

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 621 508**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.10.2013 PCT/EP2013/072386**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.05.2014 WO14064247**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.10.2013 E 13783056 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2917566**

54 Título: **Método y sistema para transportar y almacenar al menos dos palas de turbina eólica**

30 Prioridad:

26.10.2012 GB 201219279
08.11.2012 GB 201220100

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.07.2017

73 Titular/es:

LM WP PATENT HOLDING A/S (100.0%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK

72 Inventor/es:

VAN DER ZEE, JACOBUS;
NIELSEN, ANDERS y
SKIPPER-MORTENSEN, KENTH

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 621 508 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

Método y sistema para transportar y almacenar al menos dos palas de turbina eólica

Campo de la invención

5 La presente invención se refiere a un método de transporte o almacenamiento de palas de turbina eólica así como a un sistema de transporte y almacenamiento para transportar al menos dos palas de turbina eólica que incluyen una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica.

Antecedentes de la invención

10 Las palas de turbina eólica usadas para turbinas eólicas de eje horizontal para generar energía eléctrica a partir del viento pueden ser bastante grandes y actualmente pueden superar 70 metros de longitud y 4 metros de anchura. Normalmente, las palas se fabrican de un material de polímero reforzado con fibras y que comprende una parte de carcasa en barlovento y una parte de carcasa en sotavento. Debido al tamaño y la fragilidad de estas palas de rotor grandes, las palas pueden dañarse durante el transporte así como durante la carga y descarga. Tales daños pueden degradar gravemente el rendimiento de las palas. Por tanto, se necesita acondicionar cuidadosamente las palas con el fin de garantizar que no se dañen.

15 Sin embargo, debido a la longitud creciente de palas de turbina eólica modernas, se está volviendo cada vez más complicado y caro transportar las palas. No es poco frecuente que los costes de transporte representen el 20 por ciento de los costes totales para fabricar, transportar y montar la pala de turbina eólica en el rotor de una pala de turbina eólica. Además, algunas palas se transportan hasta el sitio de instalación mediante diferentes modos de transporte, tales como en camión, tren y barco. Alguno de estos modos de transporte pueden tener restricciones sobre cargas grandes, alturas máximas, anchuras máximas, distancias máximas entre soportes o armazones de transporte, por ejemplo dictadas por reglamentos locales. Por tanto, existe un problema logístico de proporcionar soluciones de transporte que sean adecuadas para diversos tipos de transporte.

20 En general, hay una demanda de hacer las soluciones de transporte más simples, seguras y baratas. La técnica anterior muestra diversas soluciones para transportar más de una pala de rotor usando un solo recipiente u otro sistema de acondicionamiento, que es una manera obvia de reducir los costes de transporte. Sin embargo, los límites y restricciones mencionados anteriormente pueden aumentar la dificultad de transportar una pluralidad de palas usando el mismo sistema de acondicionamiento.

25 El documento EP1387802 da a conocer un método y sistema para transportar dos palas de turbina eólica rectas, en el que el extremo de raíz de una primera pala está dispuesto en un primer armazón de acondicionamiento, y el extremo de punta de una segunda pala vecina está dispuesto en un segundo armazón de acondicionamiento que está dispuesto junto, y conectado, al primer armazón de acondicionamiento con el efecto de que las palas están almacenadas de manera compacta una al lado de la otra en una disposición de "punta contra raíz". Sin embargo, en este sistema de transporte los armazones de extremo de punta soportan las palas en la misma punta de las palas, en la que son mecánicamente más frágiles. Además, los armazones de acondicionamiento están dispuestos en la cara de extremo de raíz y la punta de pala. Por tanto, la distancia entre los armazones de acondicionamiento es aproximadamente igual a la longitud de las palas. Para palas muy largas de 45 metros o más largas, esto puede no ser posible debido a reglamentos locales y restricciones sobre el transporte. El documento CN101259897A da a conocer otro sistema para transportar y apilar palas de turbina eólica unas al lado de otras en una orientación opuesta usando dos partes de armazón separables. Por tanto, un objeto de la invención es obtener un nuevo método y sistema para almacenar y transportar una pluralidad de palas de turbina eólica, que superen o mejoren al menos uno de los inconvenientes de la técnica anterior o que proporcionen una alternativa útil.

Sumario de la invención

30 Por consiguiente, se proporciona un sistema de transporte para una pala de turbina eólica que tiene un armazón de transporte de extremo de raíz y un armazón de transporte de extremo de punta, siendo los armazones apilables, en el que los armazones están dispuestos de modo que un armazón de transporte de extremo de raíz y al menos una parte de un armazón de transporte de extremo de punta apilado sucesivamente se solapa con el diámetro de extremo de raíz de una pala de turbina eólica soportada por el dicho armazón de transporte de extremo de raíz, y en el que el armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto de modo que un extremo de punta de una pala arqueada o precurvada soportada estará separado del suelo.

35 Según un aspecto de la invención, se proporciona un método para transportar o almacenar al menos dos palas de turbina eólica y que comprende una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica, teniendo cada una de las palas de turbina eólica un extremo de raíz y un extremo de punta, en el que el método comprende las etapas de: a) colocar la primera pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la primera pala de

turbina eólica está dirigido en un primer sentido, b) colocar la segunda pala de turbina eólica adyacente y en proximidad inmediata a la primera pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica está dirigido en un segundo sentido, que es sustancialmente opuesto al primer sentido. Según el primer aspecto, la segunda pala de turbina eólica está en la etapa b) dispuesta de modo que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica se extiende más allá del extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica. El extremo de punta de la primera pala de turbina eólica también puede extenderse más allá del extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica. Este será inevitablemente el caso si la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica tienen la misma longitud.

Por tanto, queda claro que las dos palas de turbina eólica están dispuestas sustancialmente paralelas entre sí y orientadas en sentidos opuestos. Ya que el grosor de las palas es normalmente decreciente desde el extremo de raíz hacia el extremo de punta, las palas pueden disponerse, con la nueva distribución de "punta contra raíz", una encima de la otra mediante armazones que tienen una sección transversal combinada relativamente pequeña. Además, la nueva configuración garantiza que una sección de extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica puede soportarse más lejos del extremo de punta que con un conjunto de armazón común para soportar la raíz de la primera pala de turbina eólica y una sección de punta de la segunda pala. De ese modo, la sección de extremo de punta puede soportarse en una posición en la que la pala es mecánicamente más resistente que justo en el extremo de punta.

De manera adicional, la nueva distribución de transporte garantiza que los conjuntos de armazón pueden disponerse longitudinalmente más cerca entre sí, pudiendo de ese modo cumplir con reglamentos locales que pueden imponer restricciones sobre la distancia máxima entre armazones de soporte para transporte.

Según una realización ventajosa, la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica en las etapas a) y b) se apilan una encima de la otra, es decir de manera que la segunda pala de turbina eólica está dispuesta por encima de la primera pala de turbina eólica. Ventajosamente, la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica están dispuestas de manera que planos de cuerda de sus respectivos extremos de punta están dispuestos de manera sustancialmente horizontal. Por "de manera sustancialmente horizontal" se entiende que el plano de cuerda puede variar +/- 25 grados con respecto a la horizontal.

En una realización preferida, las palas están dispuestas de manera que un lado en barlovento (o lado de presión) de la pala está orientado sustancialmente hacia abajo.

Según una realización alternativa, la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica en las etapas a) y b) se apilan una al lado de la otra. En una realización de este tipo, la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica pueden disponerse ventajosamente de manera que los planos de cuerda de sus respectivos extremos de punta están dispuestos de manera sustancialmente vertical. Por tanto, las palas pueden disponerse, por ejemplo, de manera que están soportadas en sus bordes de ataque (que son mecánicamente más resistentes que los bordes de salida) mediante un receptáculo orientado hacia arriba.

En un sistema de apilamiento para almacenar más de dos palas, también es posible apilar las palas tanto de manera horizontal como vertical, es decir en una matriz apilada.

El método se refiere ventajosamente al transporte y almacenamiento de palas que tienen una longitud de pala de al menos 40 metros, o de al menos 45 metros, o incluso de al menos 50 metros. Las palas pueden estar precurvadas de manera que, cuando se montan sobre una turbina eólica horizontal configurada en barlovento en un estado sin carga, presentarán una flexión hacia delante fuera del plano de rotor de manera que se aumenta la holgura de la punta a la torre.

Las palas de turbina eólica primera y segunda pueden estar precurvadas. Tales palas precurvadas pueden disponerse en los armazones de extremo de punta y armazones de extremo de raíz de manera que se enderezan ligera o completamente durante el transporte, por ejemplo tal como se muestra en el documento WO05005286 del presente solicitante. Sin embargo, no es forzosamente necesario enderezar las palas. Debido a que las palas están soportadas cerca de los extremos y las palas están dispuestas con el lado en barlovento orientado hacia abajo, el propio peso de la pala puede enderezar las palas debido a las fuerzas gravitacionales que actúan sobre la parte central de la pala.

Según una realización preferida, el extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica está dispuesto en un primer armazón de extremo de raíz, el extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica está dispuesto en un segundo armazón de extremo de raíz, el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica está dispuesto en un primer armazón de extremo de punta, y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica está dispuesto en un segundo armazón de extremo de punta. Los armazones de extremo de punta comprenden preferiblemente un receptáculo para soportar una sección de extremo de punta. Por tanto, el primer armazón de extremo de punta comprende un primer receptáculo de extremo de punta, y el segundo armazón de extremo de punta comprende un

segundo receptáculo de extremo de punta. Dependiendo de la solución particular, el receptáculo puede, por ejemplo, o bien soportar el lado de presión de la pala o bien alternativamente el borde de ataque de la pala. Sin embargo, en principio, el receptáculo también puede soportar el lado de succión de la pala o incluso el borde de salida de la pala. Los propios armazones pueden usarse como herramientas de elevación de manera que dos o más palas pueden elevarse de una vez y sin imponer tensión a las palas.

En una realización particularmente ventajosa, el segundo armazón de extremo de punta está conectado, opcionalmente conectado de manera desprendible, al primer armazón de extremo de raíz, y el primer armazón de extremo de punta está conectado, opcionalmente conectado de manera desprendible, al segundo armazón de extremo de raíz. Por tanto, es obvio que los armazones pueden construirse como una solución solidaria que comprende tanto un armazón de extremo de raíz como un armazón de extremo de punta (o receptáculo), o como armazones independientes para la raíz y la punta. Esta última solución tiene la ventaja de que la segunda pala puede desengancharse más fácilmente de la primera pala, simplemente desprendiendo los armazones de extremo de punta de los armazones de extremo de raíz.

En otra realización, las partes de conexión de los armazones de extremo de raíz y los armazones de extremo de punta que se conectan a o fijan la pala en el armazón pueden estar unidos de manera articulada al propio armazón. Esto puede lograrse, por ejemplo para la raíz, conectando una placa a la raíz de la pala que está conectada de manera articulada al armazón. De manera similar, esto puede lograrse dejando que un receptáculo de extremo de punta se conecte de manera articulada al armazón de extremo de punta. Tales realizaciones tienen la ventaja de aliviar cargas que, de otro modo, se introducirían o bien en los armazones o bien en las palas debido a desviaciones de pala o similares durante el transporte.

En otra realización ventajosa, el primer armazón de extremo de raíz y/o el segundo armazón de extremo de raíz es una abrazadera de extremo de raíz adaptada para unirse a una cara de extremo de raíz de una pala de turbina eólica. Esto proporciona una solución particularmente simple, en la que el armazón o abrazadera puede unirse, por ejemplo, a una placa de extremo de raíz de la pala y sin tener que soportar el exterior de la pala. Por tanto, se pueden evitar más fácilmente daños externos a la superficie externa de las palas. Los armazones de extremo de punta (con receptáculos) puede unirse a las abrazaderas, de manera que el extremo de punta se extiende más allá de la abrazadera, cuando la pala se inserta dentro del armazón de extremo de punta (y el receptáculo).

En aún otra realización ventajosa, el primer armazón de extremo de raíz y el segundo armazón de extremo de punta se conectan en una configuración en forma de L o en forma de T de manera que una base de configuración en forma de L o de T se une al extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica, y una parte (o extremidad) de armazón que se extiende transversalmente de la configuración en forma de L o de T soporta una sección longitudinal del extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica. Por supuesto, también se aplica lo mismo al segundo armazón de extremo de raíz y el primer armazón de extremo de punta. Ventajosamente, la configuración en forma de L o de T se forma de manera que la base es una abrazadera de cara de extremo de raíz unida a la cara de extremo de raíz de la primera pala, y la parte de armazón que se extiende transversalmente soporta una sección de extremo de punta de la segunda pala.

La conexión de armazón está dispuesta de manera que la base de la configuración en L o T está dispuesta de manera vertical. La parte de armazón que se extiende transversalmente puede estar dispuesta para que se extienda desde la parte superior o la parte inferior de la base. En esta configuración la segunda pala de turbina eólica está dispuesta encima de la primera pala de turbina eólica. La extremidad o parte de armazón que se extiende transversalmente puede por tanto soportar o bien una parte del lado de succión o bien el lado de presión de la pala en un receptáculo orientado hacia arriba. Alternativamente, la extremidad puede extenderse desde el lado de la base. En una configuración de este tipo, las palas están dispuestas una al lado de la otra, y la extremidad o parte de armazón que se extiende transversalmente puede soportar o bien una parte del borde de ataque o bien el borde de salida de la pala en un receptáculo orientado hacia arriba.

Si las palas están dispuestas de manera que ambas palas están orientadas con el borde de ataque hacia abajo (en la disposición una al lado de la otra) o con las partes de carcasa en barlovento orientadas hacia abajo (en la disposición apilada de manera vertical), es obvio que las partes de armazón que se extienden transversalmente de los dos conjuntos de armazón deben disponerse de manera inversa en comparación con el armazón de base. Por tanto, los dos conjuntos de armazón tienen configuraciones ligeramente diferentes.

El conjunto de armazón en forma de L o de T tiene la ventaja de que el armazón que se extiende transversalmente soporta una mayor parte de las secciones de punta, aliviando por tanto mejor las cargas y posiblemente también minimizando la proyección necesaria de la parte de punta que se extiende más allá el armazón de extremo de raíz.

En una realización, la extensión longitudinal de la parte de armazón que se extiende transversalmente es de al menos 1 metro, ventajosamente de al menos 1,5 metros, más ventajosamente de al menos 2 metros. La sección longitudinal del extremo de punta de la pala puede soportarse a lo largo de la sección completa, o puede soportarse en una pluralidad de secciones diferenciadas dentro de la extremidad del conjunto de armazón en forma de L o de T.

Como alternativa al conjunto de armazón en forma de L o de T, el armazón de extremo de raíz y el armazón de extremo de punta pueden estar dispuestos sustancialmente en el mismo plano.

Ventajosamente, una pluralidad de primeras palas de turbina eólica y segundas palas de turbina eólica se colocan en una matriz, y en la que las palas de turbina eólica comprenden cada una un resalte que define una cuerda máxima de la pala, y en el que las palas están dispuestas de manera que la cuerda máxima forma un ángulo de entre 20 y 75 grados con respecto a un plano horizontal, ventajosamente entre 22 y 73 grados. Incluso más ventajosamente, la cuerda máxima forma un ángulo de entre 15 y 35 grados con respecto a un plano horizontal, ventajosamente entre 20 y 30 grados. Es obvio que este método de apilamiento puede ser ventajoso para cualquier configuración de apilamiento de palas una al lado de la otra con el extremo de raíz y el extremo de punta dispuestos en el mismo sentido. En una realización preferida, es el extremo de raíz de la pala el que se gira entre 15 y 35 grados con respecto a un plano horizontal, ventajosamente entre 20 y 30 grados. El ángulo puede definirse, por ejemplo, por líneas de unión entre una parte de carcasa en barlovento y una parte de carcasa sotavento en el extremo de raíz de la pala. En esta configuración, las palas en una matriz apilada pueden estar dispuestas de manera que se solapan ligeramente con el resalte de una pala que se extiende parcialmente por encima de una pala adyacente, de manera que el lado en barlovento de una pala cerca del resalte se orienta hacia abajo hacia el lado sotavento cerca del borde de ataque de una pala adyacente. De ese modo, es posible apilar las palas en armazones que tienen una anchura correspondiente al diámetro de la raíz o solo ligeramente más grande, aunque la longitud de cuerda del resalte exceda este diámetro.

En otra realización, se disponen elementos de protección intermedios entre la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica. Los elementos de protección intermedios están dispuestos preferiblemente en una posición longitudinal entre el primer armazón de extremo de raíz y el segundo armazón de extremo de raíz. Ventajosamente, los elementos de protección intermedios están dispuestos cerca de los armazones de extremo de punta para proporcionar soporte adicional a una sección de extremo de punta de la pala de turbina eólica. Los medios de protección impiden que las palas se dañen debido a curvatura o a que las palas impacten entre sí. Los elementos de protección intermedios son particularmente ventajosos cuando las palas se apilan una encima de la otra. En una configuración de este tipo, los elementos de protección intermedios pueden usarse como soporte para soportar una sección de extremo de punta adicional de una pala y pueden transferir cargas desde el extremo de punta de la pala superior a la región de raíz mecánicamente más resistente de la pala inferior. Pueden disponerse elementos de protección adicionales por debajo de la pala más inferior en una matriz apilada y una plataforma de soporte o el suelo. El elemento de protección adicional se dispone ventajosamente para soportar una sección de extremo de punta adicional de la pala más inferior, por ejemplo cerca del armazón de extremo de punta de la pala más inferior.

Los elementos de protección intermedios pueden estar fabricados de un polímero espumado.

En otra realización, una cara de extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica está dispuesta dentro del intervalo de 45 metros desde una cara de extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica, ventajosamente dentro del intervalo de 42 metros. Por consiguiente, también deben disponerse abrazaderas o armazones de extremo de raíz a un máximo de 45 metros o 42 metros entre sí.

Según el primer aspecto, la invención también proporciona un sistema de transporte y almacenamiento para al menos dos palas de turbina eólica y que comprende una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica. Las palas de turbina eólica tienen cada una un extremo de raíz y un extremo de punta. El sistema comprende un sistema de acondicionamiento que está adaptado para colocar la primera pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica está dirigido en un primer sentido, y colocar la segunda pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica está dirigido en un segundo sentido, que es sustancialmente opuesto al primer sentido. El extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica se extiende más allá del extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica, y el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica se extiende más allá del extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica, cuando las palas de turbina eólica primera y segunda están dispuestas en el sistema de acondicionamiento. Por tanto, de nuevo es obvio que el sistema está adaptado para disponer las palas de turbina eólica primera y segunda sustancialmente paralelas entre sí y dirigir la punta a la raíz pero con una proyección.

Según una primera realización, el sistema de acondicionamiento comprende: un primer armazón de extremo de raíz para la unión al extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica, un primer armazón de extremo de punta para soportar una parte de extremo de punta de la primera pala de turbina eólica, un segundo armazón de extremo de raíz para la unión al extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica, y un segundo armazón de extremo de punta para soportar una parte de extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica. El segundo armazón de extremo de punta puede estar conectado, opcionalmente conectado de manera desprendible, al primer armazón de extremo de raíz, y el primer armazón de extremo de punta puede estar conectado, opcionalmente conectado de manera desprendible, al segundo armazón de extremo de raíz. Por tanto, es obvio que los armazones pueden construirse como una solución solidaria que comprende tanto un armazón de extremo de raíz como un armazón de extremo de punta (o receptáculo), o como armazones independientes para la raíz y la punta. Esta última solución

tiene la ventaja de que la segunda pala puede desengancharse más fácilmente de la primera pala, simplemente desprendiendo los armazones de extremo de punta de los armazones de extremo de raíz.

5 En una realización ventajosa, el primer armazón de extremo de raíz y/o el segundo armazón de extremo de raíz son abrazaderas de extremo de raíz adaptadas para unirse a una cara de extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica, respectivamente. Esto proporciona una solución particularmente simple, en la que el armazón o abrazadera puede unirse, por ejemplo, a una placa de extremo de raíz de la pala y sin tener que soportar el exterior de la pala. Por tanto, pueden evitarse daños externos a la superficie externa más fácilmente. Los armazones de extremo de punta (con receptáculos) pueden unirse a las abrazaderas, de manera que el extremo de punta se extiende más allá de la abrazadera, cuando la pala se inserta dentro del armazón de extremo de punta (y receptáculo).

15 El extremo de punta de la primera pala de turbina eólica, cuando está dispuesto en el primer armazón de extremo de punta, se extiende una primera extensión longitudinal más allá del primer armazón de extremo de punta, y el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica, cuando está dispuesto en el segundo armazón de extremo de punta, se extiende una segunda extensión longitudinal más allá del primer armazón de extremo de punta. En otras palabras, el primer armazón de extremo de punta está adaptado para acondicionar el extremo de punta de la primera pala eólica a una primera distancia desde la punta, y el segundo armazón de extremo de punta está adaptado para acondicionar el extremo de punta del extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica a una primera distancia desde la punta. Por supuesto, normalmente la primera distancia y la segunda distancia serán aproximadamente las mismas. La primera extensión longitudinal y la segunda extensión longitudinal pueden ser de al menos 2 metros, ventajosamente de al menos 3,5 metros, y más ventajosamente de al menos 5 metros. La punta de pala puede incluso extenderse al menos 6, 7 u 8 metros más allá del armazón de extremo de punta.

25 En una realización ventajosa particular, el sistema de almacenamiento está adaptado para apilar la primera y la segunda pala de turbina eólica una encima de la otra. El segundo armazón de extremo de punta puede, por ejemplo, unirse a una parte superior del primer armazón de extremo de raíz, y el primer armazón de extremo de punta está unido a una parte inferior del segundo armazón de extremo de raíz. En esta configuración las palas están dispuestas de manera que los planos de cuerda de los extremos de punta de las palas están dispuestos de manera sustancialmente horizontal. La configuración puede adaptarse para disponer las palas con una parte de carcasa en barlovento sustancialmente hacia abajo.

30 En una realización alternativa, los armazones de extremo de punta están unidos a los lados de los armazones de extremo de raíz. En una configuración de este tipo, los planos de cuerda de extremo de punta de las palas están dispuestos de manera sustancialmente vertical, ventajosamente con un borde de ataque orientado hacia abajo.

35 En otra realización, al menos un primer elemento de protección intermedio está dispuesto entre la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica. El primer elemento de protección intermedio puede disponerse ventajosamente cerca del extremo de punta de una pala dispuesta más arriba de la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica. De manera adicional, un segundo elemento de protección puede estar dispuesto por debajo de la más inferior de las dos palas de turbina eólica. En una matriz apilada, esta pala también será entonces un elemento de protección intermedio dispuesto entre dos palas. Además, un elemento de protección puede estar dispuesto por debajo de la pala más inferior en la matriz apilada. Los elementos de protección intermedios pueden estar fabricados de un polímero espumado.

40 Es obvio que algunas de las soluciones proporcionadas también pueden usarse para otras configuraciones de transporte y almacenamiento de palas, por ejemplo sin la proyección de punta.

45 Por tanto, según un segundo aspecto, la invención proporciona un método para transportar o almacenar al menos dos palas de turbina eólica y que comprende una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica, teniendo cada una de las palas de turbina eólica un extremo de raíz y un extremo de punta, en el que el método comprende las etapas de:

- a) colocar el extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica en un primer armazón de extremo de raíz,
- b) colocar una sección de extremo de punta de la primera pala de turbina eólica en un primer armazón de extremo de punta,
- 50 c) colocar el extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica en un segundo armazón de extremo de raíz, de manera que el segundo armazón de extremo de raíz está dispuesto cerca del primer armazón de extremo de punta con el primer armazón de extremo de punta sustancialmente por encima del segundo armazón de extremo de raíz,
- d) colocar una sección de extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica en un segundo armazón de extremo de punta, de manera que el segundo armazón de extremo de punta está dispuesto cerca del primer

armazón de extremo de raíz con el segundo armazón de extremo de punta sustancialmente por debajo del primer armazón de extremo de raíz, en el que el método comprende la etapa adicional de disponer unos medios de protección intermedios entre la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica.

5 Según otro aspecto, la invención también proporciona un sistema de transporte y almacenamiento para al menos dos palas de turbina eólica y que comprende una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica, teniendo cada una de las palas de turbina eólica un extremo de raíz y un extremo de punta, comprendiendo dicho sistema un sistema de acondicionamiento que está adaptado para colocar la primera pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica está dirigido en un primer sentido, y colocar la
10 segunda pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica está dirigido en un segundo sentido, que es sustancialmente opuesto al primer sentido, en el que el sistema de transporte y almacenamiento incluye un sistema de acondicionamiento que comprende:

- un primer armazón de extremo de raíz para la unión al extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica,

- un primer armazón de extremo de punta para soportar una parte de extremo de punta de la primera pala de turbina eólica,

15 - un segundo armazón de extremo de raíz para la unión al extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica, y

- un segundo armazón de extremo de punta para soportar una parte de extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica, en el que el sistema de acondicionamiento comprende además unos medios de protección intermedios dispuestos entre la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica.

20 Según un aspecto adicional, la invención proporciona un método para transportar o almacenar al menos dos palas de turbina eólica y que comprende una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica, teniendo cada una de las palas de turbina eólica un extremo de raíz y un extremo de punta, en el que el método comprende las etapas de:

a) colocar el extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica en un primer armazón de extremo de raíz,

25 b) colocar una sección de extremo de punta de la primera pala de turbina eólica en un primer armazón de extremo de punta,

c) colocar el extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica en un segundo armazón de extremo de raíz,

d) colocar una sección de extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica en un segundo armazón de extremo de punta, en el que

30 - el primer armazón de extremo de raíz y el segundo armazón de extremo de punta así como el primer armazón de extremo de punta y el segundo armazón de extremo de raíz se conectan como conjuntos de armazón en forma de L o en forma de T de manera que las bases de los conjuntos de armazón se unen a los extremos de raíz de la primera y la segunda pala de turbina eólica, y las extremidades de los conjuntos de armazón soportan una sección longitudinal de los extremos de punta de las palas de turbina eólica primera y segunda.

35 La invención también proporciona un sistema de transporte y almacenamiento para al menos dos palas de turbina eólica y que comprende una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica, teniendo cada una de las palas de turbina eólica un extremo de raíz y un extremo de punta, comprendiendo dicho sistema un sistema de acondicionamiento que está adaptado para colocar la primera pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la primera pala de turbina eólica está dirigido en un primer sentido, y colocar la segunda pala de turbina eólica de modo que el extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica está dirigido en un segundo sentido,
40 que es sustancialmente opuesto al primer sentido, en el que el sistema de transporte y almacenamiento incluye un sistema de acondicionamiento que comprende:

- un primer armazón de extremo de raíz para la unión al extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica,

- un primer armazón de extremo de punta para soportar una parte de extremo de punta de la primera pala de turbina eólica,

45 - un segundo armazón de extremo de raíz para la unión al extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica, y

- un segundo armazón de extremo de punta para soportar una parte de extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica, en el que

5 - el primer almacén de extremo de raíz y el segundo almacén de extremo de punta así como el primer almacén de extremo de punta y el segundo almacén de extremo de raíz se conectan como conjuntos de almacén en forma de L o en forma de T de manera que las bases de los conjuntos de almacén se unen a los extremos de raíz de las palas de turbina eólica primera y segunda, y las extremidades de los conjuntos de almacén soportan una sección longitudinal de los extremos de punta de las palas de turbina eólica primera y segunda.

10 Además, la invención proporciona un conjunto de almacén para usar en el transporte y almacenamiento de palas de turbina eólica, en el que el conjunto de almacén comprende un parte de almacén de extremo de raíz para la unión a un extremo de raíz de una primera pala de turbina eólica y un parte de almacén de extremo de punta para soportar una sección de extremo de punta de una segunda pala, en el que la parte de almacén de extremo de raíz y la parte de almacén de extremo de punta se unen en una configuración en forma de L o en forma de T.

Según un aspecto adicional, la invención proporciona un sistema de transporte y almacenamiento para al menos dos palas de turbina eólica y que comprende una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica, teniendo cada una de las palas de turbina eólica un extremo de raíz y un extremo de punta así como un resalte que define una cuerda máxima de la pala, en el que el método comprende las etapas de:

- 15 a) colocar el extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica en un primer almacén de extremo de raíz,
- b) colocar una sección de extremo de punta de la primera pala de turbina eólica en un primer almacén de extremo de punta,
- c) colocar el extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica en un segundo almacén de extremo de raíz,
- 20 d) colocar la sección de extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica en un segundo almacén de extremo de punta,
- e) disponer la primera y la segunda pala paralelas entre sí de manera que el primer almacén de extremo de raíz se coloca adyacente al segundo almacén de extremo de raíz, y el primer almacén de extremo de punta está dispuesto adyacente al segundo almacén de extremo de punta, en el que

25 la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica están dispuestas de manera que la cuerda máxima de las palas forma ángulos de entre 15 y 35 grados con respecto a un plano horizontal, ventajosamente de entre 20 y 30 grados, más ventajosamente de alrededor de 25 grados.

Es obvio que todas las realizaciones descritas con respecto a un primer aspecto de la invención también se aplican a cualquier otro aspecto de la invención.

30 En particular, se proporciona un sistema de transporte para una pala de turbina eólica que tiene un extremo de punta y un extremo de raíz, teniendo además la pala un diámetro D de círculo de agujero de perno en dicho extremo de raíz, en el que el sistema de transporte comprende:

- un almacén de transporte de extremo de raíz para soportar un extremo de raíz de una pala de turbina eólica;
- un almacén de transporte de extremo de punta para soportar una parte de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, comprendiendo dicho almacén de transporte de extremo de punta un almacén de base y una abrazadera de soporte proporcionada encima de dicho almacén de base para alojar una parte de una pala de turbina eólica;
- 35

en el que dicho almacén de transporte de extremo de punta puede apilarse encima de dicho almacén de transporte de extremo de raíz, de modo que el sistema de transporte puede hacerse funcionar para apilar palas de turbina eólica sucesivas en una disposición alternante de extremo de raíz a extremo de punta;

- 40 en el que dicho almacén de transporte de extremo de raíz tiene una altura H;
- en el que dicho almacén de transporte de extremo de punta comprende un almacén de base que tiene una altura h;
- y en el que $(H+h)$ es aproximadamente igual a D;

45 de modo que un almacén de transporte de extremo de raíz y el almacén de base de un almacén de transporte de extremo de punta apilado sucesivamente se solapa con un extremo de raíz de una pala de turbina eólica soportada por dicho almacén de transporte de extremo de raíz.

5 Proporcionar soportes de extremo de punta que tienen una altura de base de h significa que cuando una pala de turbina eólica individual se soporta sobre una superficie usando el sistema de transporte, el extremo de punta de una pala de este tipo se separa de la superficie subyacente mediante dicha altura de base. Además, cuando se encuentra en una configuración apilada, como la construcción del armazón de extremo de raíz permite que el armazón de extremo de punta se solape con el extremo de raíz de una pala de turbina eólica apilada por debajo del armazón de extremo de punta, se reducirá la altura de una colección apilada de palas de turbina eólica que usan dicho sistema de transporte.

10 Por solapar se entenderá que, dotando al armazón de extremo de punta de una altura h de base encima de la cual se ubica la abrazadera de soporte, esto permite que el armazón de base se apile encima de un armazón de extremo de raíz anterior, de modo que la altura vertical del armazón de extremo de raíz y el armazón de base del armazón de extremo de punta son sustancialmente iguales al diámetro de extremo de raíz de la pala soportada.

Preferiblemente, $(0,5 D) < H < (0,9 D)$.

15 También se proporciona un armazón de transporte de extremo de raíz para una pala de turbina eólica, teniendo la pala un extremo de punta y un extremo de raíz, teniendo el armazón de transporte una altura, una anchura y una profundidad,

en el que la altura del armazón de transporte es menor que el diámetro de círculo de agujero de perno de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica que va a soportarse por dicho armazón de transporte.

20 Un armazón de transporte de altura reducida permite una manipulación relativamente más fácil del armazón de transporte, y reduce costes de manipulación y transporte del armazón cuando no se usa soportando una pala de turbina eólica.

Preferiblemente, la anchura de dicho armazón de transporte es igual a o mayor que el diámetro de círculo de agujero de perno de una pala de turbina eólica que va a soportarse por dicho armazón de transporte.

Preferiblemente, la profundidad de dicho armazón de transporte es igual a o mayor que un cuarto de la anchura del armazón de transporte.

25 Proporcionar un armazón de transporte con tales dimensiones da como resultado una estructura estable con un centro de masa bajo y que puede soportar una pala de turbina eólica.

Preferiblemente, el armazón de transporte de extremo de raíz comprende:

un cuerpo de armazón;

30 una placa de extremo de raíz acoplada a dicho cuerpo de armazón, estando dicha placa de extremo de raíz dispuesta para acoplarse con un extremo de raíz de una pala de turbina eólica,

en el que dicha placa de extremo de raíz está dispuesta para acoplarse con menos de $2/3$ del círculo de agujero de perno de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica para soportar dicha pala de turbina eólica sobre dicho armazón de transporte.

35 Dado que la placa de extremo de raíz está diseñada para soportar una pala de turbina eólica acoplándose solamente con una parte del extremo de raíz de la pala de turbina eólica, por consiguiente puede reducirse la altura de la placa de extremo de raíz con respecto al diámetro de círculo de agujero de perno del extremo de raíz de la pala de turbina eólica, dando como resultado una altura total reducida del armazón de transporte de extremo de raíz.

Preferiblemente, dicha placa de extremo de raíz comprende un cuerpo sustancialmente en forma de C dispuesto para acoplarse con una parte del círculo de agujero de perno de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica.

40 También se proporciona un armazón de transporte de extremo de raíz para una pala de turbina eólica, teniendo la pala un extremo de punta y un extremo de raíz, comprendiendo el armazón de transporte:

un cuerpo de armazón; y

una placa de extremo de raíz para acoplarse al extremo de raíz de una pala de turbina eólica, en el que dicha placa de extremo de raíz está acoplada de manera articulada a dicho cuerpo de armazón.

45 Proporcionando una placa de raíz articulada, se impide que cualquier momento de curvatura debido a una

desviación o curvatura de pala se transfiera al cuerpo de armazón. Por consiguiente, el cuerpo de armazón puede ser de una construcción relativamente más ligera, ya que no necesita soportar tales fuerzas relativamente grandes.

Preferiblemente, dicha placa de raíz está acoplada de manera articulada a dicho cuerpo de armazón a lo largo del eje horizontal.

- 5 Dado que el ángulo con respecto a la vertical formado por el extremo de raíz de una pala puede depender de factores tales como el centro de gravedad de la pala y las propiedades de curvatura de la pala, por consiguiente la capacidad de la placa de raíz para articularse a lo largo del eje horizontal permite que el armazón de transporte se adapte a diferentes ángulos del extremo de raíz de pala.

- 10 De manera adicional o alternativa, dicha placa de raíz está acoplada de manera articulada a dicho cuerpo de armazón a lo largo del eje vertical.

La articulación de la placa de raíz alrededor de la vertical impide daño al armazón de transporte debido a cuestiones de manipulación o alineación incorrecta.

Preferiblemente, dicha placa de extremo de raíz está montada sobre al menos un brazo de abrazadera, estando dicho al menos un brazo acoplado a dicho armazón de transporte mediante una unión articulada.

- 15 Preferiblemente, dicho al menos un brazo de abrazadera comprende una abrazadera articulada.

El uso de una abrazadera articulada permite mayores grados de libertad de manipulación de la placa de raíz, para alojar más fácilmente y acomodar el extremo de raíz de una pala de turbina eólica sobre el armazón de transporte.

- 20 Preferiblemente, dicho armazón de transporte comprende al menos un primer y un segundo brazo de abrazadera, en el que dichos brazos de abrazadera primero y segundo están situados en lados opuestos de un eje longitudinal central imaginario de una pala de turbina eólica que va a montarse en dicha placa de extremo de raíz.

Colocando los brazos de abrazadera en cualquier lado del punto central del extremo de raíz de pala, la captación de fuerzas del extremo de raíz de la pala se equilibra en el armazón de transporte.

También se proporciona un armazón de transporte de extremo de punta para una pala de turbina eólica, teniendo la pala un extremo de punta y un extremo de raíz, comprendiendo el armazón de transporte:

- 25 un cuerpo de armazón;

una abrazadera de soporte de extremo de punta para soportar una parte de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala,

en el que un primer extremo de dicha abrazadera de soporte de extremo de punta está acoplado de manera articulada a dicho armazón de transporte a lo largo del eje horizontal; y

- 30 en el que se proporciona un reborde de soporte de borde de ataque en dicha abrazadera, estando dicho reborde de soporte de borde de ataque dispuesto para alojar una parte del borde de ataque de una pala de turbina eólica soportada por dicha abrazadera de soporte, de modo que la pala de turbina eólica puede moverse de manera pivotante alrededor de dicho acoplamiento articulado con respecto a dicho armazón de transporte mientras que está soportada sobre dicha abrazadera.

- 35 Proporcionando un acoplamiento articulado para la abrazadera de soporte, una pala de turbina eólica puede ajustarse con respecto al cuerpo de armazón, para permitir la colocación correcta de la turbina eólica en el armazón de transporte. El reborde de soporte de borde de ataque proporcionado en la abrazadera permite el soporte parcial de la pala de turbina eólica, impidiendo el movimiento no deseado de la pala de turbina eólica durante cualquier pivotado o transporte posterior de este tipo.

- 40 Preferiblemente, un segundo extremo de dicha abrazadera de soporte puede fijarse de manera liberable a dicho cuerpo de armazón cuando dicha abrazadera de soporte se aloja en dicho cuerpo de armazón.

Preferiblemente, dicha abrazadera de soporte de extremo de punta comprende una tira flexible que tiene una superficie de soporte proporcionada sobre dicha tira flexible.

- 45 El uso de una tira flexible como parte de la abrazadera permite que ajustes secundarios o movimientos de una pala de turbina eólica soportada se absorban mediante torsión o retorcimiento apropiado de la tira, sin que se transfieran

al cuerpo de armazón relativamente rígido. Por consiguiente, el cuerpo de armazón puede ser de una construcción más ligera en comparación con sistemas de la técnica anterior.

Preferiblemente, el armazón de transporte de extremo de punta comprende además una tira de fijación que va a ajustarse alrededor de una pala de turbina eólica alojada en dicho armazón de transporte.

5 Preferiblemente, el armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para situarse en una ubicación hacia el extremo de punta de una pala de turbina eólica que va a soportarse por el sistema de transporte, de modo que un arqueado o curvatura de la pala de turbina eólica desde la ubicación de dicho armazón de transporte de extremo de punta hasta el extremo de punta de la pala soportada es menor que la altura h del armazón de base del armazón de transporte de extremo de punta.

10 El sistema de transporte se usa preferiblemente en el transporte de palas que tienen una precurvatura Δy y/o palas arqueadas. Por consiguiente, ubicando la abrazadera de soporte del armazón de extremo de punta por encima de la superficie horizontal una altura h permite que una pala curvada de este tipo se soporte sobre el suelo sin que el extremo de punta de la pala golpee el suelo.

15 Preferiblemente, el armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para situarse separado del extremo de punta de la pala.

Preferiblemente, una pala de turbina eólica que va a soportarse por el sistema de transporte tiene una longitud L longitudinal, en la que el armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para situarse a una distancia F del extremo de raíz de dicha pala, en el que $(0,5 L) < F < (0,95 L)$, preferiblemente $(0,6 L) < F < (0,85 L)$.

20 Soportar la parte de punta de la pala de turbina eólica en una ubicación de este tipo en la parte externa de la pala, separada del extremo de punta, proporciona un equilibrio entre soportar de manera estructuralmente eficaz la pala, al tiempo que se reduce la distancia entre ejes eficaz mínima o superficie de soporte necesaria para soportar el sistema de transporte total.

Además se proporciona un método de transportar al menos dos palas de turbina eólica que tienen un extremo de punta y un extremo de raíz, comprendiendo el método las etapas de:

25 soportar una primera pala de turbina eólica, en el que un primer armazón de transporte de extremo de raíz está dispuesto para soportar el extremo de raíz de dicha primera pala de turbina eólica y un primer armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para soportar una parte de dicha primera pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha primera pala, teniendo dicha primera pala de turbina eólica un diámetro D de círculo de agujero de perno en dicho extremo de raíz;

30 soportar una segunda pala de turbina eólica, en el que un segundo armazón de transporte de extremo de raíz está dispuesto para soportar el extremo de raíz de dicha segunda pala de turbina eólica y un segundo armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para soportar una parte de dicha segunda pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha segunda pala, y

35 apilar dicho segundo armazón de transporte de extremo de raíz encima de dicho primer armazón de transporte de extremo de punta, y apilar dicho segundo armazón de transporte de extremo de punta encima de dicho primer armazón de transporte de extremo de raíz, en el que dicha segunda pala de turbina eólica se apila en una disposición alternante de extremo de raíz a extremo de punta por encima de dicha primera pala de turbina eólica para formar una unidad para transporte,

en el que al menos dicho primer armazón de transporte de extremo de raíz está dispuesto para tener una altura H ,

40 en el que dichos armazones de transporte de extremo de punta primero y segundo están dispuestos para soportar las palas de turbina eólica primera y segunda respectivas a una altura h por encima de la base de los armazones de transporte de extremo de punta primero y segundo, y

en el que $(H+h)$ es aproximadamente igual a D ,

45 de modo que dicho primer armazón de transporte de extremo de raíz y al menos una parte de dicho segundo armazón de transporte de extremo de punta se solapan con el extremo de raíz de dicha primera pala de turbina eólica.

Se entenderá que cualquiera de las características anteriormente descritas puede combinarse en cualquier realización del sistema de transporte tal como se describió. Además, se entenderá que dicho armazón de transporte

de extremo de punta puede proporcionarse de manera independiente de dicho almacén de transporte de extremo de raíz, y viceversa.

Descripción detallada de la invención

La invención se explica en detalle a continuación con referencia a realizaciones mostradas en los dibujos, en los que

- 5 la figura 1 muestra una turbina eólica,
- la figura 2 muestra una vista esquemática de una pala de turbina eólica según la invención,
- la figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil de superficie aerodinámica,
- la figura 4 muestra una vista esquemática de la pala de turbina eólica según una realización de la invención, vista desde encima y desde el lado,
- 10 la figura 5 muestra una vista lateral esquemática de una primera pala de turbina eólica y una segunda pala de turbina eólica almacenadas en un sistema de acondicionamiento según una realización de invención,
- la figura 6 ilustra cómo se orientan las palas en el sistema de acondicionamiento según una realización de la invención,
- la figura 7 muestra una vista desde un extremo esquemática de palas almacenadas en una matriz apilada de sistemas de acondicionamiento según una realización de la invención,
- 15 la figura 8 muestra una vista desde arriba de la disposición mutua de palas cuando se apilan en una matriz,
- la figura 9 muestra una vista lateral esquemática de varias primeras palas de turbina eólica y segundas palas de turbina eólica almacenadas en un sistema de acondicionamiento según una realización de la invención con medios de protección intermedios dispuestos entre las palas,
- 20 la figura 10 muestra una vista en perspectiva de palas almacenadas en una matriz apilada de sistemas de acondicionamiento en una realización alternativa de la invención,
- la figura 11 muestra una realización de un almacén de transporte de extremo de raíz según una realización de la invención,
- 25 la figura 12 muestra una realización de un almacén de transporte de extremo de punta según una realización de la invención, y
- la figura 13 muestra una vista lateral de una disposición de palas de turbina eólica precurvadas soportadas por sistemas de transporte según realizaciones de la invención.

La presente invención se refiere al transporte y almacenamiento de palas de turbina eólica para turbinas eólicas de eje horizontal (HAWT).

- 30 La figura 1 ilustra una turbina eólica en barlovento moderna convencional según el denominado "concepto danés" con una torre 4, una góndola 6 y un rotor con un árbol de rotor sustancialmente horizontal. El rotor incluye un buje 8 y tres palas 10 que se extienden radialmente desde el buje 8, teniendo, cada una, una raíz 16 de pala más cerca del buje y una punta 14 de pala más alejada del buje 8. El rotor tiene un radio indicado con R.
- 35 La figura 2 muestra una vista esquemática de una primera realización de una pala 10 de turbina eólica. La pala 10 de turbina eólica tiene la forma de una pala de turbina eólica convencional y comprende una región 30 de raíz más cercana al buje, una región 34 con perfil o de superficie aerodinámica más alejada del buje y una región 32 de transición entre la región 30 de raíz y la región 34 de superficie aerodinámica. La pala 10 comprende un borde 18 de ataque dirigido hacia el sentido de rotación de la pala 10, cuando la pala está montada sobre el buje, y un borde 20 de salida dirigido en el sentido opuesto al borde 18 de ataque.
- 40 La región 34 de superficie aerodinámica (también denominada región con perfil) tiene una forma de pala ideal o casi ideal con respecto a generar sustentación, mientras que la región 30 de raíz debido a consideraciones estructurales tiene una sección transversal sustancialmente circular o elíptica, lo que por ejemplo hace más fácil y seguro montar la pala 10 en el buje. El diámetro (o la cuerda) de la región 30 de raíz puede ser constante a lo largo de toda la zona 30 de raíz. La región 32 de transición tiene un perfil de transición que cambia gradualmente de la forma circular o

5 elíptica de la región 30 de raíz al perfil de superficie aerodinámica de la región 34 de superficie aerodinámica. La longitud de cuerda de la región 32 de transición aumenta normalmente al aumentar la distancia r desde el buje. La región 34 de superficie aerodinámica tiene un perfil de superficie aerodinámica con una cuerda que se extiende entre el borde 18 de ataque y el borde 20 de salida de la pala 10. La anchura de la cuerda disminuye al aumentar la distancia r desde el buje.

Un resalte 40 de la pala 10 se define como la posición en la que la pala 10 tiene su mayor longitud de cuerda. El resalte 40 se proporciona normalmente en el límite entre la región 32 de transición y la región 34 de superficie aerodinámica.

10 Debe observarse que las cuerdas de diferentes secciones de la pala no se encuentran normalmente en un plano común, debido a que la pala puede estar torcida y/o flexionada (es decir precurvada), proporcionando por tanto al plano de cuerda un recorrido correspondientemente torcido y/o flexionado, dándose este caso lo más frecuentemente con el fin de compensar la velocidad local de la pala que depende del radio desde el buje.

15 La pala 10 de turbina eólica comprende una carcasa fabricada de polímero reforzado con fibra y se fabrica normalmente como un lado de presión o parte 24 de carcasa en barlovento y un lado de succión o parte 26 de carcasa en sotavento que se adhieren entre sí a lo largo de líneas 28 de unión que se extienden a lo largo del borde 20 de salida y el borde 18 de ataque de la pala 10.

Las figuras 3 y 4 representan parámetros que se usan para explicar la geometría de las palas de turbina eólica que van a almacenarse y transportarse según la invención.

20 La figura 3 muestra una vista esquemática de un perfil 50 de superficie aerodinámica de una pala de una turbina eólica típica representada con los diversos parámetros, que se usan normalmente para definir la forma geométrica de una superficie aerodinámica. El perfil 50 de superficie aerodinámica tiene un lado 52 de presión y un lado 54 de succión, que durante el uso (es decir durante la rotación del rotor) se dirigen normalmente hacia el lado contra el viento (o en barlovento) y el lado a favor del viento (o en sotavento), respectivamente. La superficie 50 aerodinámica tiene una cuerda 60 con una longitud c de cuerda que se extiende entre un borde 56 de ataque y un borde 58 de salida de la pala. La superficie 50 aerodinámica tiene un grosor t , que se define como la distancia entre el lado 52 de presión y el lado 54 de succión. El grosor t de la superficie aerodinámica varía a lo largo de la cuerda 60. La desviación con respecto a un perfil simétrico viene dada por una línea 62 de combadura, que es una línea media a lo largo del perfil 50 de superficie aerodinámica. La línea media puede encontrarse dibujando círculos inscritos desde el borde 56 de ataque hasta el borde 58 de salida. La línea media sigue los centros de esos círculos inscritos y la desviación o distancia desde la cuerda 60 se denomina combadura f . La asimetría también puede definirse usando parámetros denominados combadura superior (o combadura de lado de succión) y combadura inferior (o combadura de lado de presión), que se definen como las distancias desde la cuerda 60 y el lado 54 de succión y el lado 52 de presión, respectivamente.

35 Con frecuencia los perfiles de superficie aerodinámica se caracterizan mediante los siguientes parámetros: la longitud c de cuerda, la combadura f máxima, la posición d_r de la combadura f máxima, el grosor t de superficie aerodinámica máximo, que es el mayor diámetro de los círculos inscritos a lo largo de la línea 62 de combadura media, la posición d_t del grosor t máximo, y un radio de nariz (no mostrado). Estos parámetros se definen normalmente como razones con respecto a la longitud c de cuerda. Por tanto, un grosor t/c de pala relativo local viene dado como la razón entre el grosor t máximo local y la longitud c de cuerda local. Además, puede usarse la posición d_p de la combadura de lado de presión máxima como parámetro de diseño, y evidentemente también la posición de la combadura de lado de succión máxima.

45 La figura 4 muestra otros parámetros geométricos de la pala. La pala tiene una longitud L de pala total. Tal como se muestra en la figura 3, el extremo de raíz está ubicado en la posición $r = 0$, y el extremo de punta está ubicado en $r = L$. El resalte 40 de la pala está ubicado en una posición $r = L_w$, y tiene una anchura W de resalte, que es igual a la longitud de cuerda en el resalte 40. El diámetro de la raíz se define como X . Además, la pala está dotada de una precurvatura, que se define como Δy^* , que corresponde a la desviación fuera del plano con respecto a un eje 22 de cabeceo de la pala.

50 A lo largo del tiempo las palas se han vuelto cada vez más largas y ahora pueden superar una longitud de 70 metros. La longitud de las palas así como la forma de las palas con respecto al resalte, retorcimiento y precurvatura hacen cada vez más difícil transportar las palas, en particular si tienen que transportarse y almacenarse juntas una pluralidad de palas. La forma y el tamaño de las palas también impone limitaciones sobre lo estrechamente que pueden almacenarse las palas en una matriz apilada.

55 La figura 5 muestra una vista esquemática de una primera realización de un sistema de transporte y almacenamiento según la invención para transportar y almacenar una primera pala de turbina eólica y una segunda pala 10 de turbina eólica. El sistema de transporte y almacenamiento incluye un sistema de acondicionamiento que

comprende un primer conjunto 70 de armazón. El primer conjunto 70 de armazón está compuesto por un armazón 71 de extremo de raíz en forma de una abrazadera de extremo de raíz para la unión a una cara 17 de extremo de raíz de la primera pala de turbina eólica, y un armazón 72 de extremo de punta para soportar una sección 15 de extremo de punta de la segunda pala de turbina eólica. El primer conjunto de armazón tiene una configuración en forma de L, en la que la abrazadera 71 de extremo de raíz forma la base del conjunto en forma de L, y el armazón 72 de extremo de punta forma una parte (o extremidad) de armazón que se extiende transversalmente que se extiende desde la parte superior de la abrazadera 71 de extremo de raíz. El segundo conjunto 80 de armazón también está compuesto por un armazón 81 de extremo de raíz en forma de una abrazadera de extremo de raíz para la unión a una cara 17 de extremo de raíz de la segunda pala de turbina eólica, y un armazón 82 de extremo de punta para soportar una sección 15 de extremo de punta de la primera pala de turbina eólica. El primer conjunto de armazón tiene una configuración en forma de L, en la que la abrazadera 81 de extremo de raíz forma la base del conjunto en forma de L, y el armazón 82 de extremo de punta forma una parte (o extremidad) de armazón que se extiende transversalmente que se extiende desde la parte inferior de la abrazadera 81 de extremo de raíz.

En cuanto a las siguientes reivindicaciones, queda claro que el primer conjunto de armazón comprende el primer armazón de extremo de raíz y el segundo armazón de extremo de punta, mientras que el segundo conjunto de armazón comprende el segundo armazón de extremo de raíz y el primer armazón de extremo de punta.

Algunos reglamentos locales tienen limitaciones en cuanto a la distancia l_f máxima entre soportes para transportar elementos, por ejemplo un máximo de 42 metros. El sistema de acondicionamiento se adapta a tales reglamentos al diseñarse de manera que los extremos de punta de la primera pala de turbina eólica y la segunda pala de turbina eólica se extienden más allá de los armazones 70, 80 de extremo de raíz de manera que una extensión l_o longitudinal o proyección de los extremos de punta se extiende más allá de los armazones 70, 80 de extremo de raíz, pudiendo de ese modo transportar palas de longitudes que superan la distancia máxima l_f entre soportes. Además, esta configuración novedosa tiene la ventaja de que las secciones de extremo de punta están soportadas a una distancia desde los extremos de punta respectivos, en la que las palas son mecánicamente más resistentes que justo en la punta. Por tanto, la probabilidad de que los armazones dañen las palas se reduce significativamente. Además, la configuración en forma de L de los conjuntos 70, 80 de armazón está adaptada para soportar los extremos de punta a lo largo de una extensión longitudinal de, por ejemplo, al menos 1 metro, garantizando de ese modo un soporte incluso mejor para las palas.

Los armazones 72, 82 de extremo de punta pueden comprender ventajosamente uno o más receptáculos que tienen una cara de soporte dirigida hacia arriba para soportar una parte del lado en barlovento de la pala. Además, los armazones 72, 82 de extremo de punta pueden acoplarse ventajosamente de manera desprendible a los armazones 71, 81 de extremo de raíz.

En la configuración mostrada, las palas están dispuestas con el lado de presión (o lado en barlovento) dirigido sustancialmente hacia abajo. De ese modo, las palas también están dispuestas de manera que la parte central de la pala está más separada de la superficie de soporte o el suelo debido al precurvado de las palas. Sin embargo, tal como se muestra en la figura 6, las palas están giradas de manera que las líneas 28 de unión así como la cuerda del resalte 40 forman un ángulo α de aproximadamente 25 grados con respecto a una línea 29 horizontal. Esto tiene una ventaja adicional, cuando se apilan palas en matrices que comprenden conjuntos 70, 80 de armazón primero y segundo y por consiguiente que comprenden una matriz de palas de turbina eólica primera y segunda almacenadas, debido a que las palas pueden apilarse de manera más compacta que sistemas convencionales para transportar y almacenar tales palas. Esto se ilustra mejor en las figuras 7 y 8 que muestran palas apiladas en una matriz, en las que la figura 7 muestra una vista desde un extremo del sistema de transporte y almacenamiento con las palas almacenadas en el sistema, y la figura 8 muestra una vista desde arriba de las palas en la matriz con el sistema de almacenamiento eliminado de la figura con el fin de ilustrar mejor la disposición mutua de las palas.

A partir de la vista desde un extremo mostrada en la figura 7, se observa que las primeras palas que tienen sus caras de extremo de raíz unidas a las abrazaderas 71 de extremo de raíz están dispuestas de manera que los resaltes de las palas 40 se dirigen ligeramente hacia arriba y a la derecha, mientras que las segundas palas que tienen sus secciones de extremo de punta soportadas en los armazones 72 de extremo de punta están dispuestas de manera que los resaltes 40 se dirigen hacia arriba y hacia el lado izquierdo de la figura. De ese modo, las palas pueden apilarse una junto a otra en armazones que sólo son ligeramente más anchos que el diámetro D de raíz de las palas.

En la vista desde arriba mostrada en la figura 8, se observa que las palas están dispuestas de manera que se solapan ligeramente con el resalte 40 de una pala que se extiende parcialmente sobre una pala adyacente, de manera que el lado en barlovento de una pala cerca del resalte se dirige hacia abajo hacia el lado en sotavento cerca del borde de ataque de una pala adyacente.

En algunas situaciones puede resultar ventajoso proporcionar elementos de soporte adicionales para captar cargas de las palas, por ejemplo proporcionando elementos 90 de soporte intermedios entre las palas de turbina eólica primera y segunda. Los elementos 90 de soporte intermedios pueden disponerse ventajosamente cerca del extremo

de punta de la pala superior de manera que pueden transferirse cargas desde una sección de punta de la pala superior hacia una sección de raíz de una pala inferior. Un elemento 92 de protección adicional puede estar dispuesto entre la pala más inferior en una matriz y la plataforma de soporte o el suelo. Los elementos 90, 92 de protección pueden fabricarse, por ejemplo, de polímero espumado.

5 Con referencia a la figura 11, una realización de un armazón de transporte de extremo de raíz según un aspecto de la invención se indica generalmente en 100. El armazón 100 de transporte de extremo de raíz comprende un cuerpo 102 de armazón y una placa 104 de extremo de raíz acoplada al cuerpo 102 de armazón. La figura 11 (a) ilustra una vista en perspectiva de frente del armazón 100 de transporte, la figura 11 (b) ilustra una vista en planta de una placa 104 de extremo de raíz del armazón de transporte, la figura 11(c) ilustra una vista en perspectiva desde atrás de armazón 100 de transporte, y la figura 11 (d) ilustra una vista en perspectiva desde atrás de la placa de extremo de raíz del armazón de la figura 11 (c).

El armazón 100 de transporte está dispuesto para acoplarse con menos de la circunferencia completa de un círculo de agujero de perno de una pala de turbina eólica que va a soportarse por el armazón de transporte, ya que esto proporciona varias ventajas en cuanto a estabilidad, y cuestiones de transporte y manipulación.

15 El armazón 100 de transporte está diseñado para tener una altura H inferior al diámetro de círculo de agujero de perno del extremo de raíz de una pala de turbina eólica que va a soportarse por el armazón de transporte, y preferiblemente para tener una anchura W mayor que o igual a dicho diámetro de círculo de agujero de perno. La profundidad D_f del armazón 100 está diseñada para soportar de manera adecuada el armazón 100, al ser preferiblemente de al menos un cuarto de la distancia de diámetro de círculo de agujero de perno. Una construcción de este tipo proporciona un centro de masa relativamente bajo del armazón 100 de transporte, y reduce la posibilidad de que el armazón 100 se vuelque fácilmente, o bien cuando se soporta un extremo de raíz de una pala de turbina eólica o bien cuando no se soporta una pala.

20 La placa 104 de extremo de raíz está acoplada de manera articulada al cuerpo 102 de armazón, mediante un par de brazos 106 de abrazadera salientes. En la realización de la figura 11, los brazos 106 de abrazadera están articulados al cuerpo 102 de armazón alrededor del eje horizontal, pero se entenderá que puede proporcionarse cualquier unión articulada adecuada y/o pueden proporcionarse abrazaderas articuladas. El uso de una conexión articulada entre la placa 104 de extremo de raíz y el cuerpo 102 de armazón significa que la placa 104 puede proporcionarse a cualquier ángulo adecuado con respecto a la vertical, para adaptarse a cualquier curvatura o desviación del extremo de raíz de la pala de turbina eólica, sin transferir tales momentos de curvatura al cuerpo 102 de armazón. Como resultado, el cuerpo 102 de armazón puede ser de una construcción relativamente ligera, ya que no tiene que soportar tales momentos de curvatura relativamente grandes desde el extremo de raíz de pala.

25 Preferiblemente, se proporcionan al menos dos brazos 106 de abrazadera, con los brazos 106 dispuestos para estar separados alrededor del punto central del extremo de raíz de una pala soportada por dicho armazón 100 de transporte, de modo que las fuerzas asociadas con dicha pala de turbina eólica se transfieren de manera uniforme al cuerpo 102 de armazón de soporte.

30 La placa 104 de extremo de raíz está preferiblemente dispuesta para acoplarse con una subsección del círculo de agujero de perno de un extremo de raíz de pala de turbina eólica, dando como resultado una altura reducida de la estructura total del armazón 100 de transporte. La realización de la figura 11 muestra la placa 104 de extremo que tiene una estructura sustancialmente en forma de C, en la que la placa 104 puede hacerse funcionar para acoplarse con aproximadamente 2/3 del círculo de agujero de perno de un extremo de raíz de pala de turbina eólica. La forma y el acoplamiento de la placa 104 de extremo de raíz se seleccionan de modo que se soporta de manera adecuada un extremo de raíz de una pala de turbina eólica, al tiempo que se mantiene la altura de la estructura de armazón 100 de transporte a un mínimo.

35 Se entenderá que puede usarse cualquier otra forma adecuada de placa 104 de extremo de raíz, que está dispuesta para acoplarse con una parte de un círculo de agujero de perno de una pala de turbina eólica, por ejemplo una placa en forma de U, una placa sustancialmente cuadrada, etc.

40 Se entenderá que la placa 104 de extremo de raíz puede dotarse de una pluralidad de aberturas de acoplamiento dispuestas a lo largo de círculos de agujero de perno imaginarios separados en la placa 104 de extremo, para adaptarse al acoplamiento de la placa 104 de extremo de raíz a extremos de raíz de diferentes palas de turbina eólica que tienen diferentes diámetros de círculo de agujero de perno. Esto permite que el armazón 100 de transporte de extremo de raíz se use de manera intercambiable con palas de turbina eólica de diferentes dimensiones. Se entenderá además que las aberturas de acoplamiento pueden conformarse para ser más anchas y/o más largas que aberturas correspondientes en el círculo de agujero de perno de una pala de turbina eólica, para permitir el ajuste del acoplamiento entre la placa 104 de extremo de raíz y el extremo de raíz de pala, por ejemplo en caso de alineación incorrecta, ovalización del extremo de raíz, etc.

Con referencia a la figura 12(a), una realización de un armazón de transporte de extremo de punta según un aspecto de la invención se indica generalmente en 108. El armazón 108 de transporte comprende un armazón 110 de base y una parte 112 de soporte proporcionada en la parte superior del armazón 110 de base. La parte 112 de soporte comprende al menos una abrazadera 114 de soporte de extremo de punta que está acoplada de manera articulada al armazón 108 de transporte. La abrazadera 114 de soporte aloja una parte de una pala de turbina eólica (indicada por la sección 116) que va a soportarse por el armazón 108 de transporte de extremo de punta, en el que la parte de pala está separada del extremo de punta de la pala.

Con referencia a la figura 12(b), se muestra una vista ampliada de un ejemplo de una abrazadera 114 de soporte de extremo de punta. La abrazadera 114 comprende extremos 118a, 118b primero y segundo dispuestos para acoplarse con la parte 112 de soporte del armazón 108 de transporte de extremo de punta. La abrazadera 114 comprende además un material 120 de amortiguación o acolchamiento dispuesto para soportar la superficie de una pala de turbina eólica. Se proporciona un reborde 122 de soporte de borde de ataque en la abrazadera 114, preferiblemente sobresaliendo desde el material 120 de amortiguación o acolchamiento. El reborde 122 de soporte de borde de ataque está dispuesto para alojar el borde de ataque de una pala de turbina eólica soportada sobre la abrazadera 114, para impedir el movimiento de la pala cuando se encuentra sobre la abrazadera 114.

En uso, un primer extremo 118a de la abrazadera 114 puede unirse a la parte 112 de soporte, sobresaliendo el segundo extremo 118b libre del armazón. Una parte 116 de una pala de turbina eólica puede colocarse sobre la abrazadera 114 con el borde de ataque de la pala ajustado adyacente a dicho reborde 122. Entonces puede hacerse pivotar la abrazadera con respecto al cuerpo de armazón de transporte, para situar la pala dentro del armazón 108 de transporte, momento en el cual puede fijarse el segundo extremo 118b de la abrazadera 114 al armazón 108. Entonces puede situarse una tira 124 de soporte secundaria sobre la superficie de la sección 116 de pala opuesta a la abrazadera 114 de soporte, y fijarse a la parte 112 de soporte, para retener de manera fija la pala de turbina eólica dentro del armazón 108 de transporte.

Se entenderá que la abrazadera 114 de soporte puede formarse a partir de una tira relativamente flexible que tiene un material 120 de amortiguación o acolchamiento y un reborde 122 de soporte de borde de ataque moldeado en la tira.

El armazón 110 de base del armazón 108 de transporte de extremo de punta tiene una altura h . Esto garantiza que la parte 116 de la pala de turbina eólica está soportada a una distancia h desde el suelo o la superficie subyacente. Con referencia a la figura 13, esta configuración de un sistema de transporte para una pala de turbina eólica proporciona ventajas adicionales cuando se usa para el transporte o almacenamiento de palas de turbina eólica precurvadas, en las que las palas de turbina eólica se fabrican para tener una curva o flexión en un sentido sustancialmente en barlovento, tal como se describe en la patente europea n.º EP1019631.

La figura 13(a) ilustra una disposición de apilamiento de pies contra cabeza de palas 128 de turbina eólica precurvadas usando un sistema de transporte tal como se muestra en las figuras 5 y 9, proporcionado sobre una superficie S . En este caso, la precurvatura de las palas 128 de turbina eólica dará como resultado que el extremo 128a de punta de la pala de turbina eólica inferior sobresalga por debajo del nivel de superficie S para la pila del sistema de transporte. Por consiguiente, la pila del sistema de transporte debe proporcionarse sobre una plataforma elevada de alguna manera sobre el nivel del suelo, para garantizar que el extremo 128a de punta de la pala de turbina eólica inferior no se daña cuando se dispone en la pila. Una disposición de este tipo puede conducir a complicaciones adicionales durante la manipulación y el transporte de la pila.

En cambio, la figura 13(b) ilustra una disposición de apilamiento de pies contra cabeza de palas 128 de turbina eólica precurvadas usando un sistema de transporte que comprende el armazón 100 de extremo de raíz y el armazón 108 de extremo de punta de las figuras 11 y 12, proporcionado sobre una superficie S . En esta realización, dado que el armazón 108 de transporte de extremo de punta soporta la sección 116 de pala de turbina eólica en la parte superior del armazón 110 de base, a una distancia h desde el nivel de superficie S , por consiguiente el extremo 128 de punta de la pala de turbina eólica inferior se mantiene por encima del nivel de superficie S , eliminando la necesidad de cualquier elevación adicional de la pila de transporte por encima de la superficie S .

El armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para situarse en una ubicación hacia el, pero separada del, extremo de punta de una pala de turbina eólica. Preferiblemente, el armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para situarse a una distancia F desde el extremo de raíz de la pala, en el que $(0,5 L) < F < (0,95 L)$, preferiblemente $(0,6 L) < F < (0,85 L)$. Soportar la parte de punta de la pala de turbina eólica en tal ubicación en la parte externa de la pala, separada del extremo de punta, proporciona un equilibrio entre soportar de manera estructuralmente eficaz la pala, al tiempo que se reduce la distancia entre ejes eficaz mínima o superficie de soporte necesaria para soportar el sistema de transporte total.

Además, debido a la altura reducida del armazón 100 de transporte de extremo de raíz, el armazón 110 de base de armazones 108 de transporte de extremo de punta posteriores, que se apilan sobre armazones 100 de transporte de extremo de raíz anteriores, se solapa eficazmente con el extremo de raíz de la pala de turbina eólica soportado

sobre los armazones 100 de transporte de extremo de raíz anteriores. Esta disposición actúa para reducir la altura global de la pila de transporte, al tiempo que se adapta a las dimensiones ajustadas de los armazones 108 de transporte de extremo de punta, proporcionando facilidad de manipulación y requisitos de espacio minimizados para el transporte.

- 5 Preferiblemente, la altura H combinada del armazón 100 de transporte de extremo de raíz y la altura h del armazón 110 de base del armazón 108 de transporte de extremo de punta es aproximadamente igual a la distancia de diámetro de círculo de agujero de perno de una pala de turbina eólica que va a soportarse por los armazones 100, 108 de transporte.

10 La invención se ha descrito con referencia a realizaciones preferidas. Sin embargo, el alcance de la invención no se limita a las realizaciones ilustradas, y pueden llevarse a cabo alteraciones y modificaciones sin desviarse del alcance de la invención que se define por las siguientes reivindicaciones. El sistema de acondicionamiento se ha descrito, por ejemplo, con relación a un conjunto de armazón en forma de L. Sin embargo, en otra realización ventajosa, el conjunto de armazón puede estar en forma de T de manera que la abrazadera de extremo de raíz se une al armazón de extremo de punta en una parte intermedia del mismo. Además, las palas pueden apilarse en un sistema de acondicionamiento, en el que los armazones de extremo de raíz y los armazones de extremo de punta están dispuestos en el mismo plano tal como se muestra en la figura 10. También se ha descrito el sistema de transporte y almacenamiento en una configuración en la que la segunda pala de turbina eólica está dispuesta por encima de la primera pala de turbina eólica. Sin embargo, queda claro que el sistema también puede disponerse en una configuración en la que las palas de turbina eólica primera y segunda están dispuestas unas al lado de otras. En una configuración de este tipo, las palas se dispondrán, en vez de eso, de manera que las líneas de unión y la cuerda del resalte forman un ángulo de aproximadamente 25 grados en comparación con la vertical. Además, los receptáculos de los armazones de extremo de punta pueden estar adaptados, en vez de eso, para soportar el borde de ataque de una sección de extremo de punta.

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

Lista de números de referencia

- 2 turbina eólica
- 4 torre
- 6 góndola
- 30 8 buje
- 10 pala
- 14 punta de pala
- 15 sección de extremo de punta
- 16 raíz de pala
- 35 17 cara de extremo de raíz
- 18 borde de ataque
- 20 borde de salida
- 22 eje de cabeceo
- 24 parte de carcasa de lado de presión / parte de carcasa en barlovento
- 40 26 parte de carcasa de lado de succión / parte de carcasa en sotavento
- 28 líneas de unión
- 29 horizontal

- 30 región de raíz
- 32 región de transición
- 34 región de superficie aerodinámica
- 50 perfil de superficie aerodinámica
- 5 52 lado de presión / lado en barlovento
- 54 lado de succión / lado en sotavento
- 56 borde de ataque
- 58 borde de salida
- 60 cuerda
- 10 62 línea de combadura / línea media
- 70 primer conjunto de armazón
- 71 armazón de extremo de raíz / abrazadera de extremo de raíz (de primer conjunto de armazón)
- 72 armazón de extremo de punta / parte de armazón que se extiende transversalmente (de primer conjunto de armazón)
- 15 80 primer conjunto de armazón
- 81 armazón de extremo de raíz / abrazadera de extremo de raíz (de primer conjunto de armazón)
- 82 armazón de extremo de punta / parte de armazón que se extiende transversalmente (de primer conjunto de armazón)
- 90 elemento de protección intermedio
- 20 92 elemento de protección adicional
- 100 armazón de transporte de extremo de raíz
- 102 cuerpo de armazón
- 104 placa de extremo de raíz
- 106 brazos de abrazadera
- 25 108 armazón de transporte de extremo de punta
- 110 armazón de base
- 112 parte de soporte
- 114 abrazadera de soporte
- 116 parte de pala de turbina eólica
- 30 118 extremo de abrazadera de soporte
- 120 material de soporte amortiguado
- 122 reborde de soporte de borde de ataque

- 124 tiras de retención
- c longitud de cuerda
- d_i posición de grosor máximo
- d_f posición de combadura máxima
- 5 d_p posición de combadura de lado de presión máxima
- f combadura
- l_f distancia longitudinal entre armazones de extremo de raíz
- l_o extensión longitudinal de proyección de punta de pala
- L longitud de pala
- 10 r radio local, distancia radial desde la raíz de pala
- t grosor
- D diámetro de raíz de pala
- Δy precurvatura
- H altura de armazón de transporte de extremo de raíz
- 15 W anchura de armazón de transporte de extremo de raíz
- D_f profundidad de armazón de transporte de extremo de raíz
- h altura de armazón de transporte de extremo de punta

REIVINDICACIONES

1. Sistema de transporte para una pala de turbina eólica que tiene un extremo de punta y un extremo de raíz, teniendo además la pala un diámetro D de círculo de agujero de perno en dicho extremo de raíz, en el que el sistema de transporte comprende:
- 5 al menos un almacén de transporte de extremo de raíz para soportar un extremo de raíz de una pala de turbina eólica;
- al menos un almacén de transporte de extremo de punta para soportar una parte de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, comprendiendo dicho almacén de transporte de extremo de punta un almacén de base y una abrazadera de soporte proporcionada encima de dicho almacén de base para alojar una parte de una
- 10 pala de turbina eólica;
- en el que el almacén de transporte de extremo de punta puede apilarse encima del almacén de transporte de extremo de raíz, de modo que el sistema de transporte puede hacerse funcionar para apilar palas de turbina eólica sucesivas en una disposición alternante de extremo de raíz a extremo de punta;
- en el que dicho almacén de transporte de extremo de raíz tiene una altura H;
- 15 en el que dicho almacén de transporte de extremo de punta comprende un almacén de base que tiene una altura h; y
- en el que (H+h) es aproximadamente igual a D, de modo que un almacén de transporte de extremo de raíz y el almacén de base de un almacén de transporte de extremo de punta apilado sucesivamente se solapan con un extremo de raíz de una pala de turbina eólica soportada por dicho almacén de transporte de extremo de raíz.
- 20 2. Sistema de transporte según la reivindicación 1, en el que $(0,5 D) < H < (0,9 D)$, preferiblemente $(0,5 D) < H < (0,75 D)$.
3. Sistema de transporte según la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el almacén de transporte de extremo de raíz tiene una altura, una anchura y una profundidad, en el que la anchura de dicho almacén de transporte de extremo de raíz es igual a o mayor que el diámetro de círculo de agujero de perno de una pala de
- 25 turbina eólica que va a soportarse por dicho almacén de transporte de extremo de raíz.
4. Sistema de transporte según una cualquiera de las reivindicaciones 1-3, en el que el almacén de transporte de extremo de raíz tiene una altura, una anchura y una profundidad, en el que la profundidad de dicho almacén de transporte de extremo de raíz es igual a o mayor que un cuarto de la anchura del almacén de transporte de extremo de raíz.
- 30 5. Sistema de transporte según cualquier reivindicación anterior, en el que el almacén de transporte de extremo de raíz comprende:
- un cuerpo de almacén; y
- una placa de extremo de raíz acoplada a dicho cuerpo de almacén, estando dicha placa de extremo de raíz dispuesta para acoplarse con un extremo de raíz de una pala de turbina eólica,
- 35 en el que dicha placa de extremo de raíz está dispuesta para acoplarse con menos de 2/3 del círculo de agujero de perno de un extremo de raíz de una pala de turbina eólica para soportar dicha pala de turbina eólica sobre dicho almacén de transporte de extremo de raíz
- por ejemplo, en el que dicha placa de extremo de raíz comprende un cuerpo sustancialmente en forma de C dispuesto para acoplarse con una parte del círculo de agujero de perno de un extremo de raíz de una pala de turbina
- 40 eólica.
6. Sistema de transporte según cualquier reivindicación anterior, en el que el almacén de transporte de extremo de raíz comprende:
- un cuerpo de almacén; y
- 45 una placa de extremo de raíz para acoplarse al extremo de raíz de una pala de turbina eólica, en el que dicha placa de extremo de raíz está acoplada de manera articulada a dicho cuerpo de almacén, por ejemplo

- en el que dicha placa de extremo de raíz está acoplada de manera articulada al cuerpo de armazón de dicho armazón de transporte de extremo de raíz a lo largo del eje horizontal, y/o
 - en el que dicha placa de extremo de raíz está acoplada de manera articulada al cuerpo de armazón de dicho armazón de transporte de extremo de raíz a lo largo del eje vertical.
- 5 7. Sistema de transporte según la reivindicación 6, en el que dicha placa de extremo de raíz está montada sobre al menos un brazo de abrazadera, estando dicho al menos un brazo acoplado a dicho armazón de transporte de extremo de raíz mediante una unión articulada,
- por ejemplo en el que dicho al menos un brazo de abrazadera comprende una abrazadera articulada.
- 10 8. Sistema de transporte según la reivindicación 7, en el que dicho armazón de transporte de extremo de raíz comprende al menos un primer y un segundo brazo de abrazadera, en el que dichos brazos de abrazadera primero y segundo están situados en lados opuestos de un eje longitudinal central imaginario de una pala de turbina eólica que va a montarse en dicha placa de extremo de raíz.
9. Sistema de transporte según cualquier reivindicación anterior, en el que dicho armazón de transporte de extremo de punta comprende:
- 15 un cuerpo de armazón;
- al menos una abrazadera de soporte de extremo de punta para soportar una parte de una pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha pala, en el que un primer extremo de dicha abrazadera de soporte de extremo de punta está acoplado de manera articulada a dicho armazón de transporte de extremo de punta a lo largo del eje horizontal; y
- 20 en el que se proporciona un reborde de soporte de borde de ataque en dicha abrazadera, estando dicho reborde de soporte de borde de ataque dispuesto para alojar una parte del borde de ataque de una pala de turbina eólica soportada por dicha abrazadera de soporte, de modo que la pala de turbina eólica puede moverse de manera pivotante alrededor de dicho acoplamiento articulado con respecto a dicho armazón de transporte de extremo de punta mientras se soporta sobre dicha abrazadera.
- 25 10. Sistema de transporte según la reivindicación 9, en el que un segundo extremo de dicha abrazadera de soporte puede fijarse de manera liberable al cuerpo de armazón de dicho armazón de transporte de extremo de punta cuando dicha abrazadera de soporte se aloja en dicho cuerpo de armazón.
- 30 11. Sistema de transporte según la reivindicación 9 o la reivindicación 10, en el que dicha abrazadera de soporte de extremo de punta comprende una tira flexible que tiene una superficie de soporte proporcionada sobre dicha tira flexible.
12. Sistema de transporte según una cualquiera de las reivindicaciones 9-11, en el que el armazón de transporte de extremo de punta comprende además una tira de fijación que va a ajustarse alrededor de una pala de turbina eólica alojada en dicho armazón de transporte de extremo de punta.
- 35 13. Sistema de transporte según cualquier reivindicación anterior, en el que dicho armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para situarse en una ubicación hacia el extremo de punta de una pala de turbina eólica que va a soportarse por el sistema de transporte, de modo que un arqueo o curvatura de la pala de turbina eólica desde la ubicación de dicho armazón de transporte de extremo de punta hacia el extremo de punta de la pala soportada es menor que la altura h del armazón de base del armazón de transporte de extremo de punta.
- 40 14. Sistema de transporte según cualquier reivindicación anterior, en el que una pala de turbina eólica que va a soportarse por el sistema de transporte tiene una longitud L longitudinal, y en el que el armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para situarse a una distancia F del extremo de raíz de dicha pala, en el que $(0,5 L) < F < (0,95 L)$, preferiblemente $(0,6 L) < F < (0,85 L)$.
15. Método de transportar al menos dos palas de turbina eólica que tienen un extremo de punta y un extremo de raíz, comprendiendo el método las etapas de:
- 45 soportar una primera pala de turbina eólica, en el que un primer armazón de transporte de extremo de raíz está dispuesto para soportar el extremo de raíz de dicha primera pala de turbina eólica y un primer armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para soportar una parte de dicha primera pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha primera pala, teniendo dicha primera pala de turbina eólica un diámetro D de círculo de agujero de

perno en dicho extremo de raíz;

5 soportar una segunda pala de turbina eólica, en el que un segundo armazón de transporte de extremo de raíz está dispuesto para soportar el extremo de raíz de dicha segunda pala de turbina eólica y un segundo armazón de transporte de extremo de punta está dispuesto para soportar una parte de dicha segunda pala de turbina eólica hacia el extremo de punta de dicha segunda pala, y

apilar dicho segundo armazón de transporte de extremo de raíz encima de dicho primer armazón de transporte de extremo de punta, y

10 apilar dicho segundo armazón de transporte de extremo de punta encima de dicho primer armazón de transporte de extremo de raíz, en el que dicha segunda pala de turbina eólica se apila en una disposición alternante de extremo de raíz a extremo de punta por encima de dicha primera pala de turbina eólica para formar una unidad para transporte,

en el que al menos dicho primer armazón de transporte de extremo de raíz está dispuesto para tener una altura H ,

en el que dichos armazones de transporte de extremo de punta primero y segundo están dispuestos para soportar las respectivas palas de turbina eólica primera y segunda a una altura h por encima de la base de los armazones de transporte de extremo de punta primero y segundo, y

15 en el que $(H+h)$ es aproximadamente igual a D ,

de modo que dicho primer armazón de transporte de extremo de raíz y al menos una parte de dicho segundo armazón de transporte de extremo de punta se solapan con el extremo de raíz de dicha primera pala de turbina eólica.

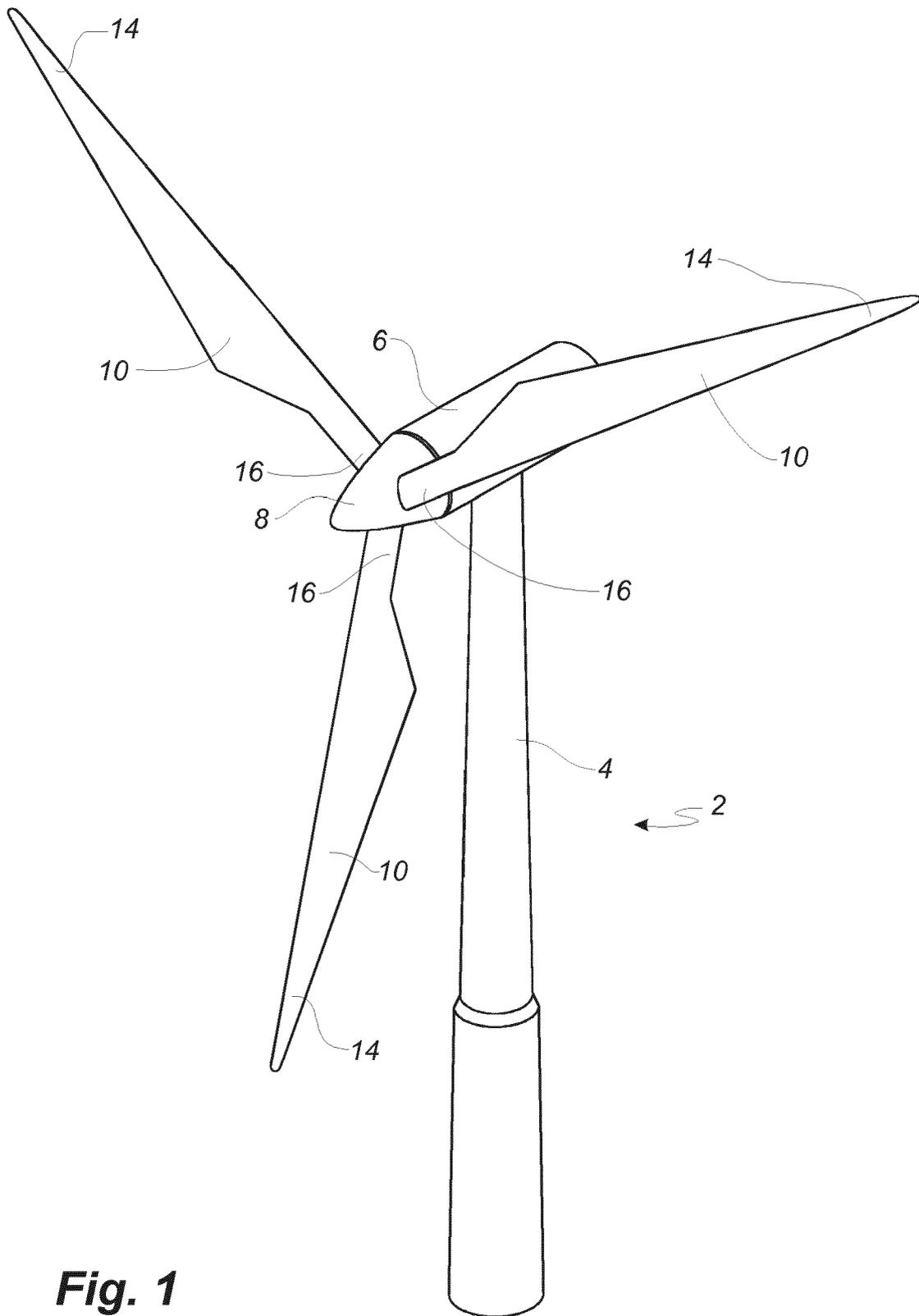


Fig. 1

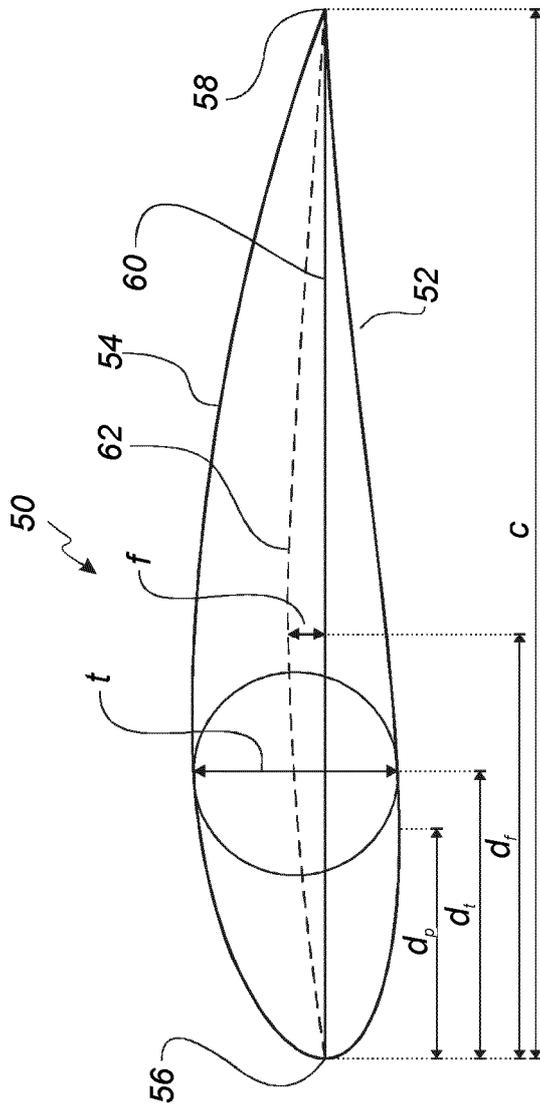


Fig. 3

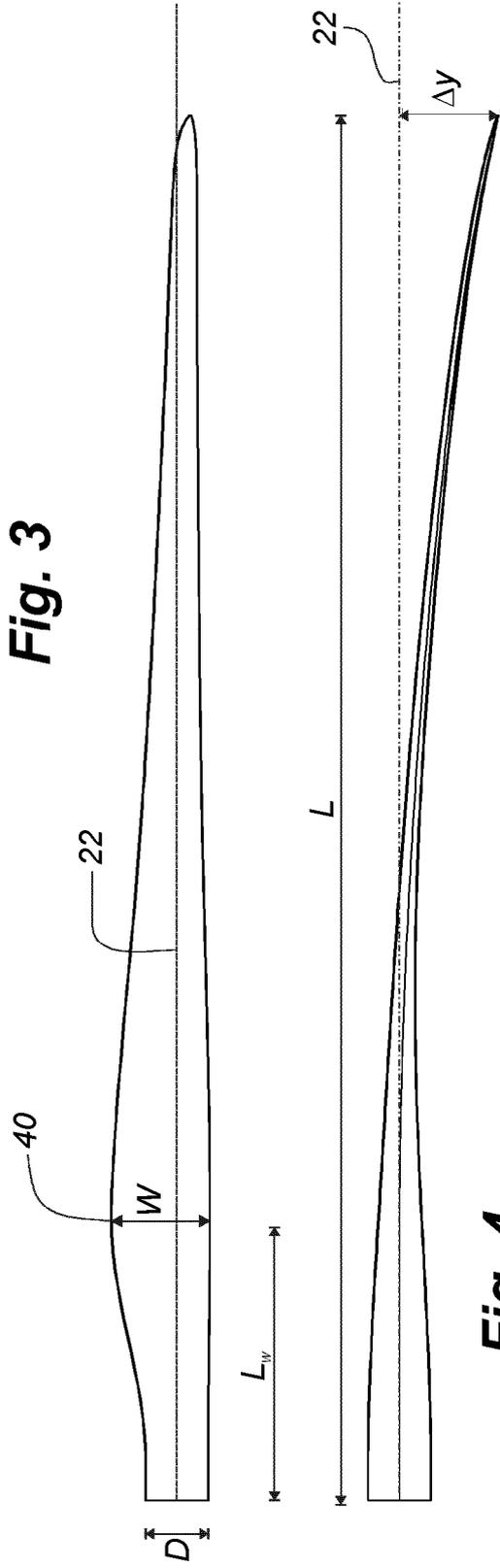


Fig. 4

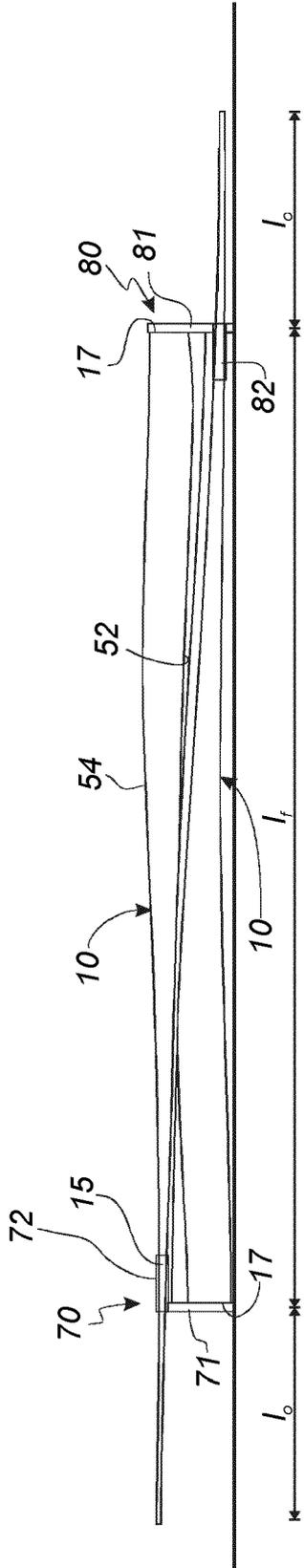


Fig. 5

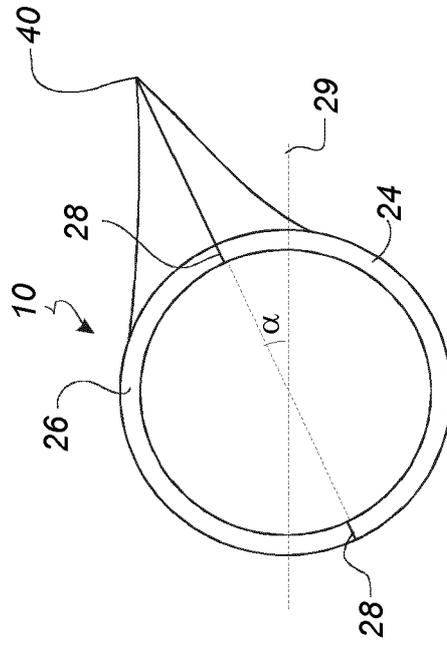


Fig. 6

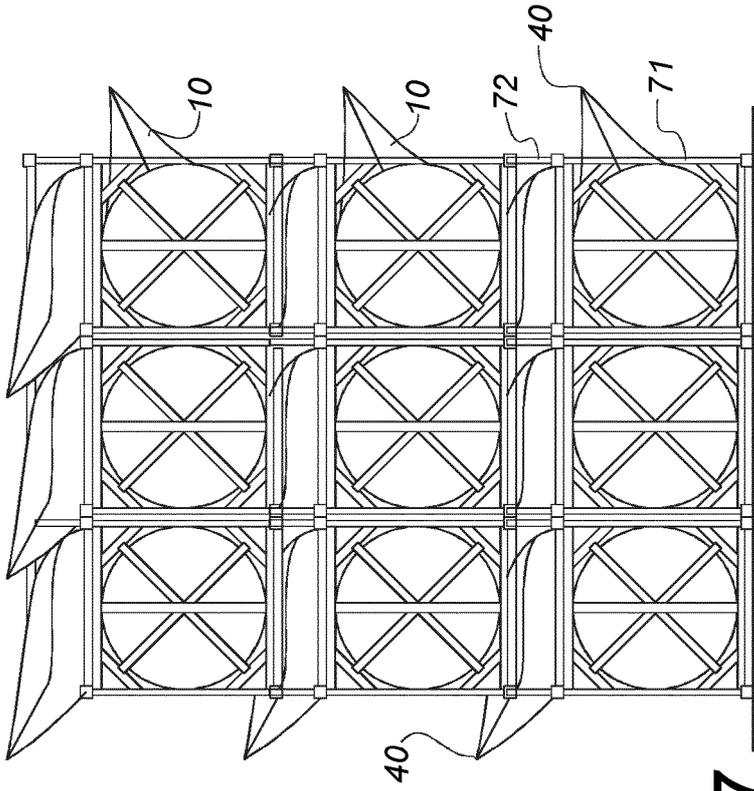


Fig. 7

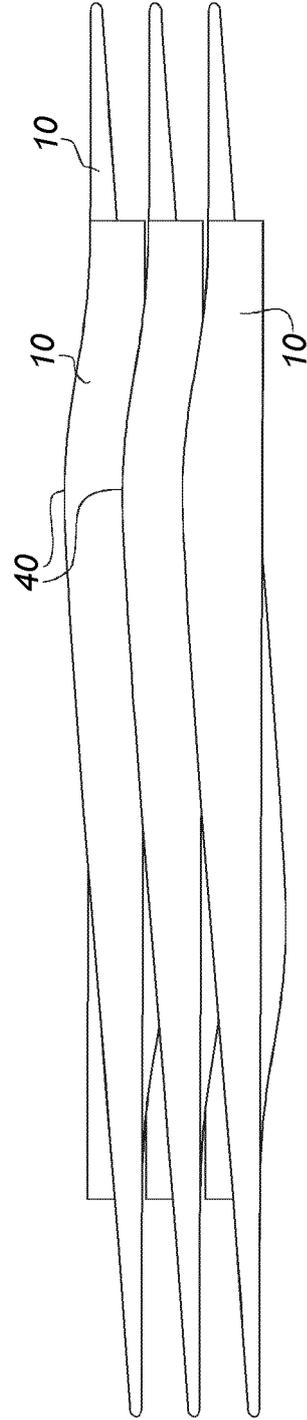


Fig. 8

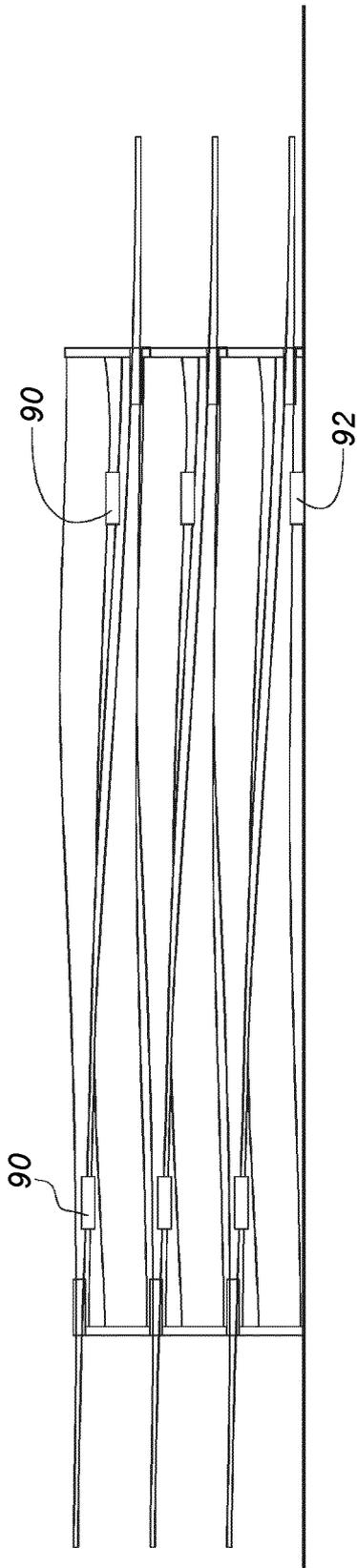
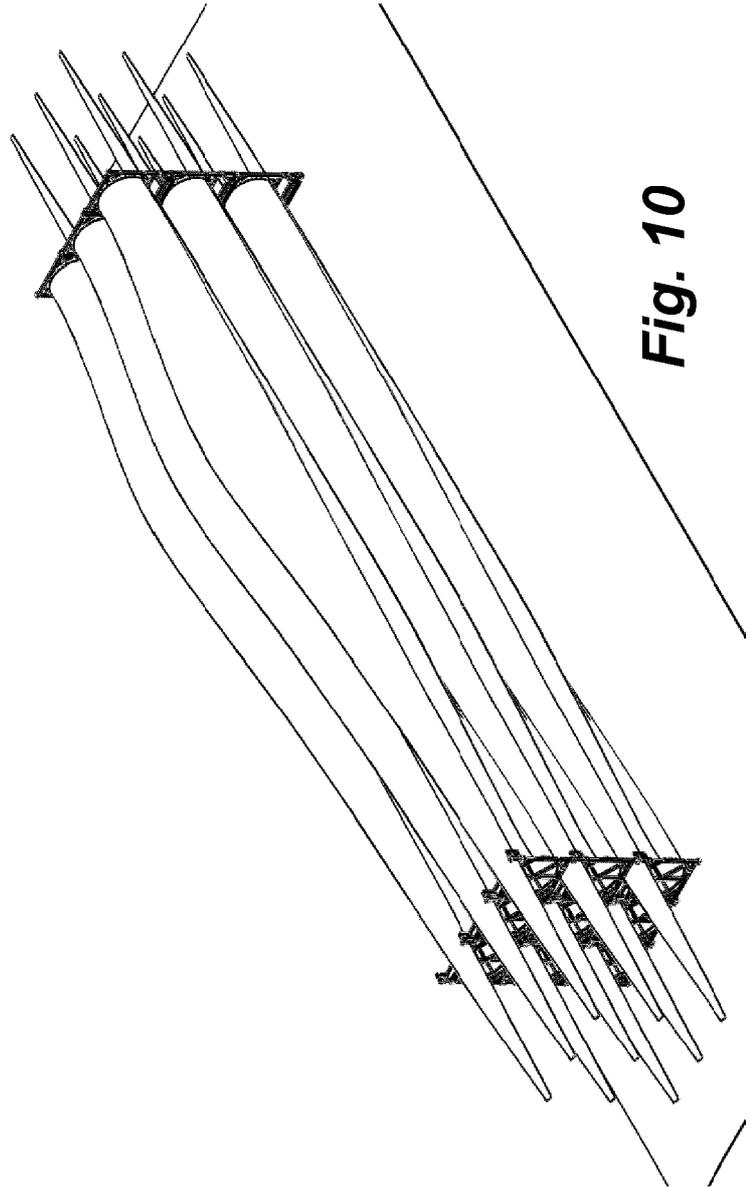


Fig. 9



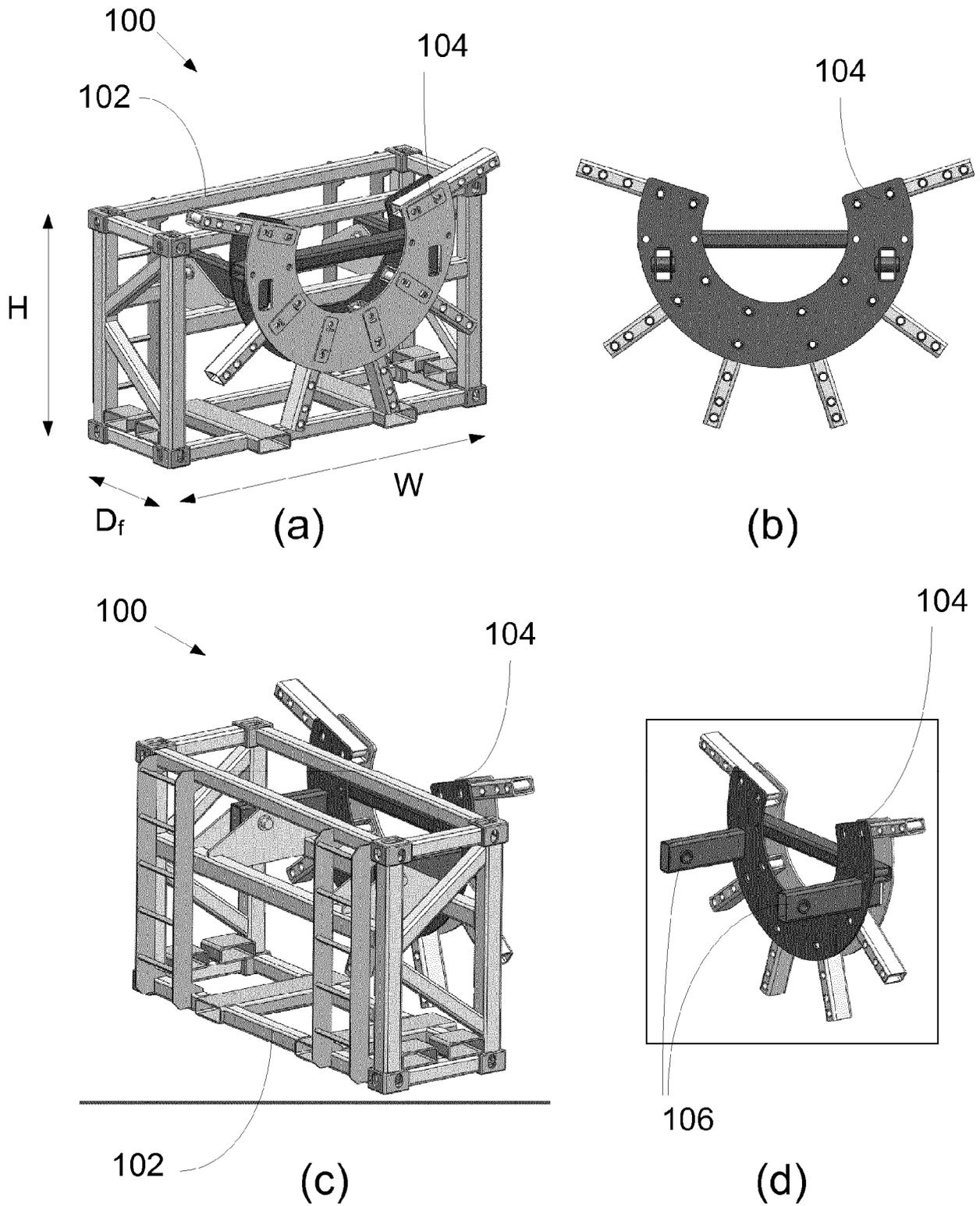


Fig. 11

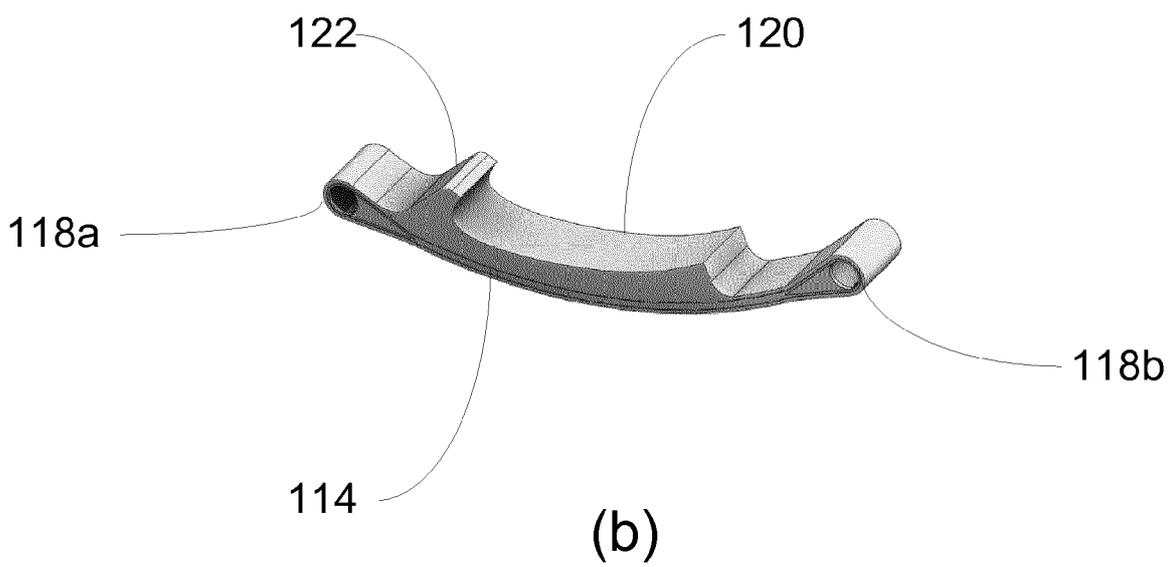
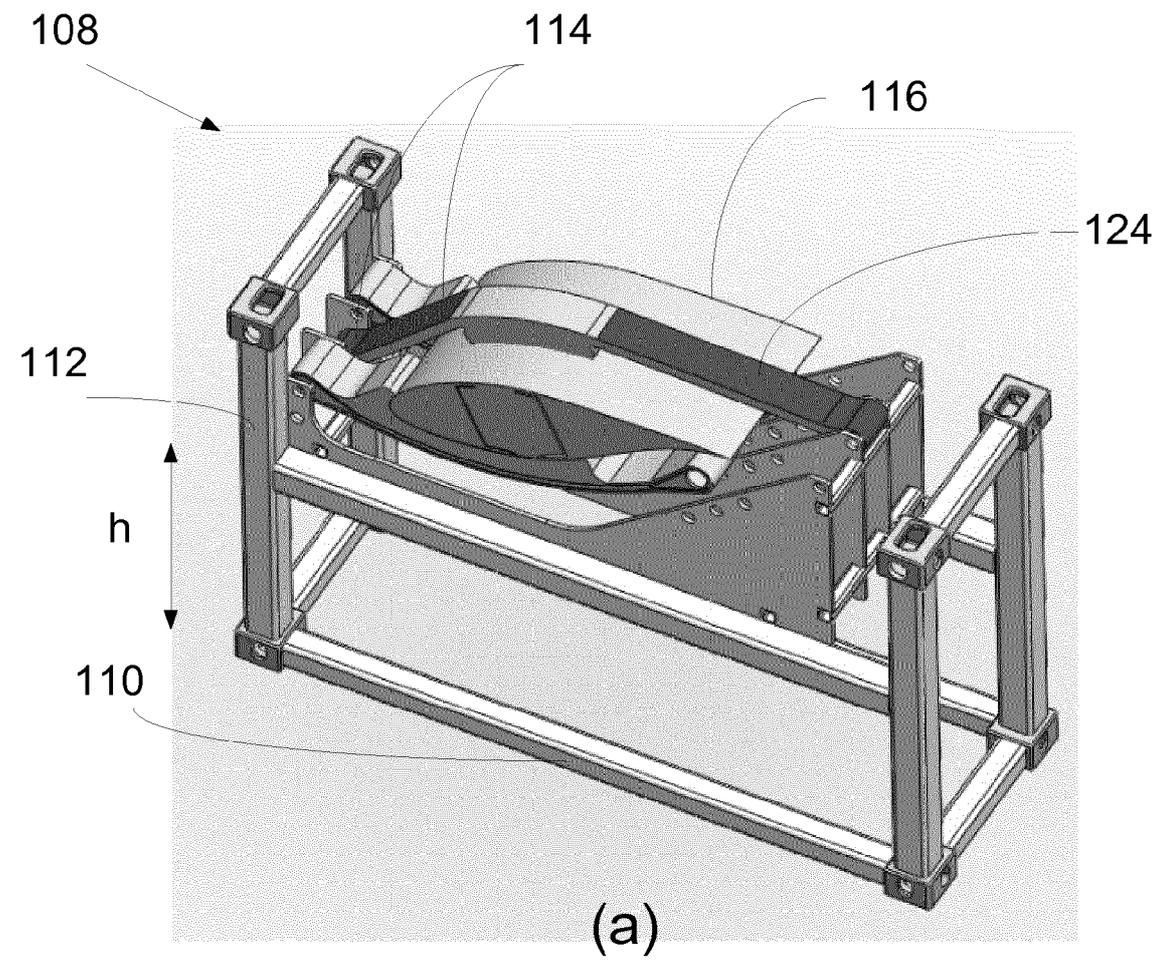


Fig. 12

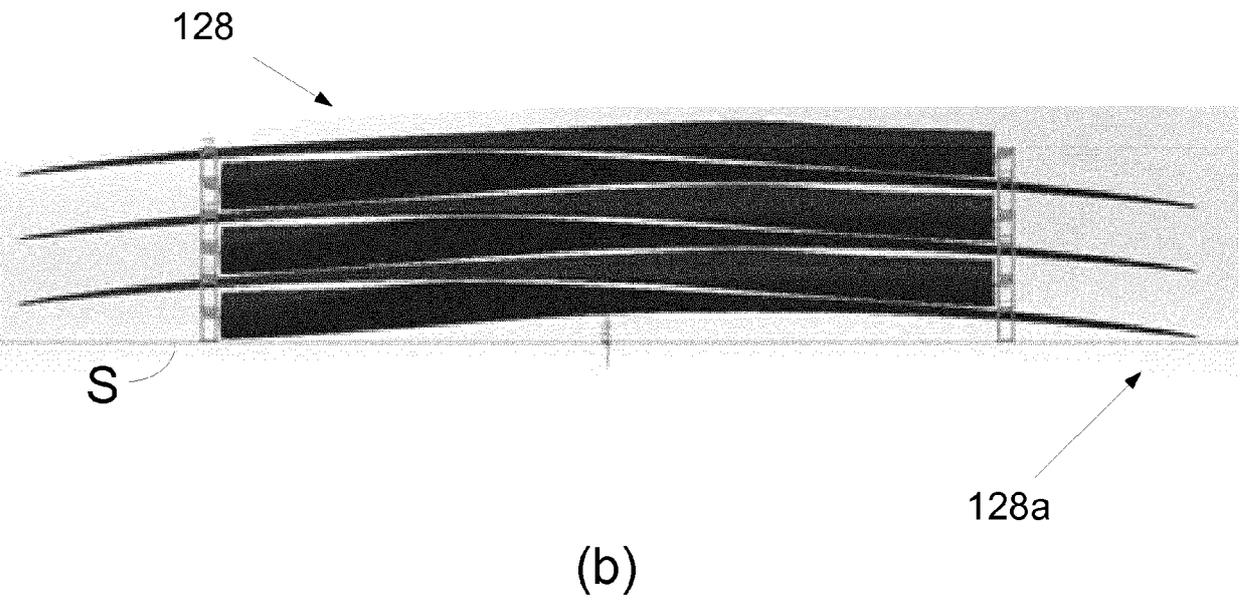
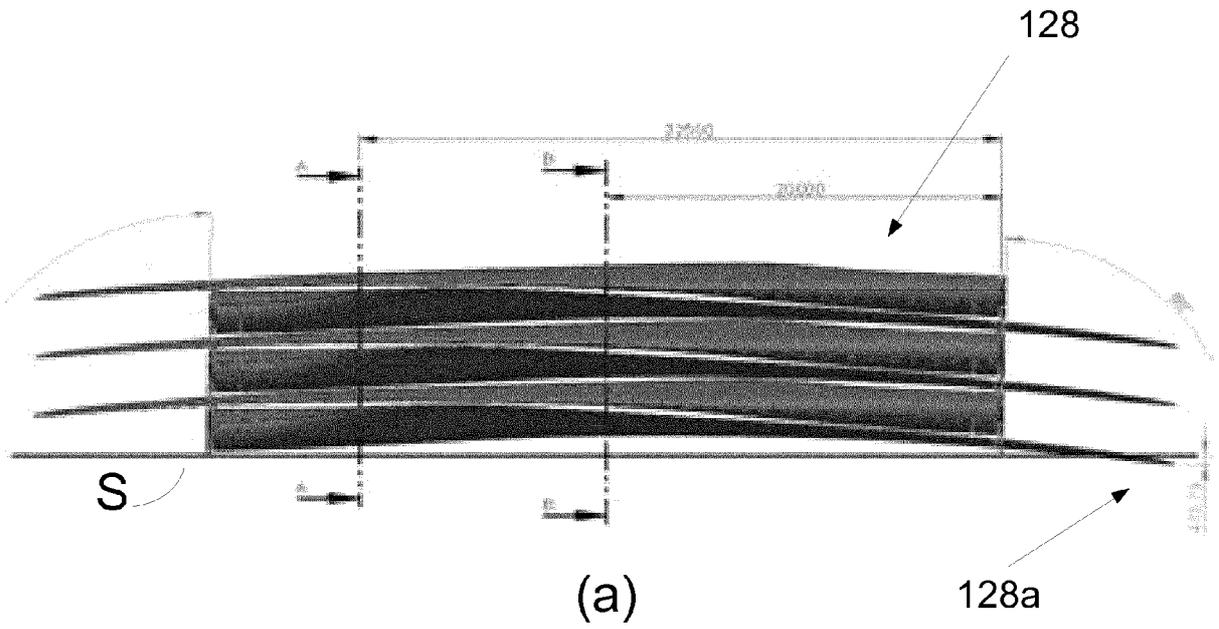


Fig. 13