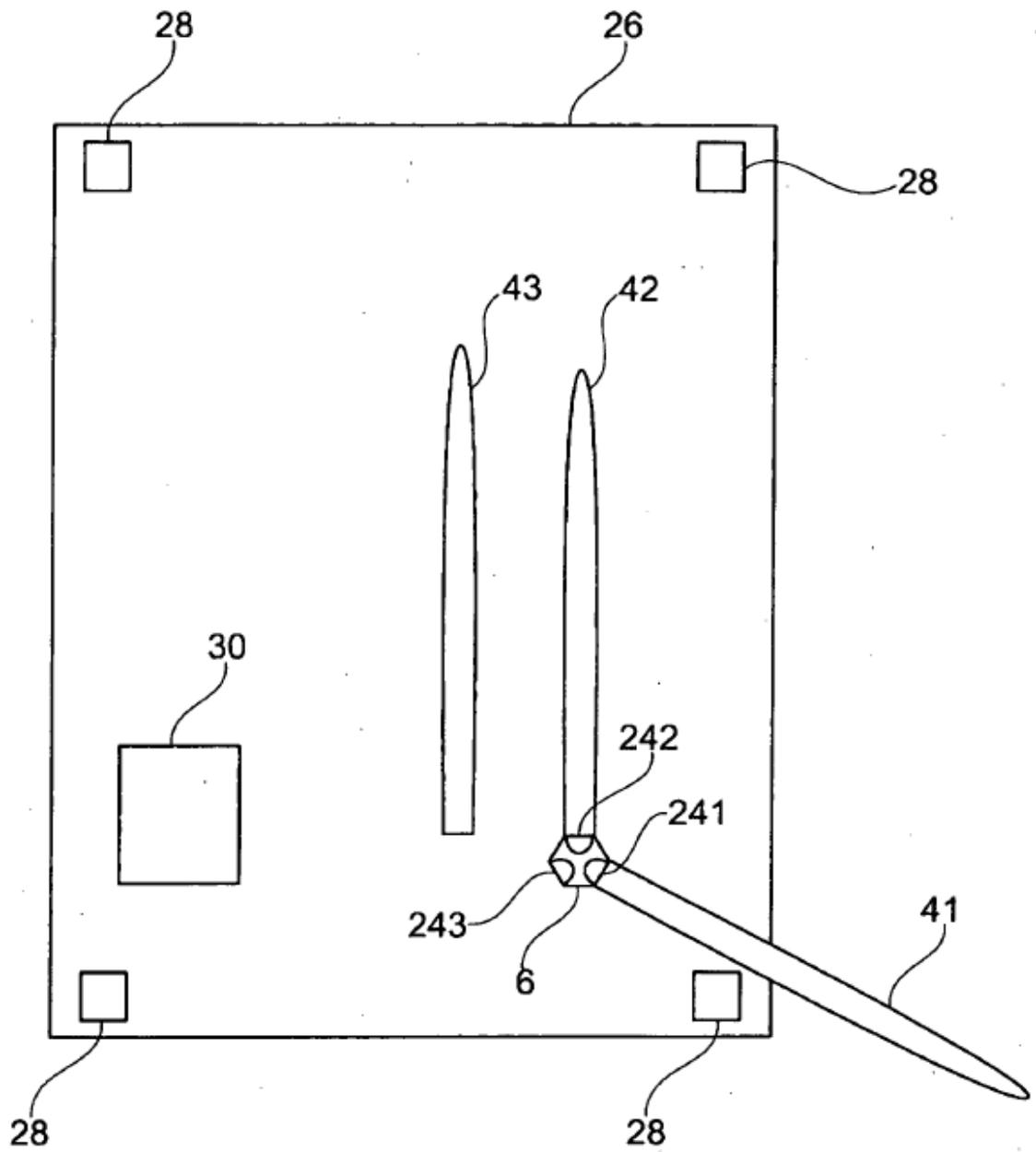


Fig. 3

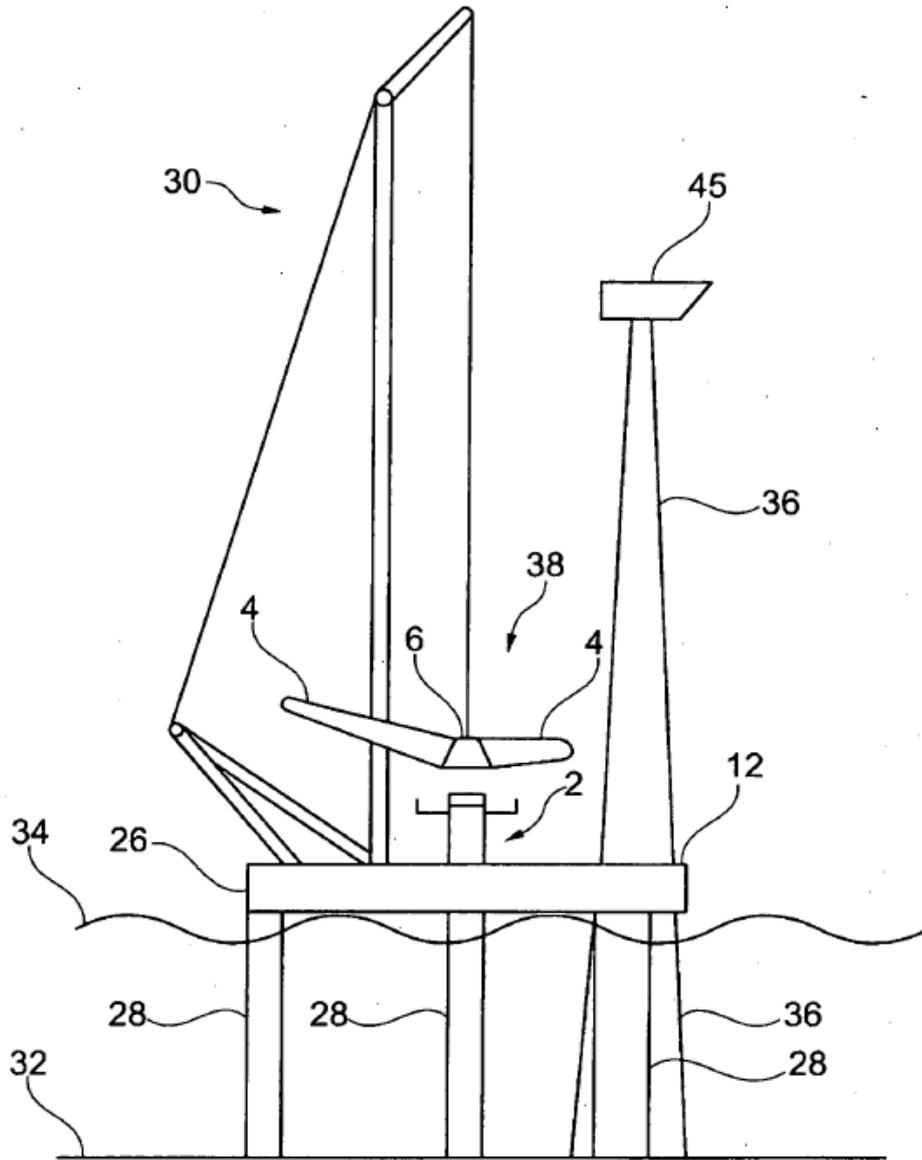


Fig. 4

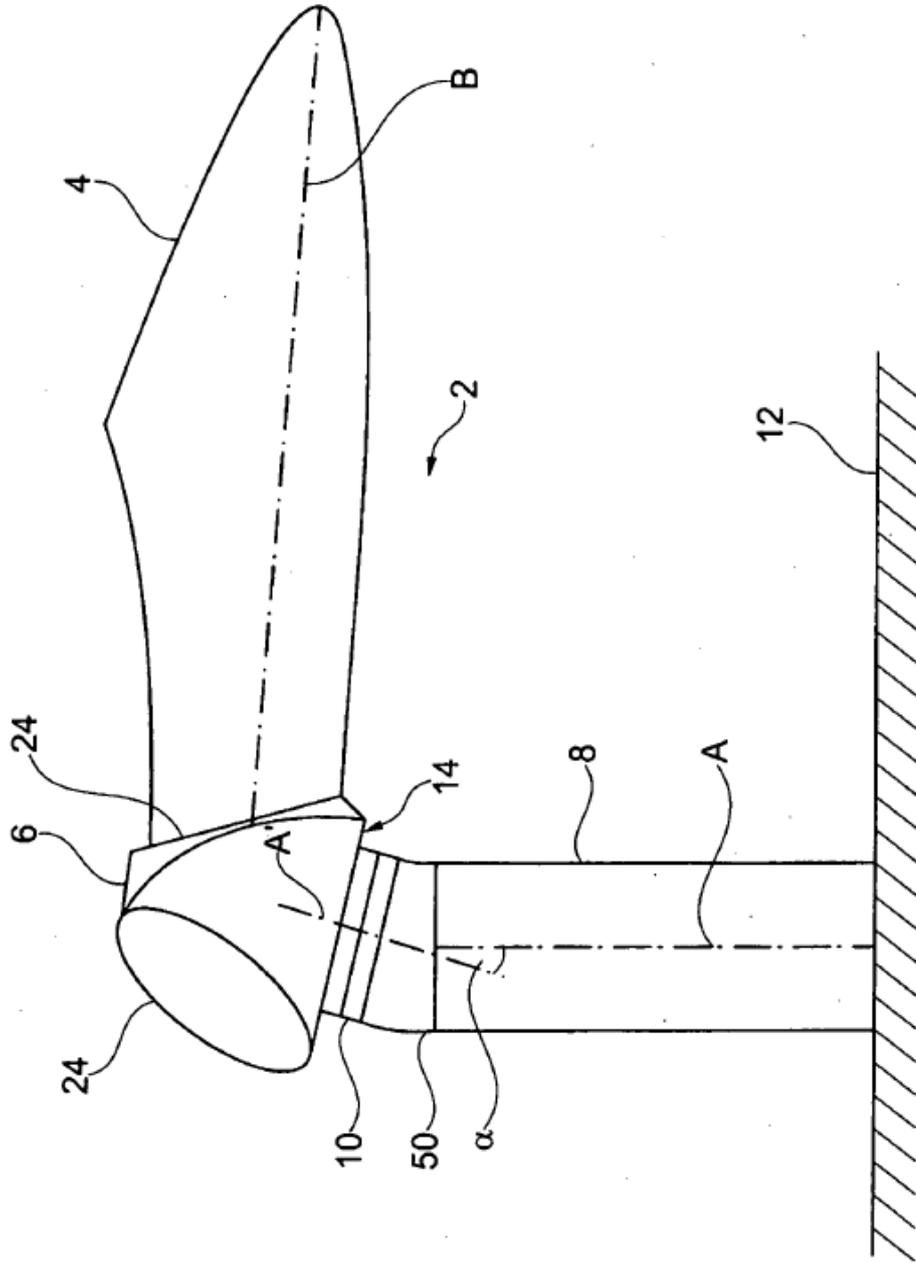


Fig. 5