

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 743 777**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F16B 35/04 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **15.12.2014** **E 14382517 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.05.2019** **EP 3034862**

54 Título: **Unión atornillada para unir partes de un aerogenerador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.02.2020

73 Titular/es:

GE RENEWABLE TECHNOLOGIES WIND B.V.
(100.0%)
Bergschot 69, 2
4817 PA Breda, NL

72 Inventor/es:

ROURA, FERRÁN;
ROMÁN MALLADA, JOSÉ LUIS y
VELÁZQUEZ, NICOLÁS

74 Agente/Representante:

CONTRERAS PÉREZ, Yahel

ES 2 743 777 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

Unión atornillada para unir partes de un aerogenerador

5 La presente descripción se refiere a uniones atornilladas para unir partes de un aerogenerador.

ANTECEDENTES

10 En el campo de las aplicaciones de aerogeneradores se sabe que las uniones atornilladas para unir piezas tales como, por ejemplo, las palas al buje generalmente no duran toda la vida útil del generador del aerogenerador. Como mantenimiento preventivo, generalmente se requiere reemplazar un número específico de tornillos durante la vida útil de las piezas del aerogenerador. Una sustitución frecuente de tornillos da como resultado un aumento de los costes, lo que hace que el aerogenerador sea menos atractivo para el cliente.

15 En el caso particular de la unión atornillada de las palas de un aerogenerador, se han realizado esfuerzos para minimizar el inconveniente mencionado anteriormente en un intento por llegar a la vida útil requerida para la unión atornillada. Por ejemplo, se ha propuesto proporcionar un extensor entre el cojinete de inclinación de la pala y la pala para extender la vida útil de la unión. Sin embargo, esto tiene una serie de inconvenientes. Por ejemplo, el extensor añade costes adicionales al aerogenerador y se dan problemas con el transporte en camión del conjunto del rotor ya que normalmente se supera la altura máxima si el extensor se monta en la planta de ensamblaje. Por otra parte, si el extensor se monta en la pala en la planta del suministrador de palas, los costes de la pala aumentan y la logística se vuelve difícil para evitar demoras en la planificación. Además, si el extensor se instala en el sitio, el tiempo empleado en el proceso de instalación se alarga y el proceso se vuelve más costoso y más complicado.

25 El documento US8025485 describe el uso de tornillos en palas separados circunferencialmente para unir palas de un aerogenerador a un buje de un rotor de aerogenerador. Los tornillos de las palas presentan unas secciones extremas roscadas cilíndricas opuestas para el acoplamiento físico con dichas partes del aerogenerador, y un vástago no cilíndrico que se extiende entre dichas secciones extremas. En el vástago se definen uno o más lados aplanados a lo largo de un eje longitudinal del tornillo.

30 En US2060593A, por ejemplo, se describen tornillos de conexión diseñados para aumentar la resistencia a la fatiga.

35 Los tornillos descritos en dicho documento pueden presentar características de carga y fatiga ventajosas para mejorar el comportamiento a fatiga sin reducir la resistencia extrema de la carga de los tornillos. Sin embargo, los tornillos no son axisimétricos ya que sus vástagos no son cilíndricos debido a los lados planos definidos a lo largo del eje longitudinal del tornillo. Esto tiene como resultado los inconvenientes de que el montaje de los tornillos debe realizarse bajo un control riguroso, y que la fabricación de tornillos resulta difícil y se incrementan enormemente los costes de los tornillos.

40 Por lo tanto, la necesidad de uniones atornilladas para unir partes de un aerogenerador sigue siendo tal que se proporcionen características mejoradas de fatiga sin reducir la resistencia de carga extrema de los tornillos y, al mismo tiempo, se eviten costes y complejidad adicionales al conjunto.

DESCRIPCIÓN

45 Se describe una unión atornillada para unir partes de un aerogenerador con la cual por lo menos se reduzcan los anteriores inconvenientes de la técnica anterior a la vez que se proporcionen ventajas adicionales, especialmente en simplicidad y eficacia.

50 La presente unión atornillada está destinada a unir por lo menos una primera parte de un aerogenerador a por lo menos una segunda parte de un aerogenerador cuyas partes están sujetas a cargas variables que actúan en diferentes planos, tal como es el caso en el que las partes del aerogenerador se encuentran en funcionamiento.

55 Ejemplos de partes de un aerogenerador a unir con la presente unión atornillada son por lo menos una de un buje del rotor de un aerogenerador, un extensor de la pala de un aerogenerador, un mecanismo de viraje de un aerogenerador, y un mecanismo de inclinación de la pala de un aerogenerador. En realizaciones preferidas, la primera parte puede ser un cojinete de inclinación de la pala de un aerogenerador, o puede formar parte del mismo, y la segunda parte es una pala de un aerogenerador, o puede formar parte del mismo. En otros ejemplos, la primera parte puede ser un buje de un aerogenerador, o puede formar parte del mismo, y la segunda parte es un cojinete de inclinación de la pala de un aerogenerador, o puede formar parte del mismo. En otros ejemplos, la primera parte puede ser un cojinete de inclinación de la pala de un aerogenerador, o puede formar parte del mismo, y la segunda parte es un extensor de la pala de aerogenerador o puede formar parte del mismo. Todavía en otros ejemplos de aplicaciones de la presente unión atornillada, la primera parte puede ser una góndola de un aerogenerador, o puede

formar parte de la misma, y la segunda parte es un cojinete de viraje de un aerogenerador, o puede formar parte del mismo. No se descarta el caso en que la primera parte es un rodamiento de viraje de un aerogenerador o forma parte del mismo y la segunda parte es una torre de un aerogenerador o forma parte de la misma.

5 La presente unión atornillada comprende por lo menos un tornillo. Cada tornillo tiene un vástago y por lo menos una sección roscada. En un ejemplo preferido, cada tornillo tiene dos secciones cilíndricas roscadas opuestas entre las cuales hay formado un vástago. El tornillo puede ser simétrico alrededor de un eje perpendicular a un eje longitudinal del mismo.

10 El vástago en los tornillos de la presente unión atornillada comprende por lo menos dos secciones de vástago. Dichas por lo menos dos secciones de vástago son diferentes y específicamente son de diferente diámetro. Específicamente, dichas por lo menos dos secciones de vástago que tienen un vástago del tornillo de diámetro diferente se encuentran a una longitud determinada de la sección roscada.

15 La colocación de dichas dos o más secciones de vástago de diámetro diferente en el vástago de tornillo es tal que por lo menos una de dichas secciones de vástago se encuentra a una longitud de la sección roscada de tres o más veces la diferencia entre un diámetro D1 de una sección roscada y un diámetro mínimo D2 del vástago. Esta relación entre la distancia entre la sección roscada del tornillo y las secciones de vástago de diferentes diámetros y la diferencia entre un diámetro de una sección roscada y un diámetro mínimo del vástago permite obtener un buen comportamiento a la fatiga y controlar eficientemente una resistencia de carga extrema del tornillo. Cálculos de método de elementos finitos han demostrado que, con la presente unión atornillada, la resistencia a la fatiga puede mejorarse aproximadamente en un 30%.

20 Se ha demostrado que la disposición de tornillos que tienen secciones de vástago de diferente diámetro a una longitud de la sección roscada tal como se ha descrito anteriormente aumenta la vida útil de la unión debido a una distribución óptima de la rigidez en la unión atornillada de la parte del aerogenerador particular. Se ha obtenido así una mejora de la resistencia a la fatiga. Con el diseño de tornillo mejorado anterior, es posible que no se requieran componentes adicionales, tales como extensores de palas, lo que reduce los costes globales del generador del aerogenerador.

25 Puede preferirse que entre dos secciones de vástago adyacentes haya formada por lo menos una transición. Dicha transición entre dos secciones de vástago adyacentes puede tener forma cónica, ya sea que dicha forma cónica presente una generatriz recta o curva. Si se forma una transición entre dos secciones de vástago adyacentes, se prefiere que la relación entre la longitud de la transición y una diferencia entre un diámetro en un extremo de la transición y un diámetro en el extremo opuesto de la transición sea de por lo menos 0,85 y más preferiblemente sea 1,3. Dichas transiciones entre dos secciones de vástago adyacentes evitan concentraciones de tensiones, optimizando así el comportamiento estructural de la unión atornillada.

30 Puede preferirse que el diámetro mínimo en una sección de vástago se encuentre en el rango de un 65-70 por ciento del diámetro de la sección roscada. También puede preferirse que la longitud total de las secciones de vástago de diámetro mínimo sea en el rango de un 70-75 por ciento de la longitud total del vástago.

35 Las relaciones anteriores de la presente conexión atornillada son óptimas para un caso en que la carga de fatiga equivalente en la conexión atornillada es de aproximadamente un 75% de la carga final.

40 El diámetro de una sección de vástago es mayor en zonas críticas que en el resto del vástago. El comportamiento global del tornillo no se ve afectado por dichas secciones de vástago de diámetros diferentes y las cargas que se transmiten a través del tornillo no aumentan, ya que la relación de rigidez del tornillo respecto a las partes del aerogenerador casi no varía. Por otra parte, la sección transversal y el momento de inercia de las secciones críticas del tornillo aumentan. Como resultado, cuando se llega a un límite de reducción de vástago único actual, la presente unión atornillada permite reducir las tensiones en las secciones críticas a la vez que se mejora el comportamiento a fatiga de la unión atornillada. A este respecto, se prefiere que el diámetro de una sección de vástago que se encuentra más cerca de una sección roscada sea mayor que el diámetro de una sección de vástago que se encuentre más alejada de una sección roscada.

45 Se ha demostrado que los tornillos de la presente unión atornillada que presentan secciones de vástago de diferentes diámetros a lo largo de su longitud en lugar de secciones de vástago de diámetro constante único son ventajosos ya que se maximiza la resistencia final y la flexibilidad de flexión del tornillo, lo que mejora el comportamiento a la fatiga y evita fallos en las roscas de los tornillos. Además de la ventaja anterior, los costes de los tornillos en la presente unión atornillada son similares a los de los tornillos estándar de la técnica anterior. Finalmente, es importante tener en cuenta que, con los tornillos de la presente unión atornillada que presentan secciones de vástago de diferentes diámetros, las operaciones de mantenimiento preventivo pueden por lo menos reducirse e incluso evitarse, ya que tales tornillos podrían durar toda la vida del generador del aerogenerador.

Objetivos, ventajas y características adicionales de realizaciones de la presente unión atornillada para partes de un aerogenerador serán claros para los expertos en la materia tras examinar de la descripción, o pueden derivarse al poner en práctica la misma.

5 BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Se describirán, a continuación, unas realizaciones particulares de la presente unión atornillada a modo de ejemplos no limitativos, con referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

10 La figura 1 muestra esquemáticamente un ejemplo de un tornillo que formar parte de la presente unión atornillada; y

La figura 2 muestra esquemáticamente una unión atornillada que incluye el tornillo ilustrado en la figura 1 para unir una pala de un aerogenerador a un buje de un aerogenerador.

15 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES

La unión atornillada en el ejemplo ilustrado en las figuras comprende varios tornillos, uno de los cuales se muestra en la figura 1 y designado en conjunto por el número de referencia 100. El tornillo 100 tiene un vástago 110 que se extiende entre dos secciones roscadas cilíndricas opuestas 120. En el ejemplo específico que se muestra en la figura 1, el tornillo 100 es simétrico alrededor de un eje perpendicular a su eje longitudinal X. Otras configuraciones en las que el tornillo 100 no es simétrico también son concebibles de acuerdo con la presente descripción.

20 El vástago 110 del tornillo 100 comprende una primera sección de vástago 130 que tiene un primer diámetro D1 y una segunda sección de vástago 140 que tiene un segundo diámetro D2. El diámetro D1 de la primera sección de vástago 130 es mayor que el diámetro D2 de la segunda sección de vástago 140. En general, un diámetro D1 de una sección de vástago que se encuentra más cerca de una sección roscada 120 es mayor que un diámetro D2 de una sección de vástago que se encuentra más alejada de una sección roscada 120. Tal como se ha indicado anteriormente, el tornillo 100 es simétrico alrededor de un eje perpendicular a su eje longitudinal X, de modo que el vástago 110 del tornillo 100 tiene dos primeras secciones de vástago 130, tal como se muestra en la figura 1, entre las cuales se extiende una segunda sección de vástago 140.

25 En el ejemplo mostrado, la primera sección de vástago 130 se encuentra situada a una longitud L de la sección roscada 120. Aquí, el valor para tal longitud es $L = 3 \times (DT - D2)$, donde DT es un diámetro de la sección roscada y D2 es el segundo diámetro mencionado anteriormente de la segunda sección de vástago 140, que es el diámetro mínimo del vástago 110. Dicho valor L para el posicionamiento de por lo menos una de las diferentes secciones de diámetro 130, 140 proporciona un buen comportamiento a la fatiga mientras que la resistencia a la carga extrema del tornillo 100 puede controlarse de manera eficiente.

30 En el ejemplo que se muestra, el diámetro D2 de la segunda sección del vástago 140, que es el diámetro mínimo del vástago 110, se encuentra en el rango de un 65-70 por ciento del diámetro DT de la sección roscada, es decir, $D2 = 0,65-0,70 \times DT$. Aquí, la longitud total de la sección del vástago 140 con diámetro D2, que es el diámetro mínimo del vástago 110, se encuentra en el rango de un 70-75 por ciento de la longitud total del vástago 110.

35 Esto permite proporcionar una distribución óptima de la rigidez en partes particulares de un aerogenerador 170, 180, tal como se describirá más adelante.

40 En el ejemplo mostrado, las respectivas transiciones cónicas 150 están formadas entre las secciones de vástago 130, 140 del tornillo 100. Aquí, la relación entre la longitud l de las transiciones cónicas 150 y una diferencia entre un diámetro en un extremo de la transición 150 y un diámetro en el extremo opuesto de la transición 150 tal como, por ejemplo, la diferencia entre dicho primer y segundo diámetro D1, D2 de la primera y segunda sección de vástago 130, 140, es 1,3 en el ejemplo mostrado. Entre la sección roscada 120 y la correspondiente primera sección de vástago 130 adyacente a la misma se dispone también una parte de conexión cónica 160.

45 Las transiciones cónicas 150 en el vástago 110 evitan concentraciones de tensiones. Esto resulta ventajosamente en que se optimiza el comportamiento estructural de la unión de tornillo. Esto es muy importante en el campo de los aerogeneradores donde las partes a unir están sometidas a cargas variables que actúan en diferentes planos tanto cuando se encuentran en funcionamiento como incluso cuando el aerogenerador no se encuentran en funcionamiento.

50 Con referencia ahora a la figura 2 de los dibujos, se muestra un ejemplo en el que la unión atornillada que comprende el tornillo 100 descrito anteriormente se utiliza para unir una pala de un aerogenerador 170 a un buje de un aerogenerador 180 a través de una disposición de cojinetes 190. En este caso, y tal como se muestra en el lado

derecho de la figura 2, una primera sección roscada 120 del tornillo 100 se atornilla en un extremo de la pala del aerogenerador 170 mientras que una segunda sección roscada 120 del tornillo 100 se atornilla en un elemento de rosca hembra 200. Entre dicho elemento de rosca hembra 200 y la disposición de cojinetes 190, se dispone un separador 210. El separador 210 puede estar presente o no en la unión atornillada. Si se dispone un separador 210 como en la realización mostrada en la figura 2, el separador 210 puede disponerse en por lo menos uno de los tornillos 100 en la unión atornillada. El separador 210 puede comprender, por ejemplo, uno o una pluralidad de casquillos que pueden ser, por ejemplo, casquillos cilíndricos. En la realización particular mostrada en la figura 2, el separador es un anillo único o brida 210 que se aplica a toda la unión atornillada. El anillo 210 está provisto de una serie de orificios pasantes formados en el mismo para recibir correspondientes tornillos 100. El anillo 210 sirve para añadir longitud a la unión atornillada. En la realización particular mostrada en la figura 2, el anillo 210 también proporciona rigidez a la unión.

Aunque solamente se ha descrito aquí una serie de realizaciones y ejemplos particulares de la presente unión atornillada, los expertos en la materia entenderán que son posibles otras realizaciones y/o usos alternativos, modificaciones obvias y equivalentes de los mismos. Además, la presente descripción cubre todas las combinaciones posibles de las realizaciones particulares descritas aquí, por lo que no debe limitarse por realizaciones particulares sino solamente por una lectura razonable de las siguientes reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Conjunto de cojinete de inclinación de la pala y pala de un aerogenerador, que comprende por lo menos un cojinete de inclinación de la pala, por lo menos una pala (170) y por lo menos una unión atornillada, comprendiendo la unión atornillada por lo menos un tornillo (100), en el que el tornillo (100) presenta dos secciones roscadas cilíndricas opuestas (120) entre las cuales hay formado un vástago (110), caracterizado por el hecho de que el vástago (110) comprende por lo menos dos secciones de vástago (130, 140) que tienen diámetros diferentes (D1, D2), estando situada por lo menos una de dichas secciones de vástago (130, 140) a una longitud (L) de la sección roscada (120) de por lo menos tres veces la diferencia entre un diámetro (D1; D2) de una sección roscada (130, 140) y un diámetro mínimo del vástago (110).
- 10
2. Conjunto de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado por el hecho de que entre dos secciones de vástago adyacentes (130, 140) del tornillo (100) hay formada por lo menos una transición (150).
- 15 3. Conjunto de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado por el hecho de que la transición (150) tiene forma cónica.
4. Conjunto de acuerdo con la reivindicación 3, caracterizado por el hecho de que la relación entre la longitud (l) de la transición (150) y una diferencia entre un diámetro en un extremo de la transición (150) y un diámetro en el extremo opuesto de la transición (150) es de por lo menos 0,85.
- 20
5. Conjunto de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizado por el hecho de que la relación entre la longitud (l) de la transición (150) y una diferencia entre un diámetro en un extremo de la transición (150) y un diámetro en el extremo opuesto de la transición (150) es 1,3.
- 25
6. Conjunto de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 3-5, caracterizado por el hecho de que la forma cónica de la transición (150) tiene una generatriz curva.
7. Conjunto de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el tornillo (100) comprende dos secciones roscadas (120) entre las cuales está dispuesto el vástago (110).
- 30
8. Conjunto de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el diámetro de una sección de vástago (130, 140) del tornillo (100) más cercana a una sección roscada (120) es mayor que el diámetro de una sección de vástago (130, 140) más alejada desde una sección roscada (120).
- 35
9. Conjunto de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que el diámetro mínimo en una sección de vástago (130, 140) se encuentra en el intervalo de un 65-70 por ciento del diámetro de la sección roscada (120).
- 40 10. Conjunto de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, caracterizado por el hecho de que la longitud total de una sección de vástago de diámetro mínimo (130, 140) se encuentra en el intervalo de un 70-75 por ciento de la longitud total del vástago (110).

FIG.1

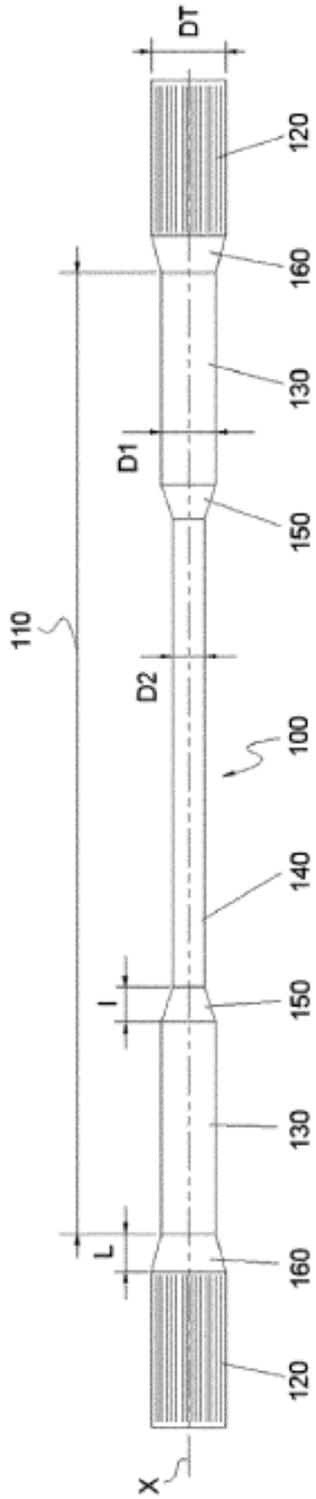
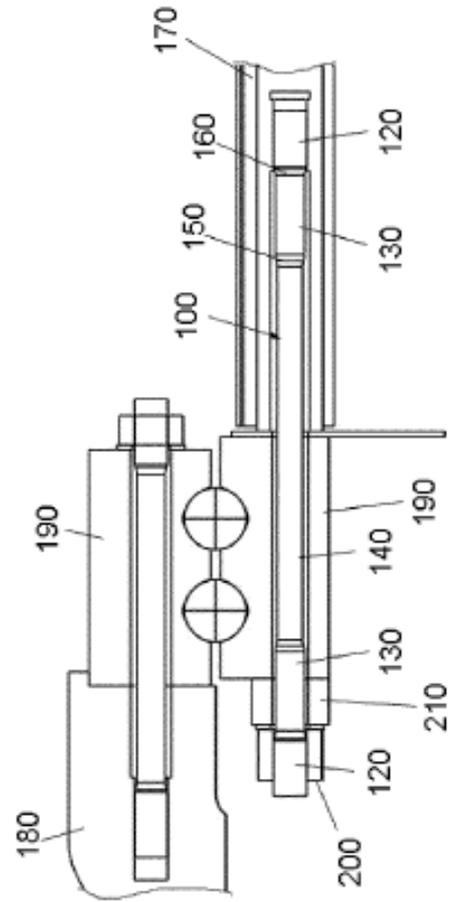


FIG.2



REFERENCIAS CITADAS EN LA DESCRIPCIÓN

5 *Esta lista de referencias citadas por el solicitante es únicamente para la comodidad del lector. No forma parte del documento de la patente europea. A pesar del cuidado tenido en la recopilación de las referencias, no se pueden excluir errores u omisiones y la EPO niega toda responsabilidad en este sentido.*

Documentos de patentes citados en la descripción

10 • US 8025485 B [0004] • US 2060593 A [0005]