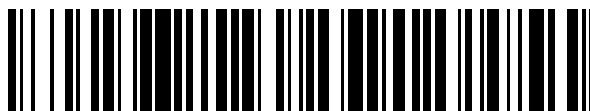


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 373 421**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06 (2006.01)

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09702794 .0**

96 Fecha de presentación: **14.01.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2252790**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **24.11.2010**

54 Título: **UNA PALA MODULAR DE ROTOR PARA UNA TURBINA GENERADORA DE ENERGÍA Y UN MÉTODO PARA ENSAMBLAR UNA TURBINA GENERADORA DE ENERGÍA CON PALAS MODULARES DE ROTOR.**

30 Prioridad:
14.01.2008 US 11189 P

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
03.02.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
03.02.2012

73 Titular/es:
**Clipper Windpower, LLC
6305 Carpinteria Avenue, Suite 300
Carpinteria CA 93013, US**

72 Inventor/es:
**GLENN, Brian;
DEHLSSEN, James, G., P.;;
KELLER, Walter;
ROHM, Andreas;
MEHRLE, Wolfgang y
STUCKERT, Martin**

74 Agente: **de Elizaburu Márquez, Alberto**

ES 2 373 421 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

Una pala modular de rotor para una turbina generadora de energía y un método para ensamblar una turbina generadora de energía con palas modulares de rotor

Antecedentes de la invención5 Campo de la invención

Esta invención se refiere a dispositivos generadores de energía eléctrica, tales como turbinas eólicas y turbinas de corrientes marinas, y más particularmente a una pala modular de rotor para una turbina generadora de energía, que tiene una o más secciones de pala desmontables, que se pueden desmontar para su transporte y ensamblarse *in situ*. La invención se refiere además a un método para ensamblar una turbina generadora de energía con palas modulares de rotor.

10

Descripción de la técnica anterior

Los rotores de turbinas eólicas convencionales utilizan palas fabricadas como palas de una pieza, de longitud fija, unidas a un cubo giratorio. Estas palas pueden ser de paso variable (que pueden girar de manera selectiva en torno a su eje longitudinal) a fin de modificar el ángulo de ataque con respecto al flujo de fluido entrante, principalmente para disipar energía en caso de altas velocidades de flujo.

15

Como alternativa, estas palas pueden ser de paso fijo o reguladas por pérdida aerodinámica, en las cuales la sustentación de la pala y por lo tanto la captura de energía desciende drásticamente cuando la velocidad del viento sobrepasa cierto valor nominal. Tanto las palas de rotor con paso variable como las reguladas por pérdida aerodinámica con diámetros fijos son bien conocidas en la técnica. El documento de patente de EE.UU. 6,726,439 B2 describe un convertidor de energía eólica o de corriente de agua que comprende un conjunto de rotor accionado por el viento o una corriente de agua. El rotor del documento de patente de EE.UU. 6,726,439 B2 comprende una pluralidad de palas, en donde las palas son de longitud variable con el fin de proporcionar un rotor de diámetro variable. El diámetro del rotor se controla con el fin de extender por completo el rotor cuando la velocidad de flujo es baja y retraer el rotor cuando la velocidad de flujo aumenta de manera tal que las cargas aportadas por el rotor o ejercidas sobre el mismo no superen límites establecidos.

20

25

Un dispositivo generador de energía eólica incluye un generador eléctrico alojado en una góndola de turbina, que está montada en lo alto de una estructura de torre alta anclada al suelo. La turbina puede girar libremente en el plano horizontal de manera que tiende a permanecer en la dirección de la corriente de viento prevaleciente. La turbina tiene un rotor con palas de paso variable, que giran en respuesta a la corriente de viento. Cada una de las palas tiene una sección de base de pala, denominada raíz de pala, unida a un cubo del rotor, y una extensión de pala, denominada prolongador de pala, que tiene longitud variable para proporcionar un rotor de diámetro variable. El diámetro del rotor se controla con el fin de extender por completo el rotor cuando la velocidad de flujo es baja y retraer el rotor cuando la velocidad del flujo aumenta de manera tal que las cargas aportadas por el rotor o ejercidas sobre el mismo no superen límites establecidos. El dispositivo generador de energía es sostenido mediante la estructura de torre en la trayectoria de la corriente de viento de manera que el dispositivo generador de energía se mantiene horizontalmente alineado con la corriente de viento. Un generador eléctrico es accionado por la turbina con el fin de producir electricidad y está conectado a cables de transporte de energía que interconectan el generador con otras unidades y/o a una red eléctrica.

30

35

Las palas de turbina eólica de longitud superior a 50 metros no se pueden transportar por tierra mediante equipos y tecnologías convencionales. La solicitud de patente de EE.UU. 2007/0253824 A1 describe una pala modular de rotor para una turbina eólica, en la cual la pala de rotor comprende al menos una primera sección de pala de rotor y una segunda sección de pala de rotor. La primera y segunda secciones de pala de rotor se fijan rígidamente una con otra para proporcionar la pala de rotor completa una vez que se han transportado las secciones hasta el lugar de instalación de la turbina eólica. Las secciones de pala de rotor de esta pala modular de rotor de la técnica anterior se fijan una con otra rígidamente, es decir, una vez conectadas las secciones de pala de rotor ya no se pueden volver a separar. En caso de avería o deterioro, por ejemplo, en la sección exterior de pala de rotor de una pala de rotor, hay que reemplazar la pala de rotor completa.

40

45

También el documento EP 1 584 817 A1 describe una pala modular de turbina eólica. La pala está subdividida transversalmente en dos o más módulos independientes constituidos por cubiertas o paredes aerodinámicas externas y una estructura de refuerzo longitudinal interna. Los módulos están provistos de medios conectores situados en coincidencia con las secciones terminales de la estructura de refuerzo longitudinal y están constituidos por orejetas, que se proyectan en partes coincidentes que cuentan con orificios enfrentables destinados a recibir los elementos de unión. Una vez conectados, el desmontaje de los módulos separados conlleva mucho tiempo y por lo tanto es bastante caro.

50

55

Por tanto, es un objeto de la presente invención proporcionar una pala modular de rotor para una turbina generadora de energía que permita el reemplazo simple de secciones de pala de rotor individuales en caso de deterioro o avería de una sección. Además es un objeto de la presente invención proporcionar un método de ensamblaje de una turbina generadora de energía con dichas palas de rotor modulares.

5 Compendio de la invención

El primer objeto de la invención se resuelve mediante una pala modular de rotor para una turbina generadora de energía, que comprende al menos dos secciones de pala de rotor, en donde cada sección de pala de rotor comprende al menos una pieza conectora que tiene al menos una abertura cónica, las piezas conectoras de secciones de pala de rotor adyacentes se apoyan una en otra de manera que las aberturas cónicas de las piezas conectoras están mutuamente alineadas y forman una abertura conectora cónica continua.

Se debe señalar que la expresión "abertura" es un término genérico para expresar un orificio pasante haciendo referencia a que el orificio ha sido escariado, taladrado, fresado, etc., por completo a través del sustrato, mientras que un "rebaje" hace referencia a un hueco que no es pasante a través de todo el sustrato (es decir, está escariado, taladrado, o fresado hasta una profundidad determinada).

Una de las piezas conectoras puede estar conformada, por ejemplo, como una viga o viga en cajón que sobresale de la cara terminal de una de las secciones de pala de rotor adyacentes, y la pieza conectora de la otra sección de pala de rotor puede estar conformada como un receptáculo, en donde la viga (en cajón) está adaptada para encajar en el receptáculo conforme al tipo de unión de lengüeta y horquilla. Como alternativa, cada pieza conectora de dos secciones de pala de rotor adyacentes puede estar procurada también como una simple barra conectora, en donde una barra conectora sobresale de la cara terminal de una primera sección de pala de rotor y la otra barra conectora de una segunda sección de pala de rotor adyacente a la primera sección de pala de rotor está dispuesta en el interior de la otra sección de pala de rotor. Típicamente, la forma de las piezas conectoras se puede ajustar a la zona donde se usen en la pala de rotor y no está predeterminada ninguna forma específica. Sin embargo, es esencial que las piezas conectoras comprendan al menos una abertura cónica y que las piezas conectoras de secciones de pala de rotor adyacentes se apoyen una en otra de manera que las aberturas cónicas de las piezas conectoras estén mutuamente alineadas y formen una abertura conectora cónica continua.

La pala modular de rotor de acuerdo con la presente invención comprende además medios receptores para recibir medios tensores, en donde los medios receptores están dispuestos en el extremo de menor diámetro de la abertura conectora cónica continua, en donde la abertura conectora cónica continua está proporcionada por las aberturas cónicas alineadas de las piezas conectoras. Un perno cónico correspondiente a la abertura conectora cónica está dispuesto dentro de la abertura conectora cónica continua, y al menos un medio tensor pasa a través del perno cónico y tensiona el perno cónico contra los medios receptores.

Dado que el perno y la abertura conectora cónica continua comprenden una forma cónica o ahusada concordante, el tensionamiento del perno cónico contra el medio receptor asegura las piezas conectoras de secciones de pala de rotor adyacentes una a otra, y de este modo secciones de pala de rotor adyacentes de la pala modular de rotor están aseguradas entre sí de manera desmontable. La longitud del perno cónico no necesita coincidir con la profundidad de la abertura conectora cónica, pero el perno debe topar contra una parte suficiente de las aberturas cónicas de cada una de las piezas conectoras de secciones de pala de rotor adyacentes. Además, los medios tensores pueden ser procurados, por ejemplo, en forma de un tornillo que se hace pasar a través del perno cónico. Para tensionar el perno cónico contra los medios receptores, los medios tensores deben estar unidos a los medios receptores. Dicha unión se puede conseguir proporcionando al menos una rosca hembra dentro de los medios receptores y una rosca macho en el tornillo de manera que la rosca macho pueda engranar en la rosca hembra tensionando de este modo el perno contra los medios receptores. Como alternativa, dicha unión se puede lograr haciendo pasar un tornillo a través de los medios receptores, en donde el tornillo comprende una rosca macho en la parte saliente, en donde la rosca macho puede ser recibida por una tuerca apropiada. El número de medios tensores que se hacen pasar a través del perno cónico depende de las dimensiones del perno cónico, y por ende, de la pala modular de rotor. Por ejemplo, el número de medios tensores puede ser cuatro o seis.

En otras palabras, la invención se refiere a una pala de rotor con dos o más secciones, que incluye una primera sección de pala de rotor y una segunda sección de pala de rotor. La primera y segunda secciones de pala de rotor tienen disposiciones para unir la segunda sección de pala de rotor a la primera sección de pala de rotor de una manera desmontable. La ventaja de dicha unión que incluye un perno cónico que es recibido y apretado en una abertura conectora cónica continua correspondiente reside en que las fuerzas y momentos no son soportados por una conexión de unión roscada de las comúnmente empleadas, sino que son substancialmente absorbidos por la unión cónica de acuerdo con la presente invención. En consecuencia, las cargas que actúan sobre los medios tensores se reducen y minimizan, mejorando de este modo la durabilidad frente a la fatiga de la conexión entre las secciones de pala de rotor adyacentes. Ventajosamente, la inclinación de la abertura conectora cónica continua así como la inclinación del perno cónico se sitúan en el intervalo de 1,5° a 3,5°, siendo preferido un ángulo de inclinación tanto para la abertura conectora cónica continua como para el perno cónico inferior a 3°.

Durante el funcionamiento de la turbina generadora de energía, las cargas que actúan sobre los pernos cónicos y la

correspondiente abertura conectora cónica continua son enormes y provocan holgura o aflojamiento de la conexión de secciones de pala de rotor adyacentes. Por ejemplo, la abertura conectora cónica continua se ensancha ligeramente y/o el perno cónico se deforma. Por tanto, se debe realizar un mantenimiento de la conexión entre secciones de pala de rotor adyacentes después de un tiempo de funcionamiento predeterminado. Para ello se puede retirar el perno cónico presente y reemplazarlo por uno nuevo. Sin embargo, puesto que el nivel de ensanchamiento de la abertura conectora continua es desconocido y los niveles de ensanchamiento no son idénticos si existe más de una abertura continua, la adaptación de un nuevo perno cónico en una abertura continua ensanchada es muy difícil, conlleva mucho tiempo y tiene un coste elevado.

En consecuencia, una realización preferida de la pala modular de rotor de la presente invención comprende un intersticio definido entre los medios receptores y la cara terminal del perno cónico que tiene el menor diámetro. A este respecto, el menor diámetro externo del perno cónico es mayor que el menor diámetro interno de la abertura conectora cónica continua. En caso de holgura o aflojamiento de la conexión entre secciones de pala de rotor adyacentes, simplemente se reaprieta el medio tensor, con lo cual el perno cónico es movido más hacia adelante y más "profundamente" dentro de la abertura conectora cónica continua, eliminando de este modo la holgura y el aflojamiento de la conexión entre secciones de pala de rotor adyacentes. El reapretado de los medios tensores se puede llevar a cabo durante el mantenimiento de la turbina generadora de energía, de manera que, tras el mantenimiento, la conexión entre secciones de pala de rotor adyacentes queda igual a la conexión inicial con respecto a la fijeza, siendo la única diferencia la profundidad de penetración del perno cónico en las aberturas conectoras cónicas continuas. Al procurar el intersticio, el mantenimiento en relación con la tolerancia antes mencionada se puede facilitar y acelerar. Además, se pueden disminuir los costes de mantenimiento ya que no es necesario usar pernos cónicos nuevos.

Según otro aspecto de la presente invención, el medio receptor está conformado de manera integral con la pieza conectora relevante. Dicho diseño o conformación integral del medio receptor reduce el número de piezas que tienen que ser izadas y ensambladas in situ y, así, reduce los costes de instalación. Además, la conformación integral del medio de recepción facilita el uso de una viga (en cajón) como pieza conectora de una de las secciones de pala de rotor adyacentes. Cuando se usa este tipo de conformación, es innecesario y redundante un acceso al interior de la viga (en cajón).

Las piezas conectoras tienen al menos una abertura cónica. La conicidad o ahusamiento de las aberturas puede ser proporcionada por las mismas piezas conectoras. En este caso la durabilidad de la superficie de la abertura cónica está determinada por el material de las piezas conectoras, o al menos determinado por el material situado en la zona de la abertura. Por tanto, se prefiere que cada una de las aberturas cónicas esté provista de un casquillo (metálico) dispuesto en una abertura respectiva en una pieza conectora correspondiente. Al proporcionar un casquillo cónico, la durabilidad de la superficie de las aberturas cónicas viene determinada por el material de los casquillos, y no por el material de la pieza conectora. Es posible, por tanto, elegir un material muy duro y/o fuerte para los casquillos que no sea apropiado para las propias piezas conectoras.

Para ahorrar costes de material y para reducir el peso de la pala de rotor completa, se prefiere que el perno cónico sea hueco. Sin embargo, para transmitir cargas desde una cara terminal del perno a la otra cara terminal del perno, lo que se requiere para tensionar el perno contra los medios receptores, el perno puede comprender nervios o tabiques de reparto, en particular en torno a los medios tensores que atraviesan el perno.

Para facilitar el mantenimiento y el ensamblaje de la pala modular de rotor, se procura una puerta de acceso en al menos una de las secciones de pala de rotor adyacentes. La puerta de acceso debe estar dimensionada para permitir el acceso a la abertura conectora continua y debe permitir la inserción del perno cónico. Sin dicha puerta de acceso, el acceso a las piezas antes mencionadas de las secciones de pala de rotor adyacentes debe realizarse desde el interior de la pala del rotor. Esto conlleva mucho tiempo y es sencillamente imposible para las secciones exteriores de la pala, que por lo tanto son más finas.

Para facilitar el alineamiento de las secciones de pala de rotor adyacentes cuando se ensambla la pala del rotor, se disponen medios guidores en las caras terminales de secciones de pala de rotor adyacentes. Los medios guidores pueden comprender al menos un perno en una cara terminal de secciones de pala de rotor adyacentes y al menos un rebaje correspondiente en la cara terminal de la otra sección de pala de rotor, en donde al menos la punta del perno está ahusada para facilitar el alineamiento. La parte no ahusada del perno y una parte del rebaje pueden comprender una rosca hembra y una rosca macho, respectivamente. Para soportar la conexión de las secciones de pala de rotor adyacentes las roscas pueden engranar entre sí.

El primer objeto de la presente invención se resuelve de manera alternativa mediante una pala modular de rotor para una turbina generadora de energía, que comprende al menos dos secciones de pala de rotor, en donde cada sección de pala de rotor comprende al menos una pieza conectora, una pieza conectora que encierra la pieza conectora de una sección de pala de rotor adyacente. La pieza conectora encerradora comprende al menos dos orificios pasantes cónicos y la pieza conectora encerrada comprende al menos un orificio pasante, en donde los orificios pasantes están dispuestos en el mismo eje longitudinal.

Si la pieza conectora encerrada está conformada sin un espacio interno, es decir, la pieza conectora encerrada no

es hueca, el al menos un orificio pasante está conformado como un orificio pasante cónico doble, en donde las aberturas con el mayor diámetro se abren hacia las superficies externas de la pieza conectora encerrada. En otras palabras, el al menos un orificio pasante tiene una forma comparable a un reloj de arena o tiene el perfil de una boquilla de venturi.

5 Como alternativa, la pieza conectora encerrada puede estar conformada también con un espacio interno. En este caso una de las piezas conectoras puede ser procurada, por ejemplo, como una viga (en cajón) que queda encerrada por la otra pieza conectora (encerradora). Con independencia de la forma o sección transversal exactas de tal pieza conectora con espacio interno, ésta debe comprender al menos dos orificios pasantes dispuestos en el mismo eje longitudinal.

10 Como ya se ha mencionado antes, el orificio u orificios pasantes deben ser procurados de manera tal que la abertura que tiene el mayor diámetro se abra hacia las superficies externas de las piezas conectoras. A este respecto, las piezas conectoras de secciones de pala de rotor adyacentes se apoyan una en otra de manera que los orificios pasantes cónicos de la piezas conectora encerradora están alineados con el al menos un orificio pasante de la pieza conectora encerrada, definiendo de este modo al menos un orificio pasante conector cónico. Al menos dos pernos cónicos están dispuestos dentro de los orificios pasantes de la pieza encerradora y llegan hasta el al menos un orificio pasante de la pieza conectora encerrada, y al menos un medio tensor pasa a través de los al menos dos pernos cónicos y tensiona los pernos cónicos.

Dado que los orificios pasantes de las piezas conectoras encerrada y encerradora están dispuestos en el mismo eje longitudinal y los orificios pasantes están conformados tal como se ha mencionado antes, no son necesarios medios receptores para tensionar los pernos con el fin de conectar las piezas conectoras de secciones de pala de rotor adyacentes de una manera desmontable. En consecuencia tal diseño, que no utiliza medios receptores, reduce el número de piezas que han de ser izadas y ensambladas *in situ* y, por tanto, reduce el coste de instalación.

Una realización preferida de la pala modular de rotor de acuerdo con la segunda solución comprende un intersticio entre caras terminales de los pernos cónicos. Gracias al intersticio se simplifica el mantenimiento de la pala modular de rotor tal como se ha señalado con detalle antes. A este respecto, en las reivindicaciones adjuntas se exponen realizaciones adicionales de la pala modular de rotor de acuerdo con la segunda solución, en donde las ventajas de estas realizaciones corresponden a las realizaciones relevantes de la primera solución.

Con respecto a un método para ensamblar una turbina generadora de energía con palas modulares de rotor, el método comprende: los pasos de fabricar palas de rotor en el menos dos secciones de pala de rotor, en donde secciones de pala de rotor adyacentes tienen piezas conectoras para montar juntas dichas secciones de pala adyacentes; transportar dichas secciones de pala a un lugar; procurar, en dicho lugar, una turbina sobre una estructura que es mantenida estacionaria con respecto a dicho flujo de fluido, en donde dicha turbina incluye un cubo de rotor y un rotor que tiene disposiciones para montar primeras secciones de pala de rotor a dicho cubo de rotor; conectar dichas primeras secciones de pala a dicho cubo de rotor; y unir segundas secciones de pala de rotor a primeras secciones de pala montando juntas las piezas conectoras de secciones de pala de rotor adyacentes por medio de al menos un perno cónico que está siendo tensionado por al menos un medio tensor que pasa a través del perno cónico. Este método permite fabricar grandes palas de turbina y transportarlas en múltiples piezas y, por tanto, presenta la ventaja de un coste de transporte reducido para grandes palas de turbina.

40 Como un aspecto adicional del método de acuerdo con la presente invención, las segundas secciones de pala de rotor son izadas mediante una grúa dentro de una góndola antes de unir las segundas secciones de pala de rotor a las primeras secciones de pala de rotor. Por ejemplo, en el caso de una turbina eólica, este aspecto presenta la ventaja de que no se necesita una grúa torre o un helicóptero para ensamblar las palas modulares de rotor, con lo que se reducen los costes de instalación de la turbina eólica.

45 De acuerdo con un paso adicional del método de la presente invención, el método comprende el paso de unir una punta de pala a dicha segunda sección de pala. Gracias a esta característica, se pueden fabricar grandes turbinas eólicas y transportarlas en múltiples piezas, con lo que se reduce el coste de transporte.

En consecuencia, la presente invención proporciona un diseño de un empalme fácilmente retensionante y post-tensionante de palas modulares de rotor. Este diseño evita cualquier movimiento dentro del empalme y evita la fatiga estructural que dichos movimientos causarían. La invención presenta la ventaja de que disminuye el coste de transporte de las actuales palas de turbina eólica que superan los 50 metros o más de longitud, y permite transportar grandes palas de turbina por las rutas aéreas, terrestres y marinas o fluviales existentes. La invención presenta la ventaja adicional de que el empalme de secciones de pala de rotor adyacentes permite fabricar grandes palas de turbina eólica y transportarlas en múltiples piezas sin costes de mantenimiento asociados al retensionamiento de empalmes. Además, la invención presenta la ventaja de costes de transporte reducidos para grandes palas de turbina. Además, la invención presenta la ventaja de permitir el reemplazo de palas exteriores gravemente dañadas por la caída de un rayo sin reemplazar la pala completa. Por último, la invención tiene la ventaja de no requerir mantenimiento anual.

Breve descripción de los dibujos

Se describirá con detalle la invención haciendo referencia a los dibujos, en los cuales:

la Figura 1 es un diagrama de un sistema de turbina eólica en el cual se ha realizado la presente invención, que ilustra cómo la segunda sección de pala es izada mediante una grúa en la góndola;

5 la Figura 2 es una vista detallada de la Figura 1;

la Figura 3 es una vista en perspectiva de una pala modular de rotor que comprende una primera sección y una segunda sección de pala que se conecta a la primera sección de acuerdo con una primera realización de la presente invención;

la Figura 4 es una vista desde arriba de la pala modular de rotor de la Figura 3;

10 la Figura 5 es una vista en sección transversal de la pala modular de rotor tomada a lo largo de la línea A-A de la Figura 4;

la Figura 6 es un detalle "A" de la Figura 5 que ilustra cómo está dispuesto un perno cónico en una abertura conectora cónica continua;

la Figura 7 es una vista en sección transversal detallada de una segunda realización de la presente invención; y

15 la Figura 8 es una vista en sección transversal detallada de una tercera realización de la presente invención.

En estas figuras, los mismos números se refieren a elementos similares de los dibujos. Ha de entenderse que los tamaños de los diversos componentes de las figuras pueden no estar a escala, y se muestran para claridad visual y con fines ilustrativos.

Descripción de las realizaciones preferidas

20 Se hace ahora referencia a la Figura 1, que es un diagrama de un lugar de turbina eólica en el cual se realiza de manera ilustrativa la invención. Cada pala modular de rotor 2 está fabricada en dos o más secciones, que incluyen una primera sección 10 de pala de rotor y una segunda sección 11, 11' de pala de rotor. Las primera y segunda secciones de pala de rotor tienen disposiciones para unir la segunda sección 11, 11' de pala de rotor a la primera sección 10 de pala de rotor. Las secciones de pala de rotor son transportadas mediante el transporte 15 hasta el lugar de la turbina eólica. En dicho lugar, está procurada una turbina dentro de una góndola sobre una estructura 4 que está mantenida estacionaria con respecto al flujo de fluido. La turbina incluye un cubo de rotor 9 que tiene disposiciones para montar las primeras secciones 10 de pala de rotor al cubo de rotor 9. Las primeras secciones 10 de pala de rotor están conectadas al cubo de rotor 9 y las segundas secciones 11 de pala de rotor son izadas mediante un cable 25 (Figura 2) hasta las primeras secciones 10 de pala de rotor y son unidas a las primeras secciones 10 de pala de rotor.

La Figura 2 ilustra cómo una grúa en la góndola 3 iza la sección 11 de pala de rotor a la posición de enclavamiento con la primera sección 10 de pala de rotor. La primera sección 10 de pala de rotor está conectada al cubo de rotor 9 y la segunda sección 11 de pala de rotor, izada mediante un cable 25 con el fin de enganchar con la primera sección 10 de pala de rotor, se une a la primera sección 10 de pala de rotor por medio de un empalme que se describe con más detalle haciendo referencia a las Figuras 3 a 8. Se pueden procurar más secciones, tales como una sección de punta 1 separada (Figura 3) y se pueden ensamblar de una manera similar.

Con respecto a la Figura 3, que es una vista en perspectiva de la pala modular de rotor de la Figura 1 según una primera realización de la presente invención, la pala modular de rotor comprende la primera sección 10 de pala de rotor, que conecta con el cubo de rotor 9 (no mostrado), y la segunda sección 11 de pala de rotor que conecta con la primera sección 10 de pala de rotor mediante, entre otros, medios de una pieza conectora 14 y una pieza conectora 16.

En esta realización, la pieza conectora 14 de la segunda sección 11 de pala de rotor, la segunda pieza conectora 14, está conformada como una viga con dos paredes laterales, y lados superior e inferior (la pieza conectora 14 puede denominarse también "lengüeta"), y la pieza conectora 16 de la primera sección 10 de pala de rotor, la primera pieza conectora 16, está conformada como un receptáculo (y también puede denominarse "horquilla"). La primera pieza conectora 16 está adaptada para recibir la segunda pieza conectora 14, y la sección transversal de la segunda pieza conectora 14 está ajustada a la sección transversal de la primera pieza conectora 16 de manera tal que las superficies superior e inferior de la segunda pieza conectora 14 soportan porciones solapantes de la primera sección 10 de pala de rotor.

50 En realizaciones alternativas, la sección transversal de la segunda pieza conectora 14 puede comprender una sección transversal rectangular (que incluye una sección transversal cuadrada) o bien una sección transversal elíptica (que incluye una sección transversal circular).

La pala modular de rotor mostrada en la Figura 3 comprende también una punta de pala 1 que conecta con la segunda sección 11 de pala de rotor. Las secciones 10, 11 de pala de rotor y la punta de pala 1 se ensamblan para formar una superficie aerodinámica contigua en una junta 19 de empalme de pala con punta y una junta 20 de empalme de secciones de pala por medio de las piezas conectoras antes mencionadas, que están enteramente contenidas dentro de la estructura de la pala.

En las caras terminales de cada sección 10, 11 de pala de rotor están procurados medios guidores 29a, 29b, en donde los medios guidores 29a de la segunda sección están conformados como pernos al menos parcialmente cónicos y los primeros medios guidores de sección están procurados como aberturas correspondientes en la cara terminal. Durante el ensamblaje de la pala modular de rotor, los medios guidores soportan el alineamiento de la sección relevante de pala de rotor. Además, en caso de que los pernos y las aberturas estén provistos de roscas macho y hembra, se pueden utilizar los medios guidores para soportar la conexión entre secciones adyacentes.

Cada pieza conectora 14, 16 comprende cuatro aberturas cónicas 41, 42, en donde en la realización mostrada las aberturas cónicas se extienden a través de toda la profundidad de las paredes laterales, es decir, las aberturas definen orificios pasantes. La Figura 3 muestra además cuatro pernos cónicos 30 para ser insertados en aberturas conectoras cónicas continuas (no mostradas) formadas por una abertura cónica 41 y una abertura cónica 42 cada vez, cuando secciones de pala de rotor adyacentes se apoyan una con otra y cuando aberturas cónicas 41, 42 correspondientes están alineadas.

Los pernos cónicos o ahusados 30, conformes al tipo de pernos de cizalladura, pueden ser tensionados por medio de medios tensores 28 en forma de cuatro o seis pernos de menor tamaño. Este diseño permite retensionar fácilmente sobre el terreno los pernos 28 a través de una pequeña puerta de acceso 32 amovible situada en la primera sección 10 de pala de rotor y/o en la segunda sección 11 de pala de rotor. Este diseño del empalme evita también cualquier movimiento dentro del empalme y evita la fatiga estructural que dichos movimientos causarían. Para la punta de pala 1 están procurados una puerta de acceso y elementos de empalme de horquilla y lengüeta similares enteramente contenidos dentro de la estructura de pala, pero no se muestran en la Figura 3.

Con respecto a las Figuras 4 y 5, se muestran detalles de la primera realización de la presente invención. La puerta de acceso 32 proporciona acceso a los principales elementos del empalme, a saber las piezas conectoras 14, 16, y a los pernos de cizalladura ahusados o cónicos 30. Por ejemplo, se puede llegar a la puerta de acceso 32 a través de una portilla 23 y una escotilla desplegable 24 (véase la Figura 1) que, cuando se abre, extiende una rampa para el mantenimiento y la sustitución de módulos. Los medios guidores 29a, 29b de la segunda sección, mostrados en la Figura 3, son accesibles también a través de la puerta de acceso 32. Este diseño evita cualquier movimiento dentro del empalme o conexión, y evita la fatiga estructural que dichos movimientos causarían. Para la punta de pala 1 se ha procurado una puerta de acceso y piezas conectoras similares con todas las piezas necesarias para la unión, enteramente contenidas dentro de la estructura de la pala, pero no se muestran en la Figura 4. Este diseño permite montar fácilmente sobre el terreno los pernos de cizalladura cónicos 30 a través de la puerta de acceso amovible 32 situada en las secciones de pala.

La Figura 5 muestra una vista en sección a lo largo de la línea A-A de la Figura 4 de los pernos de cizalladura cónicos o ahusados 30 y las piezas conectoras 14, 16. Como puede verse en la Figura 5, las piezas conectoras 14, 16 de la primera realización están adaptadas para encajar una en otra, con lo cual la pieza conectora 14 de la segunda sección 11 de pala de rotor queda encerrada por la pieza conectora 16 de la primera sección 10 de pala de rotor.

La Figura 6 muestra una vista detallada de un perno cónico o ahusado 30 de acuerdo con la primera realización de la presente invención mostrada en las Figuras 4 o 5, en donde la mitad superior de la Figura 6 es una vista en sección a través de un medio tensor 28, mientras que la mitad inferior de la Figura 6 es una vista desde arriba. Las piezas de conexión 14, 16 comprenden orificios pasantes cilíndricos que, en combinación con casquillos 14a, 16a, definen las aberturas cónicas 41, 42. Para mejorar la durabilidad de los casquillos, se prefieren casquillos metálicos. El perno cónico 30 dentro de la abertura cónica conecta las piezas conectoras 14, 16 de la primera y segunda secciones 10, 11 de pala de rotor. Se hace pasar un número de medios tensores 28 a través del perno cónico sustancialmente hueco 30 y se montan en un medio receptor 18, dispuesto en el casquillo 14a que puede cerrar el extremo izquierdo (en la Figura 6) de la abertura cónica. El medio receptor 18 forma un contra-cojinete para el perno 30 y comprende un número de roscas hembra que engranan con roscas macho relevantes de los medios tensores 28. Al proporcionar una abertura cónica, el perno cónico 30 puede ser tensionado contra el medio receptor 18 por medio de los medios tensores 28, asegurando de este modo las piezas conectoras 14, 16 entre sí.

Entre el medio receptor 18 y la cara terminal de menor diámetro del perno cónico 30 (la cara terminal izquierda en la Figura 6) se forma un intersticio 26 que permite un reapriete/retensionamiento fácil y simple del perno cónico 30 en caso de una tolerancia dentro de la conexión en su conjunto. El tamaño del intersticio en dirección al eje longitudinal del medio tensor supone de 5 a 10% de la longitud de la abertura conectora cónica continua.

Tal como se ha mencionado antes, el perno cónico 30 está sustancialmente hueco. Sin embargo, para admitir fuerzas que actúan sobre el perno 20, están conformadas nervaduras dentro del perno cónico 20, que encierra los medios tensores 28.

De acuerdo con la realización mostrada, los medios tensores 28 están procurados como tornillos con una rosca macho en un extremo, en donde la cabeza macho engrana con la rosca hembra del medio receptor 18 para tensionar el perno cónico 30. En una realización alternativa, el medio receptor 18 puede comprender orificios pasantes atravesados por los medios tensores 28 que están afianzados contra el medio receptor 18 por medio de contratuercas.

Con respecto a la Figura 7, se muestra una vista detallada de una segunda realización de la presente invención. La pieza conectora 16 de la primera sección 10 de pala de rotor encierra la pieza conectora 14 de la segunda sección 11 de pala de rotor. Ambas piezas conectoras 14, 16 comprenden dos orificios pasantes cónicos. En el estado conectado de las secciones 10, 11 de pala de rotor las piezas conectoras 14, 16 se apoyan una en otra de manera que los orificios pasantes cónicos de la pieza conectora encerradora 16 están alineados con los dos orificios pasantes de la parte conectora encerrada 14, definiendo de este modo dos orificios pasantes conectores cónicos continuos, es decir, los orificios pasantes de las piezas conectoras, y por consiguiente los orificios pasantes conectores cónicos continuos están dispuestos en el mismo eje longitudinal en el estado conectado de las secciones 10, 11 de pala de rotor. Los orificios pasantes de las piezas conectoras 14, 16 están procurados de manera tal que las aberturas con el mayor diámetro se abren hacia las superficies externas de las piezas conectoras 14, 16. Esta disposición de los orificios pasantes de las piezas conectoras 14, 16 determina que los orificios pasantes conectores continuos se extiendan hacia la superficie externa de la parte conectora encerradora 16.

La realización mostrada en la Figura 7 utiliza dos pernos cónicos 30 que están dispuestos en dos orificios pasantes conectores cónicos. Los pernos cónicos 30 están atravesados por una pluralidad de medios tensores 28 (tornillos), en donde se hace pasar cada tornillo 28 a través de ambos pernos 30. Debido a la conformación de los orificios pasantes conectores continuos no son necesarios medios receptores especiales. Los pernos cónicos 30 son tensionados uno contra otro por los tornillos 28, en donde los tornillos 28 comprenden una cabeza de tornillo 28a adyacente a un tornillo y una contratuerca 18b adyacente al otro tornillo. En caso de que aparezca holgura o aflojamiento en la conexión, se pueden reapretar o retensionar los pernos apretando las contratuercas 18b y los tornillos 28. El intersticio 26 entre los dos pernos cónicos 30 permite que los pernos 30 sean empujados más adentro o más "profundamente" dentro de los orificios pasantes conectores continuos, eliminando de este modo la holgura o aflojamiento de la conexión.

La Figura 8 muestra una vista detallada de una tercera realización de la presente invención, en donde la mitad superior de la Figura 8 es una vista en sección a través de dos pernos cónicos 30, mientras que la mitad inferior de la Figura 8 es una vista desde arriba.

La tercera realización utiliza una pieza conectora encerradora 16 y una pieza conectora encerrada 14. Contrariamente a la segunda realización, la pieza conectora encerrada 14 es sólida, es decir, no se procuran paredes laterales separadas ni, por tanto, espacio dentro de la pieza conectora. En consecuencia, la pieza conectora encerrada 14 no está hueca. La pieza conectora encerradora 16 comprende dos orificios pasantes cónicos, y la pieza conectora encerrada 14 comprende un orificio pasante, en donde los orificios pasantes están, en el estado ensamblado de la pala modular de rotor, dispuestos en el mismo eje longitudinal. El orificio pasante de la pieza conectora encerrada 14 está conformado como un orificio pasante cónico doble, en donde las aberturas con el mayor diámetro se abren hacia las superficies externas de la pieza conectora encerrada. Los orificios pasantes cónicos de la pieza conectora encerradora están alineados con el al menos un orificio pasante de la pieza conectora encerrada, definiendo de este modo un orificio pasante cónico doble. Dentro de estos rebajes conectores cónicos están dispuestos dos pernos 30 que encierran un intersticio 26 entre sus caras terminales enfrentadas. Un número de medios tensores 28 en forma de tornillos son hechos pasar a través de los pernos 30 y tensionan los pernos 30 uno contra otro. El mecanismo tensor es el mismo que se muestra en la Figura 7. Así, en cuanto a detalles adicionales, se hará referencia a la Figura 7.

Aunque se ha mostrado y descrito en particular la invención con referencia a realizaciones preferidas de la misma, los expertos en la técnica entenderán que pueden hacerse en la misma los cambios precedentes y otros en forma y detalle sin apartarse del ámbito de la invención, tal como se define en las reivindicaciones adjuntas.

REIVINDICACIONES

- 1.- Una pala modular de rotor para una turbina generadora de energía, que comprende al menos dos secciones (10, 11) de pala de rotor,
- 5 en donde cada sección (10, 11) de pala de rotor comprende al menos una pieza conectora (14, 16) que tiene al menos una abertura cónica (41, 42), las piezas conectoras (14, 16) de secciones (10, 11) de pala de rotor adyacentes se apoyan una en otra de manera que las aberturas cónicas (41, 42) de las piezas conectoras (14, 16) están mutuamente alineadas y forman una abertura conectora cónica continua,
- están dispuestos medios receptores (18) para recibir medios tensores (28) en el extremo de menor diámetro de la abertura conectora cónica,
- 10 un perno cónico (30) correspondiente a la abertura conectora cónica continua está dispuesto dentro de la misma, y
- al menos un medio tensor (28) que pasa a través del perno cónico (30) y tensiona el perno cónico (30) contra los medios receptores (18).
- 2.- La pala modular de rotor según la reivindicación 1, en donde está definido un intersticio (26) entre el medio receptor (18) y la cara terminal del perno cónico (30) que tiene el menor diámetro.
- 15 3.- La pala modular de rotor según la reivindicación 1, en donde el menor diámetro externo del perno cónico (30) es mayor que el menor diámetro interno de la abertura conectora cónica continua.
- 4.- La pala modular de rotor según una de las reivindicaciones 1 - 3, en donde el medio receptor (18) está conformado de manera integral con la pieza conectora (14) relevante.
- 20 5.- La pala modular de rotor según una de las reivindicaciones 1 - 4, en donde cada una de las aberturas cónicas (41, 42) está dotada de un casquillo (14a, 16a) dispuesto en una abertura respectiva en una pieza conectora (14, 16) correspondiente.
- 6.- La pala modular de rotor según una de las reivindicaciones 1 - 5, en donde el perno cónico (30) está hueco.
- 7.- La pala modular de rotor según una de las reivindicaciones 1 - 6, en donde está procurada una puerta de acceso (32) en al menos una de secciones (10, 11) de pala de rotor adyacentes.
- 25 8.- Una pala modular de rotor para una turbina generadora de energía, que comprende al menos dos secciones (10, 11) de pala de rotor,
- en donde cada sección (10, 11) de pala de rotor comprende al menos una pieza conectora (14, 16), una pieza conectora (16) encierra la pieza conectora (14) de una sección (11) de pala de rotor adyacente, la pieza conectora encerradora (16) comprende al menos dos orificios pasantes cónicos y la pieza conectora encerrada (14) comprende al menos un orificio pasante, los orificios pasantes están dispuestos en el mismo eje longitudinal,
- 30 en donde las piezas conectoras (14, 16) de secciones (10, 11) de pala de rotor adyacentes se apoyan una en otra de manera que los orificios pasantes cónicos de la pieza conectora encerradora (16) están alineados con el al menos un orificio pasante de la pieza conectora encerrada (14), definiendo de este modo al menos un orificio pasante conector cónico,
- 35 están dispuestos al menos dos pernos cónicos (30) dentro de los orificios pasantes de la pieza encerradora (16) que llegan hasta el al menos un orificio pasante de la pieza conectora encerrada (14),
- al menos un medio tensor (28) pasa a través de los al menos dos pernos cónicos (30) y tensiona los pernos cónicos (30).
- 40 9.- La pala modular de rotor según la reivindicación 8, en donde está procurado un intersticio (26) entre caras terminales enfrentadas de los pernos cónicos (30).
- 10.- La pala modular de rotor según la reivindicación 8 o 9, en donde cada una de los orificios pasantes cónicos está dotado de un casquillo (14a, 16a) dispuesto en una abertura respectiva en las piezas conectoras (14, 16).
- 11.- La pala modular de rotor según una de las reivindicaciones 8 - 10, en donde los pernos cónicos (30) están huecos.
- 45 12.- La pala modular de rotor según una de las reivindicaciones 8 - 11, en donde está procurada una puerta de acceso (32) en al menos una de secciones (10, 11) de pala de rotor adyacentes.
- 13.- Un método para método para ensamblar una turbina generadora de energía con palas modulares de rotor (10, 11), que comprende pasos de:

A. fabricar palas de rotor en el menos dos secciones (10, 11) de pala de rotor, en donde secciones (10, 11) de pala de rotor adyacentes tienen piezas conectoras (14, 16) para montar juntas dichas secciones (10, 11) de pala de rotor adyacentes;

B. transportar dichas secciones (10, 11) de pala de rotor a un lugar;

5 C. procurar, en dicho lugar, una turbina (3) sobre una estructura (4) que es mantenida estacionaria con respecto a dicho flujo de fluido, en donde dicha turbina (3) incluye un cubo de rotor (9) y un rotor (2) que tiene disposiciones para montar primeras secciones (10) de pala de rotor a dicho cubo de rotor (9);

D. conectar dichas primeras secciones (10) de pala de rotor a dicho cubo de rotor (9); y

10 E. unir segundas secciones (11) de pala de rotor a primeras secciones de pala montando juntas las piezas conectoras (14, 16) de secciones (10, 11) de pala de rotor adyacentes por medio de al menos un perno cónico (30) que está siendo tensionado por al menos un medio tensor (28) que pasa a través del perno cónico (30).

14.- El método según la reivindicación 13, en donde las segundas secciones (11) de pala de rotor son izadas mediante una grúa dentro de una góndola antes de unir las segundas secciones (11) de pala de rotor a las primeras secciones (10) de pala de rotor.

15 15.- El método según la reivindicación 13 o 14, que comprende además el paso de:

F. unir una punta (1) de pala de rotor a dicha segunda sección (11) de pala de rotor.

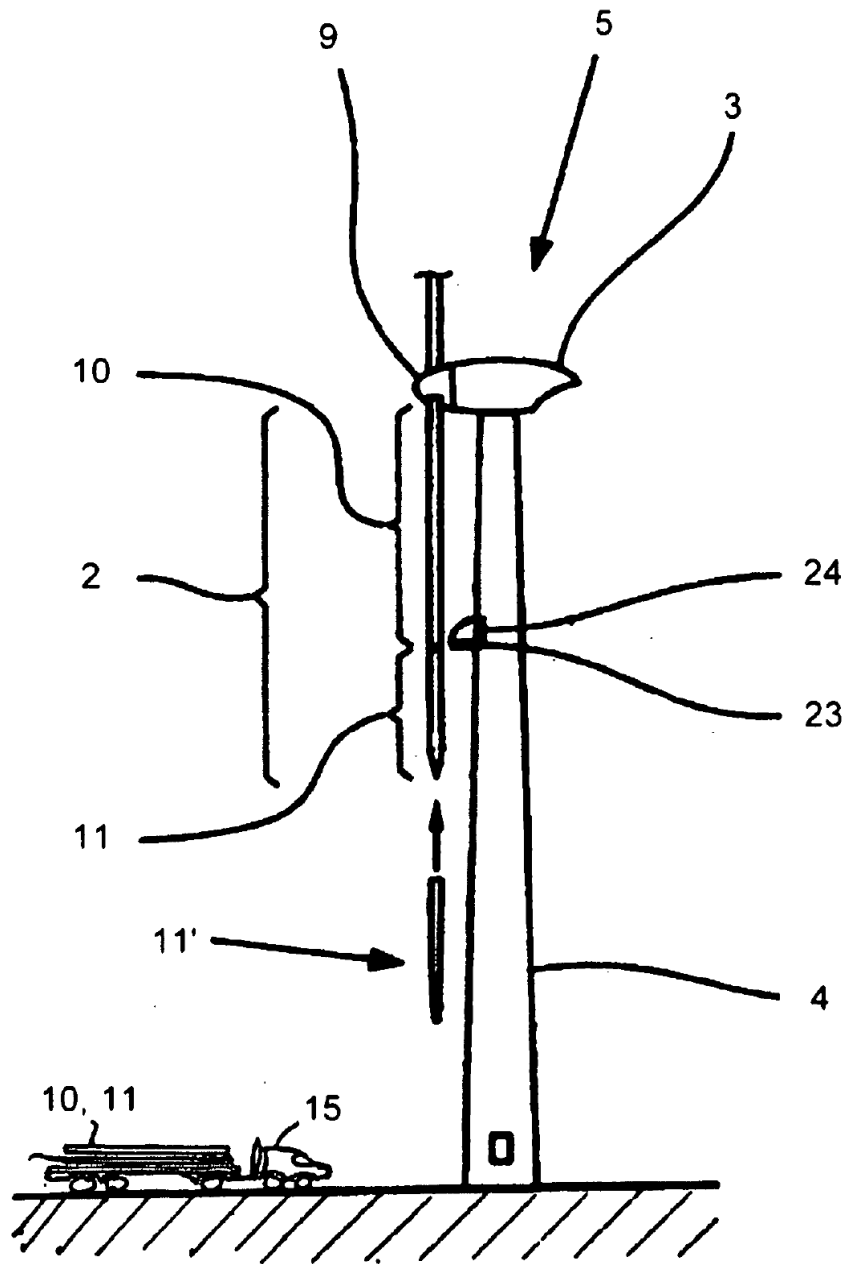


Fig. 1

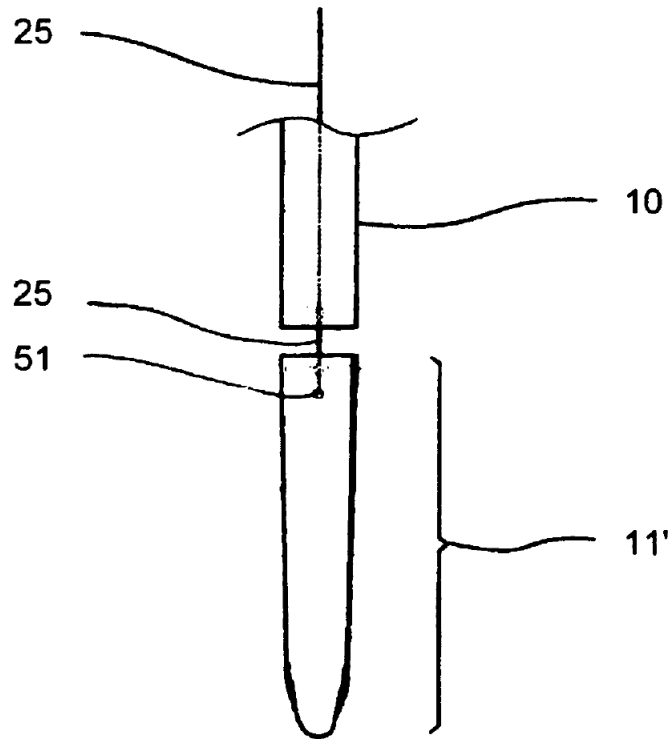


Fig. 2

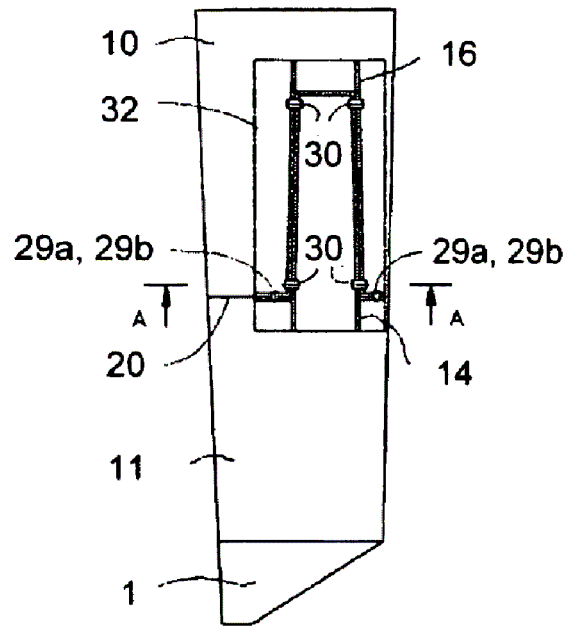


Fig. 4

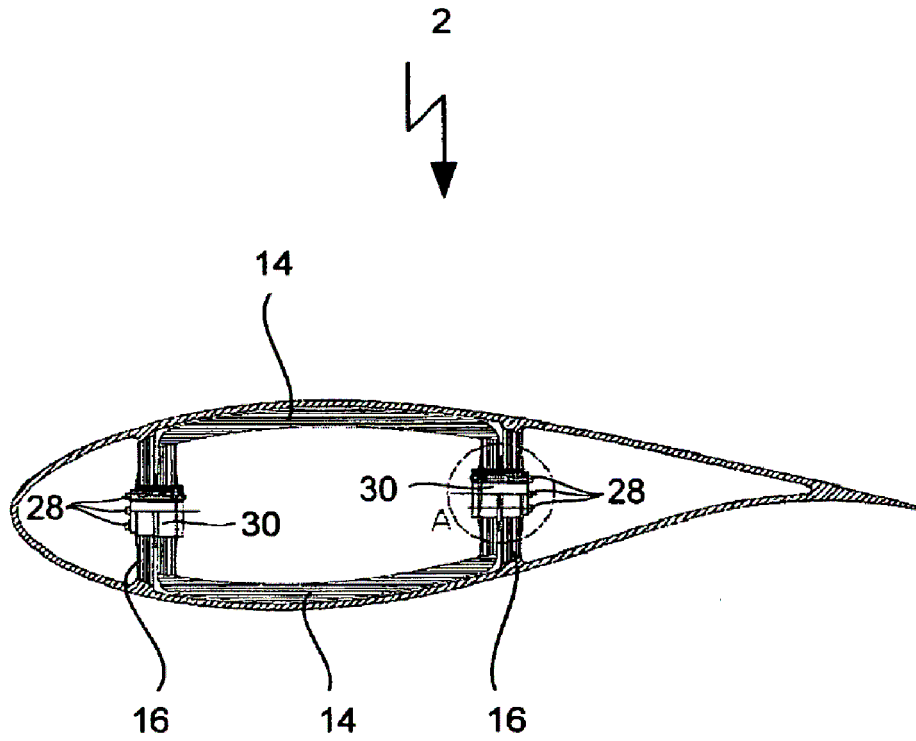


Fig. 5

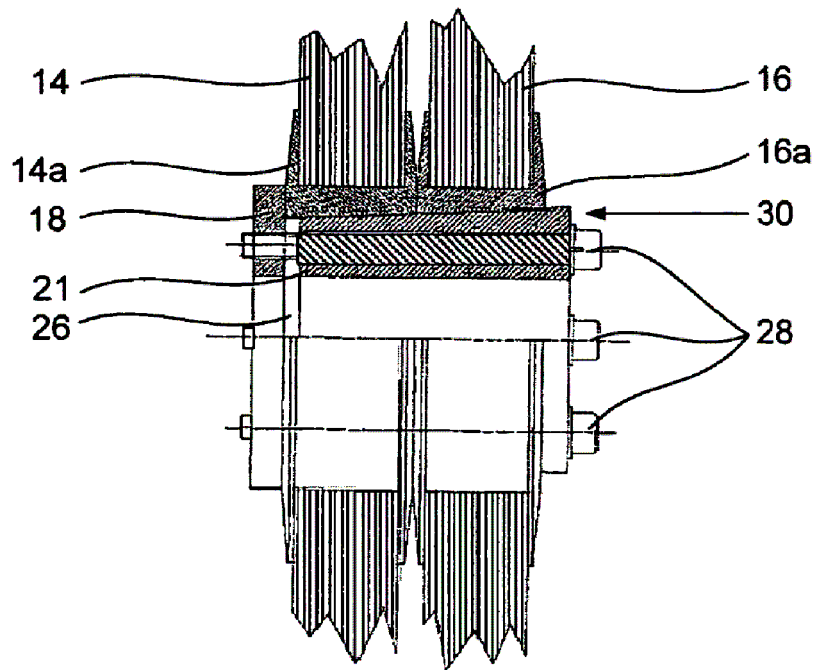


Fig. 6

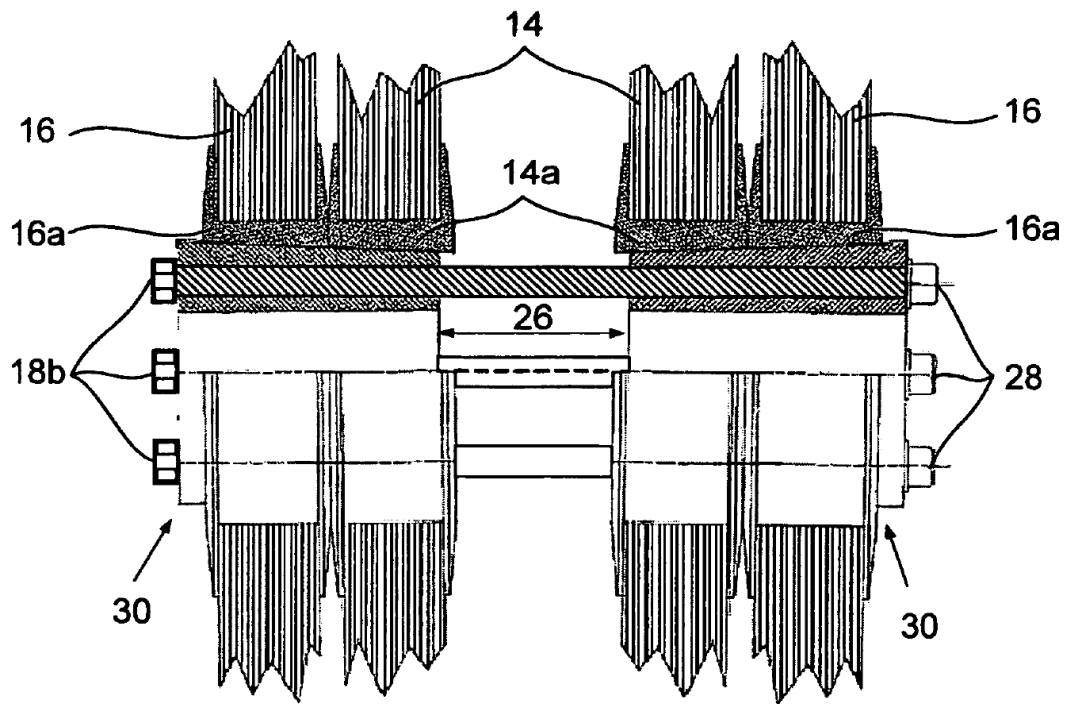


Fig. 7

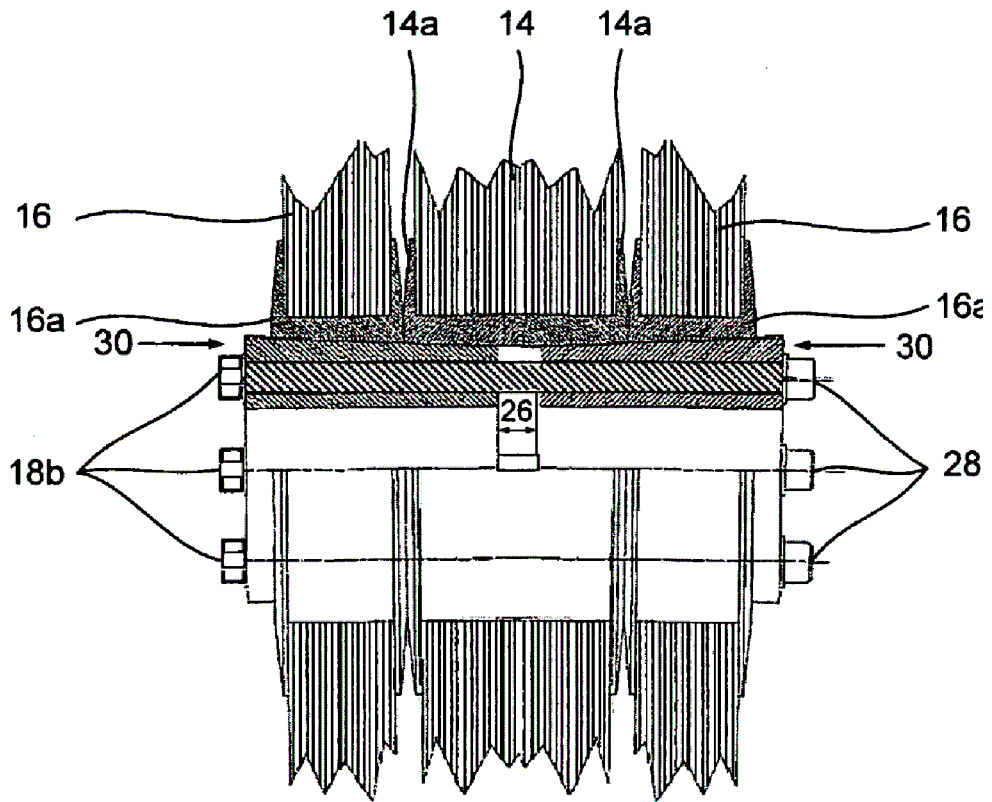


Fig. 8