

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 111**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.05.2021 E 21172314 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.09.2024 EP 4086450**

54 Título: **Una pala de rotor para una turbina eólica, una turbina eólica y un procedimiento para fabricar la pala de rotor**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.02.2025

73 Titular/es:

**LM WIND POWER A/S (100.00%)
Jupitervej 6
6000 Kolding, DK**

72 Inventor/es:

HANCOCK, MARK

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 2 999 111 T3

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

DESCRIPCIÓN

Una pala de rotor para una turbina eólica, una turbina eólica y un procedimiento para fabricar la pala de rotor

5 **Campo técnico**

[0001] La presente materia objeto se refiere, en general, a turbinas eólicas, y, más en particular, a una pala de rotor para una turbina eólica que tiene una configuración específica para conectar una primera concha con una segunda concha en un borde de salida de la pala de rotor.

10

Antecedentes

[0002] La energía eólica se considera una de las fuentes de energía más limpias y más respetuosas con el medioambiente disponibles actualmente, y las turbinas eólicas han obtenido una creciente atención a este respecto. Una turbina eólica moderna típicamente incluye una torre, un generador, una caja de engranajes, una góndola y una o más palas de rotor. Las palas de rotor capturan la energía cinética del viento usando principios de perfil alar conocidos y transmiten la energía cinética a través de energía de rotación para hacer girar un eje que acopla las palas de rotor a una caja de engranajes, o, si no se usa una caja de engranajes, directamente al generador. A continuación, el generador convierte la energía mecánica en energía eléctrica que se puede distribuir en una red de suministro.

15

20

[0003] Las palas de rotor para turbinas eólicas se extienden en una dirección longitudinal y forman un perfil aerodinámico para crear una sustentación estableciendo un lado de succión y un lado de presión cuando la pala de rotor se coloca en el flujo de un fluido, en particular, cuando la pala de rotor se coloca en un flujo de aire, por ejemplo, provocado por el viento.

25

[0004] Se puede formar un cuerpo de una pala de rotor por dos conchas de pala de rotor que estén al menos conectadas entre sí en un borde de ataque y en un borde de salida. La forma específica del borde de salida tiene grandes consecuencias en la generación de emisiones acústicas y está sujeta a tensiones, cargas alternas y otras influencias ambientales.

30

[0005] De acuerdo con una técnica conocida, las conchas de las palas de rotor están conectadas entre sí en el borde de salida por el uso de un adhesivo específico. Para establecer una conexión fiable en el borde de salida, se requiere una notable cantidad de adhesivo para proporcionar una conexión de borde de salida que tenga una superficie conectiva suficientemente grande entre las dos conchas.

35

[0006] La solicitud de patente internacional WO 2010/023 140 A1 describe un conjunto de borde de salida, que comprende una primera concha y una segunda concha, y al menos un miembro limitante de adhesivo flexible que se extiende entre dichas conchas. Se proporciona un adhesivo entre las conchas para unir las conchas entre sí, en el que el adhesivo está limitado por el miembro limitante de adhesivo flexible de modo que se defina una superficie de línea frontal cóncava del adhesivo. Los documentos JP S62 282175 A y US 10 451 037 B2 se refieren a palas de rotor de turbinas eólicas.

40

[0007] Las técnicas conocidas como se describe de forma de ejemplo tienen determinadas deficiencias con respecto a la estabilidad, el esfuerzo de fabricación y/o el peso.

45

Breve descripción

[0008] Los aspectos y ventajas de la invención se expondrán en parte en la siguiente descripción, o pueden ser evidentes a partir de la descripción, o se pueden aprender a través de la práctica de la invención.

50

[0009] En un aspecto, la presente divulgación está dirigida a una pala de rotor de la turbina eólica de acuerdo con la reivindicación independiente 1. Una pala de rotor tiene una primera concha y una segunda concha, que están conectadas entre sí al menos por una conexión de borde de ataque en un borde de ataque y por una conexión de borde de salida en un borde de salida. Con esto, las conchas forman un perfil aerodinámico que tiene una primera superficie aerodinámica formada por la primera concha y una segunda superficie aerodinámica formada por la segunda concha.

55

[0010] En consecuencia, la pala de rotor tiene una longitud de cuerda que se mide desde la punta del borde de ataque hasta la punta del borde de salida y una respectiva dirección a lo largo de la cuerda ("chordwise direction"). En consecuencia, se puede definir una dirección de perfil que se extienda esencialmente de forma perpendicular a la dirección a lo largo de la cuerda. La dirección a lo largo de la cuerda y la dirección de perfil se extienden en un plano de perfil que tiene una longitud de cuerda y una altura de perfil específicas. La pala de rotor se extiende en una dirección longitudinal alrededor de la longitud de pala medida desde la raíz de pala hasta la punta de pala. La dirección longitudinal puede ser esencialmente perpendicular con respecto al plano de perfil.

60

65

[0011] La pala de rotor puede tener una variedad de diferentes perfiles aerodinámicos que cambien de acuerdo con una respectiva posición longitudinal de un perfil aerodinámico específico. Por tanto, la longitud de cuerda y la altura de perfil cambian de acuerdo con una respectiva posición longitudinal. En general, la pala de rotor se puede estructurar definiendo un área de borde de ataque, un área central y un área de borde de salida.

[0012] De acuerdo con el aspecto mencionado anteriormente de la invención, la pala de rotor comprende al menos un elemento conectivo que comprende una primera parte de soporte de concha, una segunda parte de soporte de concha y una parte de soporte de elemento. La primera parte de soporte de concha está conectada a la parte de soporte de elemento por un primer brazo, la segunda parte de soporte de concha está conectada a la parte de soporte de elemento por un segundo brazo. El elemento conectivo se sitúa entre la primera concha y la segunda concha.

[0013] Los detalles del elemento conectivo se explican, en general, con respecto a un plano de perfil de la pala de rotor si no se hace referencia explícitamente con respecto a otra dirección de la pala de rotor, por ejemplo, la dirección longitudinal. Por tanto, la descripción precedente y posterior del elemento conectivo se refiere, en general, a una forma bidimensional dentro de un plano de perfil, si no se indica de otro modo.

[0014] El elemento conectivo tiene una forma similar a gusano, en el que la primera parte de soporte de concha se fusiona con el primer brazo, el primer brazo se forma en la parte de soporte de elemento, la parte de soporte de elemento se fusiona con el segundo brazo, en el que el segundo brazo sostiene la segunda parte de soporte.

[0015] La colocación del elemento conectivo entre la primera concha y la segunda concha se logra proporcionando una primera conexión de concha que sea eficaz entre la primera parte de soporte de concha y la primera concha, por una segunda conexión de concha que sea eficaz entre la segunda parte de soporte de concha y la primera concha, y por una conexión de elemento que sea eficaz entre la parte de soporte de elemento y la segunda concha. De ahí que el elemento conectivo forme superficies de conexión, de hecho, la primera parte de soporte de concha forma una primera superficie de conexión, la segunda parte de soporte de concha forma una segunda conexión, y la superficie de la parte de soporte de elemento forma una superficie de conexión de elemento, estando sujeta cada respectiva superficie a conectarse firmemente a una superficie interior de la respectiva concha.

[0016] Dicha conexión se puede establecer proporcionando adhesivo o resina a la respectiva conexión, de modo que las respectivas estructuras establezcan una conexión de unión. El uso de adhesivo o resina no limitará la materia, también se pueden usar otras alternativas de conexión de superficies entre sí, si es aplicable.

[0017] De acuerdo con este aspecto, la pala de rotor comprende además una estructura de soporte principal para incrementar la rigidez a la flexión ("*bending stiffness*") de la pala de rotor conectando la primera concha y la segunda concha. Además, la estructura de soporte principal está dispuesta al menos parcialmente en dirección a lo largo de la cuerda en un área central de la pala de rotor que se extiende en dirección a lo largo de la cuerda desde un 20 % a un 60 % de la longitud de cuerda. La estructura de soporte principal comprende una estructura de soporte de conexión entre la primera concha y la segunda concha. La estructura de soporte de conexión se puede extender al menos parcialmente de forma perpendicular a la dirección a lo largo de la cuerda, de modo que el momento de inercia contra la flexión en una dirección en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida de la pala de rotor se incremente drásticamente. Por definición, la estructura de soporte principal es una entidad técnica diferente del elemento conectivo. La estructura de soporte principal está dispuesta al menos parcialmente desde un 0 % de la longitud de cuerda hasta un 60 % de la longitud de cuerda. Cualquier estructura que conecte la primera y la segunda concha al menos parcialmente dispuesta desde un 0 % de la longitud de cuerda hasta un 60 % de la longitud de cuerda se debe entender como que es la estructura de soporte principal y no se debe entender como que es el elemento conectivo. La estructura de soporte principal puede comprender una primera estructura de soporte de flexión que se extiende principalmente en dirección a lo largo de la cuerda y que esté dispuesta dentro de la primera concha y/o la segunda concha, o que esté conectada a una superficie interior de la primera concha y/o a una superficie interior de la segunda concha.

[0018] Se debe observar que el elemento conectivo es un objeto técnico diferente en comparación con la estructura de soporte principal. Específicamente, el elemento conectivo no es la estructura de soporte principal, por ejemplo, el elemento conectivo no es el alma ("*shear web*"), la tapa de larguero ("*spar cap*") y/o una combinación de las mismas.

[0019] Por ejemplo, la primera estructura de soporte de flexión de la estructura de soporte principal se puede realizar como una tapa de larguero o una pluralidad de tapas de larguero, en la que la respectiva tapa de larguero se puede disponer dentro de la primera o segunda concha o se puede fijar a una respectiva superficie interior de la primera y segunda concha. Por ejemplo, junto con la estructura de soporte de conexión, la primera estructura de soporte de flexión y la segunda estructura de soporte de flexión pueden formar, en general, una viga en I ("*I-beam*"). Adicionalmente o de forma alternativa, la estructura de soporte principal puede tener una forma de un larguero de cajón, en la que partes de dicho larguero de cajón que se extienden aproximadamente en dirección a lo largo de la cuerda proporcionen la función de la primera estructura de soporte de flexión (tapas de larguero), y

en la que partes del larguero de cajón que se extienden al menos parcialmente de forma perpendicular a la dirección a lo largo de la cuerda proporcionen la función de la segunda estructura de flexión. Además, es posible que la estructura de soporte principal pueda tener una configuración o forma alternativa en el plano de perfil, por ejemplo, tenga una forma de Z, Y, doble Y. En otros ejemplos, una pala de rotor que tiene un elemento conectivo de acuerdo con uno de los modos de realización descritos no tiene ninguna tapa de larguero ni alma.

[0020] La estructura de soporte principal se puede disponer en dirección a lo largo de la cuerda esencialmente en un área de un 10% a un 60% de la longitud de cuerda, preferentemente de un 15 % a un 60 %, en particular, de un 20 % a un 50 % de la longitud de cuerda.

[0021] De acuerdo con un modo de realización, el elemento conectivo es, en dirección a lo largo de la cuerda, una entidad fabricada de forma solidaria y/o no está formado en dirección a lo largo de la cuerda a partir de una pluralidad de partes que se conectan al montarse dentro de las conchas de pala de rotor o antes de montarse.

[0022] Además, el elemento conectivo no está formado por una pluralidad de viguetas ("*girders*") que están situadas una al lado de la otra.

[0023] De acuerdo con otro modo de realización, el elemento conectivo comprende exclusivamente no más de dos brazos, no más de dos partes de soporte de concha y no más de una única parte de soporte de elemento.

[0024] De acuerdo con un modo de realización, la primera superficie aerodinámica de la primera concha puede actuar como una superficie de succión de la pala de rotor, en la que la segunda superficie aerodinámica de la segunda concha establece una superficie de presión. De forma alternativa, la primera superficie aerodinámica de la primera concha funciona como superficie de presión de la pala de rotor, mientras que la segunda superficie aerodinámica de la segunda concha es una superficie de succión.

[0025] El aspecto como se describe proporciona por primera vez una separación de funciones técnicas previamente proporcionadas total y exclusivamente por la conexión de borde de salida: por una parte, la mayoría de las cargas y fuerzas se pueden transferir y transportar por el elemento conectivo, por su disposición entre la primera y la segunda concha, y por su conexión con la primera y la segunda concha. Por otra parte, el rendimiento de la pala de rotor y del borde de salida se optimiza, por ejemplo, habiéndose reducido las emisiones acústicas, al proporcionar una forma precisa de la conexión de borde de salida. En particular, la conexión de borde de salida se puede adaptar finamente usando una cantidad reducida de adhesivo en el borde de salida entre la primera concha y la segunda concha. Específicamente, se puede limitar el tamaño de la conexión de borde de salida, en particular, en términos del área de superficie de conexión. Como consecuencia, en comparación con las técnicas conocidas, se puede reducir drásticamente el peso global del adhesivo, también se reduce enormemente la probabilidad de formación de grietas en el adhesivo y se puede proporcionar una rigidez a la flexión específica bien definida.

[0026] De acuerdo con un modo de realización, el elemento conectivo es flexible antes de encolarse entre la primera concha de pala y la segunda concha. Por el contrario, cuando se fabrica la pala de rotor y el elemento conectivo está firmemente fijado a las superficies interiores de las conchas, toda la estructura proporciona una rigidez elevada contra la flexión en la dirección en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida.

[0027] De acuerdo con un modo de realización, un tamaño de la conexión de borde de salida en dirección a lo largo de la cuerda no puede superar un 5 %, en particular, no puede superar un 3 %, preferentemente no puede superar un 2 %, de una respectiva longitud de cuerda, y/o no puede superar los 400 mm, en particular, no puede superar los 200 mm, preferentemente no puede superar los 100 mm.

[0028] Cabe señalar que la pala de rotor puede comprender un único elemento conectivo como se describe en la presente divulgación o una pluralidad de los mismos. Por ejemplo, el elemento conectivo se puede formar por una pluralidad de únicos elementos conectivos que se dispongan ensamblándose entre sí en dirección longitudinal, y/o se coloquen al menos parcialmente paralelos entre sí, y/o se conecten entre sí en dirección longitudinal para formar el elemento conectivo. En particular, cuando se analizan los detalles "del" elemento conectivo en el contexto de esta divulgación, la enseñanza relacionada puede hacer referencia *mutatis mutandis* a una pluralidad de elementos conectivos. Por ejemplo, si una especificación "del" elemento conectivo en una parte de raíz de pala de rotor difiere de las especificaciones "del" elemento conectivo en una parte de punta o sección intermedia de la pala de rotor, "el" elemento conectivo puede variar a lo largo de su dirección longitudinal, y/o se puede formar por únicos elementos conectivos realizados de forma diferente que conjuntamente formen "el" elemento conectivo. Opcional o adicionalmente, una pluralidad de elementos conectivos pueden venir con diferentes modos de realización específicos de cada elemento conectivo.

[0029] De acuerdo con un modo de realización específico, el elemento conectivo puede tener al menos otras partes de soporte de concha, otras partes de elemento y/u otros brazos que conecten otras partes de soporte de concha con una parte de elemento. Por ejemplo, el elemento conectivo puede serpentear cuando tiene una forma similar a un gusano, posiblemente a modo de balancín, entre la primera concha y la segunda concha.

[0030] De acuerdo con un modo de realización, el elemento conectivo está dispuesto en el área de borde de salida de la pala de rotor. El término "área de borde de salida" se refiere a un área de la pala de rotor en dirección a lo largo de la cuerda que se extiende entre la estructura de soporte principal y el borde de salida. En particular, todo el elemento conectivo o cada uno de una pluralidad de elementos conectivos se coloca esencial y totalmente dentro del área mencionada. A este respecto, el término "esencialmente" se refiere a estructuras del elemento conectivo que principalmente transportan y transfieren fuerzas y cargas. Por tanto, una parte del elemento conectivo que, por el entendimiento del experto en la técnica, esencialmente no contribuye funcionalmente a la transmisión de fuerza y/o transporte de carga se puede disponer afuera.

[0031] Como opción adicional o una alternativa, se divulga disponer el elemento conectivo dentro de las palas de rotor en un área entre un 60 % y un 100 % de la longitud de cuerda de la pala de rotor, o, en otras palabras, en el último 40 % de la longitud de cuerda. El porcentaje se mide desde la punta del borde de ataque localizada en un 0 % de la longitud de cuerda hacia el extremo del borde de salida que tiene un 100 % de la longitud de cuerda. En particular, todo el elemento conectivo o cada uno de una pluralidad de elementos conectivos se coloca esencialmente dentro del área mencionada. El término "esencialmente" se refiere a estructuras del elemento conectivo que principalmente transportan y transfieren fuerzas y cargas.

[0032] Además, el elemento conectivo se puede extender dentro de la pala de rotor en dirección longitudinal en un área desde un 10 %, en particular, desde un 20 %, preferentemente desde un 25 %, de una longitud de pala de la pala de rotor hacia la punta de pala y/o hasta un 98 %, en particular, hasta un 90 %, preferentemente hasta un 80 %, más preferentemente hasta un 70 %, de una longitud de pala de la pala de rotor. Lo anterior no significa necesariamente que se requiera que el elemento conectivo o una pluralidad de elementos conectivos se extiendan desde la posición inicial dada del área hasta el límite final del área, sino que el elemento conectivo se debe disponer en algún lugar dentro del área dada. Es posible que una parte de raíz de pala de la pala de rotor y/o una parte de punta de las palas de rotor no estén equipadas con un elemento conectivo, en las que una parte de raíz de pala esté localizada en dirección longitudinal afuera del área mencionada anteriormente hacia la raíz de pala de la pala de rotor, y/o en las que la parte de punta esté localizada en dirección longitudinal afuera del área mencionada anteriormente hacia la punta de pala.

[0033] Al montarse dentro de la pala de rotor, el elemento conectivo se extiende en dirección a lo largo de la cuerda de acuerdo con una longitud de elemento. La longitud de elemento se puede definir como que es una distancia en dirección a lo largo de la cuerda entre un primer punto de conexión de concha y un segundo punto de conexión de concha. El primer punto de conexión de concha está representado por una localización conectiva entre el primer brazo y la primera parte de soporte de concha. El segundo punto de conexión de concha está definido por una transición entre el segundo brazo y la segunda parte de soporte de concha. Cabe señalar que la longitud de elemento está definida entre los respectivos puntos de conexión que tienen la mayor distancia en dirección a lo largo de la cuerda. Por tanto, si el elemento de conexión comprende más de dos brazos, los dos puntos de conexión de los brazos más exteriores con una parte de soporte de concha para un soporte de elemento adicional definen la longitud de elemento.

[0034] En un modo de realización, la longitud de elemento del elemento conectivo varía en dirección longitudinal de modo que la longitud de elemento y una longitud de cuerda de la pala de rotor estén al menos parcialmente correlacionadas positivamente. De ahí que cuanto mayor sea la longitud de cuerda, mayor será la longitud de elemento que se elija. Sin embargo, esta correlación positiva entre la longitud de elemento y la longitud de cuerda puede ser continua de modo que —al menos parcialmente en determinadas áreas longitudinales del elemento conectivo— la longitud de elemento esté alineada con precisión con la longitud de cuerda, y/o la longitud de elemento varíe constantemente con una variación de la longitud de cuerda. De forma alternativa, la correlación positiva entre la longitud de elemento y la longitud de cuerda solo se puede aplicar en determinadas áreas y, en particular, se puede establecer de manera escalonada y/o discreta. En particular, la última estrategia puede ser aplicable si el elemento conectivo está formado por una pluralidad de elementos conectivos, en el que un elemento conectivo localizado en un área que tiene una mayor longitud de cuerda de las palas de rotor comprende la mayor longitud de elemento, y en el que los elementos conectivos adicionales que tienen una longitud de elemento reducida están localizados en dirección longitudinal en áreas de la pala de rotor que tienen una longitud de cuerda reducida.

[0035] Al montarse dentro de la pala de rotor, el elemento conectivo se sitúa con respecto al borde de salida en dirección a lo largo de la cuerda estableciendo una distancia del borde de salida. La distancia del borde de salida se mide únicamente en dirección a lo largo de la cuerda entre el extremo del borde de salida (un 100 % de la longitud de cuerda) y un punto central de la longitud de elemento.

[0036] En otros modos de realización, el elemento conectivo se sitúa en dirección a lo largo de la cuerda dentro de la pala de rotor de modo que una distancia del borde de salida entre el respectivo elemento conectivo y el borde de salida se determine dependiendo de una posición longitudinal en dirección longitudinal del respectivo elemento conectivo en la pala de rotor. De forma alternativa, la distancia del borde de salida en una posición longitudinal específica se determina de acuerdo con una longitud de cuerda de la pala de rotor en la posición longitudinal.

5 **[0037]** De acuerdo con un modo de realización específico, la distancia del borde de salida varía en dirección longitudinal de modo que una distancia del borde de salida específica en una posición longitudinal específica y una longitud de cuerda de la pala de rotor en la posición longitudinal específica estén al menos parcialmente correlacionadas positivamente. De ahí que la distancia del borde de salida se incremente con una longitud de cuerda creciente y disminuya con una longitud de cuerda decreciente. La correlación positiva mencionada no requiere ninguna correlación continua y/o proporcional, sino que también puede comprender una correlación discreta y/o escalonada.

10 **[0038]** Opcionalmente, esta correlación positiva entre la distancia del borde de salida y la longitud de cuerda puede ser continua de modo que —al menos parcialmente en determinadas áreas longitudinales del elemento conectivo— la distancia del borde de salida esté alineada con precisión con la longitud de cuerda, y/o la distancia del borde de salida varíe constantemente con una variación de la longitud de cuerda. De forma alternativa, la correlación positiva entre la distancia del borde de salida y la longitud de cuerda solo se puede aplicar en determinadas áreas y, en particular, se puede establecer de manera escalonada y/o discreta. En particular, la última estrategia puede ser aplicable si el elemento conectivo está formado por una pluralidad de elementos conectivos, en el que un elemento conectivo localizado en un área que tiene una mayor longitud de cuerda de las palas de rotor comprende la mayor distancia del borde de salida, y en el que los elementos conectivos adicionales que tienen una longitud de elemento reducida están localizados en dirección longitudinal en áreas de la pala de rotor que tienen una longitud de cuerda reducida.

20 **[0039]** La alineación de la longitud de elemento y/o toda la distancia del borde de salida del elemento conectivo con la longitud de cuerda posibilita una optimización de la transmisión de fuerza y/o proporciona la oportunidad de reducir el tamaño del elemento conectivo de acuerdo con los requisitos técnicos específicos.

25 **[0040]** De acuerdo con un modo de realización detallado, el elemento conectivo está colocado dentro de la pala de rotor en dirección a lo largo de la cuerda de modo que, si el elemento conectivo está dispuesto en algún lugar en un intervalo longitudinal entre un 10 % y un 50 % de una longitud de pala de la pala de rotor, la distancia del borde de salida entre el elemento conectivo y el borde de salida no supere un 25 % y/o no sea menor de un 15 % de una respectiva longitud de cuerda.

30 **[0041]** Adicionalmente o de forma alternativa, si el elemento conectivo está colocado en algún lugar en un intervalo longitudinal entre un 50 % y un 70 % de una longitud de pala de la pala de rotor, una distancia del borde de salida entre el elemento conectivo y el borde de salida no supera un 20 % y/o no es menor de un 10 % de una respectiva longitud de cuerda.

35 **[0042]** Además, adicionalmente o de forma alternativa, si el elemento conectivo está dispuesto en algún lugar en un intervalo longitudinal entre un 70 % y un 90 % de una longitud de pala de la pala de rotor, una distancia del borde de salida entre el respectivo elemento conectivo y el borde de salida no supera un 15 % y/o no es menor de un 5 % de una respectiva longitud de cuerda.

40 **[0043]** De acuerdo con un modo de realización, el elemento conectivo está configurado de modo que una altura máxima del elemento conectivo en un estado no montado del elemento conectivo sea mayor que una altura máxima del elemento conectivo al montarse en su localización designada entre la primera concha y la segunda concha. La respectiva altura máxima se mide exclusivamente en la dirección de perfil entre el primer punto de conexión de concha y la parte de soporte de elemento o entre el segundo punto de conexión de concha y la parte de soporte de elemento. Para medir una altura máxima en un estado no montado, la parte de soporte de elemento se coloca plana en una superficie de medición, en la que la respectiva altura máxima se mide de forma perpendicular con respecto a la superficie de medición entre el primer punto de conexión de concha y la superficie de medición o entre el segundo punto de conexión de concha y la superficie de medición. Una comparación entre mediciones en estado montado con mediciones en un estado no montado se refiere a mediciones que se llevan a cabo en la misma localización y/o en localizaciones comparables.

50 **[0044]** Al disponer el elemento conectivo entre la primera concha y la segunda concha, el elemento conectivo se presiona conjuntamente por la primera concha y la segunda concha de encierro. Esto provoca fuerzas normales entre el elemento conectivo y la primera concha en la primera conexión de concha y en la segunda conexión de concha, y entre la segunda concha y el elemento conectivo en la conexión de elemento. Opcionalmente, si es aplicable, también se generan fuerzas normales en otras conexiones entre otro soporte de concha u otra parte de soporte de elemento y una respectiva concha de pala de rotor.

60 **[0045]** Adicionalmente o de forma alternativa, se debe entender que el elemento conectivo puede tener una estructura flexible de modo que el elemento conectivo pueda adaptar su forma a una forma interior de la pala de rotor en la respectiva localización de disposición. En particular, se elige una flexibilidad de un material del elemento conectivo de modo que se establezcan fuerzas normales si el elemento conectivo está dispuesto entre la primera concha y la segunda concha. En particular, se establecen fuerzas normales entre el elemento conectivo y la respectiva concha de pala de rotor en la primera conexión de concha, en la segunda conexión de concha y en la

conexión de elemento, opcionalmente, también en otras conexiones entre otro soporte de concha u otra parte de soporte de elemento y una respectiva concha de pala de rotor.

5 [0046] El elemento conectivo está configurado de modo que, en particular, con respecto a su flexibilidad y/o con respecto a su forma, el elemento conectivo mantenga su posición con respecto a la pala de rotor cuando el elemento conectivo se presiona conjuntamente por la primera concha y la segunda concha durante la fabricación.

10 [0047] En particular, el elemento conectivo está configurado de modo que una posición de la parte de soporte de elemento en la superficie interior de la segunda concha de pala de rotor permanezca sin cambios al presionarse entre la primera concha y la segunda concha, específicamente en dirección a lo largo de la cuerda. Por ejemplo, un tamaño de la primera parte de soporte de concha, del primer brazo, de la parte de soporte de elemento, del segundo brazo, de la segunda parte de soporte y/o de otra parte de soporte y/o de otro brazo, y un respectivo material (rigidez) se elaboran cuidadosamente de modo que se logre un equilibrio adecuado de fuerzas normales para evitar la inclinación del elemento conectivo durante la fabricación. Al elegir las dimensiones del elemento conectivo en consecuencia, se evita que una parte de la parte de soporte de elemento, en particular, excluyendo una parte de flexión central de la parte de soporte de elemento, se sustente parcialmente desde una superficie interior de la segunda concha.

20 [0048] De forma alternativa o adicionalmente, el diseño del elemento conectivo se elige de modo que las fuerzas no den como resultado una inclinación al aplicar un procedimiento de equilibrado de acuerdo con el equilibrio de un balancín. Por ejemplo, cuando el elemento conectivo no comprende más de dos brazos, dos partes de soporte de concha y no más de una única parte de soporte de elemento que conecta los dos brazos, las dimensiones de estas partes del elemento conectivo se eligen de modo que las fuerzas aplicadas durante la fabricación no den como resultado una inclinación al aplicar un procedimiento de equilibrado de acuerdo con el equilibrio de un balancín.

25 [0049] Posiblemente, se elige un adhesivo de acuerdo con el objetivo mencionado anteriormente de modo que el elemento conectivo no experimente ninguna traslación en dirección a lo largo de la cuerda durante la fabricación. Por ejemplo, se elige un adhesivo de modo que una fuerza en dirección a lo largo de la cuerda, provocada presionando conjuntamente el elemento conectivo y por una forma de cuña de las superficies interiores de la pala de rotor en el área de borde de salida, no supere una respectiva contrafuerza provocada por el adhesivo. Esto se debe aplicar, en particular, incluso si el adhesivo no está endurecido y/o curado.

30 [0050] En otros modos de realización, la primera concha y/o la segunda concha comprende(n) al menos una parte de estructura de tipo sándwich que tiene un laminado de cara exterior ("*outer skin laminate*"), un laminado de cara interior ("*inner skin laminate*") y un material de núcleo encerrado por el laminado de cara exterior. Además, la primera concha y/o la segunda concha comprende(n) al menos una parte monolítica que tiene un laminado de cara exterior y que no tiene ningún material de núcleo. En particular, la parte monolítica se puede formar únicamente por el laminado de cara interior y por el laminado de cara exterior sin encerrar un material de núcleo.

35 [0051] Posiblemente, la primera concha y/o la segunda concha tienen una pluralidad de partes de tipo sándwich y una pluralidad de partes monolíticas. Por ejemplo, una parte monolítica puede estar presente en un área del borde de ataque y/o en un área de borde de salida. Adicionalmente o de forma alternativa, una parte monolítica puede estar en un área de una estructura de soporte principal. Esto también se aplicaría si una tapa de larguero se fuera a encerrar entre el laminado de la cara exterior y el laminado de la cara interior, puesto que, por definición, la tapa de larguero no se debe entender como parte de la primera concha o de la segunda concha, sino como parte de la estructura de soporte principal. En consecuencia, una estructura que comprende una tapa de larguero encerrada por el laminado de cara exterior y el laminado de cara interior no se debe entender como una parte de estructura de tipo sándwich en el sentido de la presente divulgación.

40 [0052] De acuerdo con un modo de realización, la primera conexión de concha, la segunda conexión de concha y/o la conexión de elemento se sitúa(n) en una parte monolítica, y, en particular, no en una parte de estructura de tipo sándwich. De forma alternativa, la primera concha y/o la segunda concha están configuradas de modo que en una respectiva localización de la primera conexión de concha, la segunda conexión de concha y/o la conexión de elemento normalmente se proporcione una parte monolítica, y, en particular, ninguna parte de estructura de tipo sándwich. Esto provoca otra reducción de los costes, puesto que se reduce la cantidad de material de núcleo.

45 [0053] En modos de realización adicionales, se proporciona al menos una parte monolítica al menos en una respectiva localización de la primera conexión de concha, de la segunda conexión de concha y/o de la conexión de elemento. En particular, la(s) respectiva(s) parte(s) monolítica(s) está(n) configurada(s) de modo que un respectivo espesor de la primera concha y/o toda la segunda concha ascienda a al menos 8 mm, en particular, a al menos 10 mm, preferentemente a al menos 12 mm y/o no supere los 22 mm, en particular, no supere los 20 mm, preferentemente no supere los 18 mm.

50 [0054] En un modo de realización alternativo o adicional, la parte de soporte de elemento comprende un puente de elemento, en particular, en la que el puente de elemento está configurado para no ser parte de la conexión de

elemento. Específicamente, la conexión de elemento está formada por una primera conexión de elemento y por una segunda conexión de elemento que están conectadas por el puente de elemento. Con esto, se puede establecer un contacto isostático entre el elemento conectivo y la segunda concha de pala.

5 **[0055]** Otro modo de realización divulga que el elemento conectivo está configurado de modo que la primera parte de soporte de concha, la segunda parte de soporte de concha y/o la parte de soporte de elemento se extienda(n) esencialmente paralelas a una respectiva superficie interior de la primera concha o de la segunda concha. Esto se aplica específicamente cuando el elemento conectivo está montado en su localización designada entre la primera concha y la segunda concha, es decir, la primera parte de soporte de concha. Con esto, se maximizan las superficies de contacto entre el elemento conectivo y la respectiva superficie interior de la primera concha y/o de la segunda concha y se optimiza la conducción de fuerza.

15 **[0056]** De acuerdo con un modo de realización más específico, el elemento conectivo está diseñado de modo que la primera parte de soporte de concha, la segunda parte de soporte de concha y/o la parte de soporte de elemento tenga(n) una longitud eficaz de al menos un 1 %, en particular, al menos un 1,5 %, preferentemente al menos un 2 %, de la longitud de cuerda, y/o tenga(n) una longitud eficaz que no supere un 5 %, en particular, no supere un 4 %, de la longitud de cuerda.

20 **[0057]** De acuerdo con un modo de realización, el elemento conectivo comprende material de fibra reforzada, en particular, formado usando material de fibra bruto infundido con resina, y preferentemente prefabricado en un molde. La forma del elemento conectivo se puede adaptar a la forma de la pala de rotor. De acuerdo con un modo de realización, la capa conectiva comprende un material de fibra bruto biaxial, en la que la disposición angular de la respectiva subcapa del material de fibra bruto varía de $\pm 80^\circ$ a $\pm 40^\circ$. Posiblemente, el elemento conectivo comprende al menos una capa de un material de fibra bruto biaxial a $\pm 45^\circ$ y/o biaxial a $\pm 60^\circ$.

25 **[0058]** Aún en otro aspecto, la presente divulgación está dirigida a una turbina eólica. La turbina eólica comprende una torre, una góndola montada de forma rotatoria en la torre y un rotor que está soportado de forma rotatoria por la góndola, en la que el rotor comprende un buje y al menos una pala de rotor. La pala de rotor comprende una primera concha y una segunda concha, que forman una primera superficie aerodinámica, una segunda superficie aerodinámica, un borde de salida y un borde de ataque. Además, la pala de rotor tiene al menos un elemento conectivo que tiene al menos una primera parte de soporte de concha, una segunda parte de soporte de concha y una parte de soporte de elemento, en la que la primera parte de soporte de concha está conectada a la parte de soporte de elemento por un primer brazo, en la que la segunda parte de soporte de concha está conectada a la parte de soporte de elemento por un segundo brazo. El elemento conectivo está dispuesto, montado y/o fijado entre la primera concha y la segunda concha por una primera conexión de concha que es eficaz entre la primera parte de soporte de concha y la primera concha, por una segunda conexión de concha que es eficaz entre la segunda parte de soporte de concha y la primera concha, y por una conexión de elemento que es eficaz entre la parte de soporte de elemento y la segunda concha. La pala de rotor está configurada de acuerdo con uno o una pluralidad de modos de realización de la presente divulgación.

40 **[0059]** De acuerdo con otro aspecto, la presente divulgación está dirigida a un procedimiento de acuerdo con la reivindicación independiente 13 del procedimiento.

45 **[0060]** Un procedimiento para fabricar una pala de rotor de acuerdo con uno o con una pluralidad de los modos de realización precedentes comprende las etapas de: situar la parte de soporte de elemento en una superficie interior de la segunda concha; y colocar, y, en particular, conectar, la primera concha y la segunda concha. Debido al gran tamaño del elemento conectivo y a la dirección de perfil en el estado no montado, el elemento conectivo se presiona conjuntamente cuando la primera concha y la segunda concha se colocan una sobre otra. En relación con la flexibilidad y la compresión por deformación del elemento conectivo, se generan fuerzas normales entre el elemento conectivo y la primera concha y entre el elemento conectivo y la segunda concha.

55 **[0061]** Posiblemente, se coloca adhesivo en una superficie de la primera parte de soporte de concha y en una superficie de la segunda parte de soporte de concha, en las que se pretende que las respectivas superficies se unan a una superficie interior de la primera concha.

60 **[0062]** De forma alternativa, se puede colocar adhesivo en una localización apropiada en una superficie interior de la segunda concha, en la que se determina una localización apropiada para entrar en contacto con la superficie de la primera parte de soporte de concha y con la superficie de la segunda parte de soporte de concha cuando la primera concha y la segunda concha se colocan una sobre la otra.

65 **[0063]** De acuerdo con un posible modo de realización, la etapa de situar la parte de soporte de elemento comprende establecer firmemente la conexión de elemento antes de conectar la primera concha y la segunda concha. Con esto, se evita que el elemento conectivo se mueva de la posición pretendida cuando la primera concha y la segunda concha se colocan una sobre otra. En este contexto, el término "establecer firmemente la conexión de elemento" se debe entender de modo que el elemento conectivo no se pueda empujar fuera de su posición

pretendida por las fuerzas aplicadas durante la fabricación. En particular, dicho término no requiere necesariamente que se vaya a establecer una resistencia y/o dureza finales de la conexión de elemento.

5 **[0064]** Estas y otras características, aspectos y ventajas de la presente invención se respaldarán y describirán además con referencia a la siguiente descripción y reivindicaciones adjuntas. Los dibujos adjuntos, que se incorporan en y constituyen una parte de esta memoria descriptiva, ilustran modos de realización de la invención y, conjuntamente con la descripción, sirven para explicar los principios de la invención.

10 **Breve descripción de los dibujos**

[0065] Una divulgación completa y habilitante de la presente invención, incluyendo el mejor modo de la misma, dirigida a un experto en la técnica, se expone en la memoria descriptiva, que hace referencia a las figuras adjuntas, en las que:

15 la FIG. 1 ilustra una vista en perspectiva de un modo de realización de una turbina eólica que tiene una pala de rotor de acuerdo con la presente divulgación;

20 la FIG. 2 ilustra una vista interna simplificada de un modo de realización de una góndola de una turbina eólica de acuerdo con la presente divulgación, que ilustra, en particular, la góndola durante una operación normal;

la FIG. 3 ilustra una vista en sección en una (primera) posición longitudinal interior a través de la pala de rotor de la turbina eólica de acuerdo con la FIG. 1, en la que la pala de rotor comprende un elemento conectivo de acuerdo con un primer modo de realización;

25 la FIG. 4 es una vista en sección ampliada a través de un área de borde de salida de la pala de rotor de acuerdo con la FIG. 3;

30 la FIG. 5 ilustra una vista en sección en una (segunda) posición longitudinal exterior a través de un área de borde de salida de la pala de rotor de la turbina eólica de acuerdo con la FIG. 1, en la que la pala de rotor comprende un elemento conectivo de acuerdo con un segundo modo de realización; y

la FIG. 6 es una representación esquemática del elemento conectivo de acuerdo con el primer modo de realización.

35 **[0066]** Las características únicas representadas en las figuras se muestran relativamente entre sí y, por lo tanto, no están necesariamente a escala. Los elementos similares o iguales en las figuras, incluso si se muestran en diferentes modos de realización, se representan con los mismos números de referencia.

40 **Descripción detallada de la invención**

[0067] Ahora se hará referencia en detalle a modos de realización de la invención, ilustrándose uno o más de sus ejemplos en los dibujos. Cada ejemplo se proporciona a modo de explicación de la invención, no de limitación de la invención. De hecho, será evidente para los expertos en la técnica que se pueden realizar diversas modificaciones y variaciones en la presente invención sin apartarse del alcance de la invención que se define por las reivindicaciones adjuntas.

45 **[0068]** La FIG. 1 es una vista en perspectiva de una turbina eólica 10 de ejemplo. En el modo de realización de ejemplo, la turbina eólica 10 es una turbina eólica de eje horizontal. De forma alternativa, la turbina eólica 10 puede ser una turbina eólica de eje vertical. En el modo de realización de ejemplo, la turbina eólica 10 incluye una torre 50 12 que se extiende desde un sistema de soporte 14, una góndola 16 montada en la torre 12 y un rotor 18 que está acoplado a la góndola 16. El rotor 18 incluye un buje 20 rotatorio y al menos una pala de rotor 100 acoplada a y que se extiende hacia afuera desde el buje 20. En el modo de realización de ejemplo, el rotor 18 tiene tres palas de rotor 100. En un modo de realización alternativo, el rotor 18 incluye más o menos de tres palas de rotor 100. En el modo de realización de ejemplo, la torre 12 está fabricada de acero tubular para definir una cavidad (no mostrada en la FIG. 1) entre un sistema de soporte 14 y la góndola 16. En un modo de realización alternativo, la torre 12 es cualquier tipo adecuado de torre que tenga cualquier altura adecuada.

55 **[0069]** Las palas de rotor 100 están espaciadas alrededor del buje 20 para facilitar la rotación del rotor 18 para posibilitar que la energía cinética se transfiera, a partir del viento, en energía mecánica utilizable y, posteriormente, en energía eléctrica. Las palas de rotor 100 se engranan al buje 20 acoplado una parte de raíz de pala 24 al buje 60 20 en una pluralidad de regiones de transferencia de carga 26. Las regiones de transferencia de carga 26 pueden tener una región de transferencia de carga de buje y una región de transferencia de carga de pala (ambas no mostradas en la FIG. 1). Las cargas inducidas en las palas de rotor 100 se transfieren al buje 20 por medio de las regiones de transferencia de carga 26.

[0070] En un modo de realización, las palas de rotor 100 tienen una longitud 101 que varía de aproximadamente 15 metros (m) a aproximadamente 91 m. De forma alternativa, las palas de rotor 100 pueden tener cualquier longitud 101 adecuada que posibilite que la turbina eólica 10 funcione como se describe en el presente documento. Por ejemplo, otros ejemplos no limitantes de longitudes de pala incluyen 20 m o menos, 37 m, 48,7 m, 50,2 m, 52,2 m o una longitud que sea mayor de 91 m. A medida que el viento golpea las palas de rotor 100 desde una dirección del viento 28, el rotor 18 se rota alrededor de un eje de rotación 30. A medida que las palas de rotor 100 se rotan y se someten a fuerzas centrífugas, las palas de rotor 100 también se someten a diversas fuerzas y momentos. Como tales, las palas de rotor 100 se pueden desviar y/o rotar desde una posición neutra, o no desviada, a una posición desviada.

[0071] Además, un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 100, es decir, un ángulo que determina una perspectiva de las palas de rotor 100 con respecto a la dirección del viento, se puede cambiar por un sistema de *pitch* 32 para controlar la carga y potencia generada por la turbina eólica 10 ajustando una posición angular de al menos una pala de rotor 100 en relación con los vectores de viento. Se muestran los ejes de *pitch* 34 de las palas de rotor 100. Durante la operación de la turbina eólica 10, el sistema de *pitch* 32 puede cambiar un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 100 de modo que las palas de rotor 100 se muevan a una posición de bandera, de modo que la perspectiva de al menos una pala de rotor 100 en relación con los vectores de viento proporcione que un área de superficie mínima de la pala de rotor 100 se oriente hacia los vectores de viento, lo que facilita reducir una velocidad de rotación y/o facilita una entrada en pérdida del rotor 18.

[0072] En el modo de realización de ejemplo, un *pitch* de pala de cada pala de rotor 100 se controla individualmente por un controlador de turbina eólica 36 o por un sistema de control de *pitch* 80. De forma alternativa, el *pitch* de pala para todas las palas de rotor 100 se puede controlar simultáneamente por dichos sistemas de control.

[0073] Además, en el modo de realización de ejemplo, a medida que cambia la dirección del viento 28, se puede rotar una dirección de orientación de la góndola 16 alrededor de un eje de orientación 38 para situar las palas de rotor 100 con respecto a la dirección del viento 28.

[0074] En el modo de realización de ejemplo, el controlador de turbina eólica 36 se muestra como que está centralizado dentro de la góndola 16, sin embargo, el controlador de turbina eólica 36 puede ser un sistema distribuido por toda la turbina eólica 10, en los medios de soporte terrestres 14, dentro de un parque eólico, y/o en un centro de control remoto. El controlador de turbina eólica 36 incluye un procesador 40 configurado para realizar los procedimientos y/o etapas descritos en el presente documento. Además, muchos de los demás componentes descritos en el presente documento incluyen un procesador. Como se usa en el presente documento, el término "procesador" no se limita a circuitos integrados a los que se hace referencia en la técnica como ordenador, sino que se refiere ampliamente a un controlador, un microcontrolador, un microordenador, un controlador lógico programable (PLC), un circuito integrado específico de la aplicación y otros circuitos programables, y estos términos se usan de manera intercambiable en el presente documento. Se debe entender que un procesador y/o un sistema de control también pueden incluir una memoria, canales de entrada y/o canales de salida.

[0075] La FIG. 2 es una vista en sección ampliada de una parte de la turbina eólica 10. En el modo de realización de ejemplo, la turbina eólica 10 incluye la góndola 16 y el rotor 18 que está acoplado de forma rotatoria a la góndola 16. Más específicamente, el buje 20 del rotor 18 se acopla de forma rotatoria a un generador eléctrico 42 situado dentro de la góndola 16 por el eje principal 44, una caja de engranajes 46, un eje rápido 48 y un acoplamiento 50. En el modo de realización de ejemplo, el eje principal 44 está dispuesto al menos parcialmente coaxial a un eje longitudinal (no mostrado) de la góndola 16. Una rotación del eje principal 44 acciona la caja de engranajes 46 que posteriormente acciona el eje rápido 48 traduciendo el movimiento de rotación relativamente lento del rotor 18 y del eje principal 44 en un movimiento de rotación relativamente rápido del eje rápido 48. Este último se conecta al generador 42 para generar energía eléctrica con la ayuda de un acoplamiento 50.

[0076] La caja de engranajes 46 y el generador 42 se pueden soportar por un bastidor de estructura de soporte principal de la góndola 16, opcionalmente realizado como un bastidor principal 52. La caja de engranajes 46 puede incluir una carcasa de caja de engranajes que está conectada al bastidor principal 52 por uno o más brazos de par de torsión 103. En el modo de realización de ejemplo, la góndola 16 también incluye un rodamiento de soporte ("support bearing") delantero 60 principal y un rodamiento de soporte posterior 62 principal. Además, el generador 42 se puede montar en el bastidor principal 52 desacoplando los medios de soporte 54, en particular, para evitar que las vibraciones del generador 42 se introduzcan en el bastidor principal 52 y, de este modo, provoquen una fuente de emisión de ruido.

[0077] Preferentemente, el bastidor principal 52 está configurado para transportar toda la carga provocada por el peso del rotor 18 y los componentes de la góndola 16 y por las cargas del viento y de rotación, y, además, para introducir estas cargas en la torre 12 de la turbina eólica 10. El eje de rotor 44, generador 42, caja de engranajes 46, eje rápido 48, acoplamiento 50 y cualquier dispositivo de sujeción, soporte y/o aseguración asociado incluyendo, pero sin limitarse a, el soporte 52, y rodamiento de soporte delantero 60 y rodamiento de soporte posterior 62, a veces se denominan tren de potencia 64.

[0078] Sin embargo, la presente divulgación no se limita a una pala de rotor para turbinas eólicas que comprendan una caja de engranajes, sino también a turbinas eólicas sin caja de engranajes, por tanto, también se puede referir a un denominado accionamiento directo.

[0079] La góndola 16 también puede incluir un mecanismo de accionamiento de orientación ("yaw drive mechanism") 56 que se puede usar para rotar la góndola 16 y, de este modo, también el rotor 18 alrededor del eje de orientación ("yaw axis") 38 para controlar la perspectiva de las palas de rotor 100 con respecto a la dirección del viento 28.

[0080] Para situar la góndola apropiadamente con respecto a la dirección del viento 28, la góndola 16 también puede incluir al menos un mástil meteorológico 58 que puede incluir una veleta y un anemómetro (ninguno mostrado en la FIG. 2). El mástil 58 proporciona información al controlador de turbina eólica 36 que puede incluir la dirección del viento y/o la velocidad del viento.

[0081] En el modo de realización de ejemplo, el sistema de *pitch* 32 se dispone al menos parcialmente como un conjunto de *pitch* 66 en el buje 20. El conjunto de *pitch* 66 incluye uno o más sistemas de accionamiento de *pitch* 68 y al menos un sensor 70. Cada sistema de accionamiento de *pitch* 68 está acoplado a una respectiva pala de rotor 100 (mostrada en la FIG. 1) para modular el ángulo de *pitch* de una pala de rotor 100 a lo largo del eje de *pitch* 34. Solo se muestra uno de los tres sistemas de accionamiento de *pitch* 68 en la FIG. 2.

[0082] En el modo de realización de ejemplo, el conjunto de *pitch* 66 incluye al menos un rodamiento de *pitch* ("pitch bearing") 72 acoplado al buje 20 y a una respectiva pala de rotor 100 (mostrada en la FIG. 1) para rotar la respectiva pala de rotor 100 alrededor del eje de *pitch* 34. El sistema de accionamiento de *pitch* 68 incluye un motor de accionamiento de *pitch* 74, una caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 76 y un piñón de accionamiento de *pitch* 78. El motor de accionamiento de *pitch* 74 está acoplado a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 76 de modo que el motor de accionamiento de *pitch* 74 confiera fuerza mecánica a la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 76. La caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 76 está acoplada al piñón de accionamiento de *pitch* 78 de modo que el piñón de accionamiento de *pitch* 78 se rote por la caja de engranajes de accionamiento de *pitch* 76. El rodamiento de *pitch* 72 está acoplado al piñón de accionamiento de *pitch* 78 de modo que la rotación del piñón de accionamiento de *pitch* 78 provoque una rotación del rodamiento de *pitch* 72.

[0083] El sistema de accionamiento de *pitch* 68 se acopla al controlador de turbina eólica 36 para ajustar el ángulo de *pitch* de una pala de rotor 100 tras recibir una o más señales desde el controlador de turbina eólica 36. En el modo de realización de ejemplo, el motor de accionamiento de *pitch* 74 es cualquier motor adecuado accionado por potencia eléctrica y/o un sistema hidráulico que posibilita que el conjunto de *pitch* 66 funcione como se describe en el presente documento. De forma alternativa, el conjunto de *pitch* 66 puede incluir cualquier estructura, configuración, disposición y/o componentes adecuados tales como, pero sin limitarse a, cilindros hidráulicos, resortes y/o servomecanismos. En determinados modos de realización, el motor de accionamiento de *pitch* 74 se acciona por la energía extraída de una inercia de rotación del buje 20 y/o una fuente de energía almacenada (no mostrada) que suministra energía a los componentes de la turbina eólica 10.

[0084] El conjunto de *pitch* 66 también incluye uno o más sistemas de control de *pitch* 80 para controlar el sistema de accionamiento de *pitch* 68 de acuerdo con señales de control del controlador de turbina eólica 36, en caso de situaciones prioritarias específicas y/o durante la sobrevelocidad del rotor 18. En el modo de realización de ejemplo, el conjunto de *pitch* 66 incluye al menos un sistema de control de *pitch* 80 acoplado en comunicación a un respectivo sistema de accionamiento de *pitch* 68 para controlar el sistema de accionamiento de *pitch* 68 independientemente del controlador de turbina eólica 36. En el modo de realización de ejemplo, el sistema de control de *pitch* 80 se acopla al sistema de accionamiento de *pitch* 68 y a un sensor 70. Durante la operación normal de la turbina eólica 10, el controlador de turbina eólica 36 controla el sistema de accionamiento de *pitch* 68 para ajustar un ángulo de *pitch* de las palas de rotor 100.

[0085] En un modo de realización, en particular, cuando el rotor 18 opera a sobrevelocidad de rotor, el sistema de control de *pitch* 80 anula el controlador de turbina eólica 36, de modo que el controlador de turbina eólica 36 ya no controle el sistema de control de *pitch* 80 y el sistema de accionamiento de *pitch* 68. Por tanto, el sistema de control de *pitch* 80 puede hacer que el sistema de accionamiento de *pitch* 68 mueva la pala de rotor 100 a una posición de bandera para reducir una velocidad de rotación del rotor 18.

[0086] De acuerdo con un modo de realización, un generador de potencia 84, que comprende, por ejemplo, una batería y condensadores eléctricos, está dispuesto en o dentro del buje 20 y está acoplado al sensor 70, al sistema de control de *pitch* 80 y al sistema de accionamiento de *pitch* 68 para proporcionar una fuente de potencia a estos componentes. En el modo de realización de ejemplo, el generador de potencia 84 proporciona una fuente continua de potencia al conjunto de *pitch* 66 durante la operación de la turbina eólica 10. En un modo de realización alternativo, el generador de potencia 84 proporciona potencia al conjunto de *pitch* 66 solo durante un evento de pérdida de potencia eléctrica de la turbina eólica 10. El evento de pérdida de potencia eléctrica puede incluir pérdida o caída de red de potencia, mal funcionamiento de un sistema eléctrico de la turbina eólica 10 y/o fallo del

controlador de turbina eólica 36. Durante el evento de pérdida de potencia eléctrica, el generador de potencia 84 opera para proporcionar potencia eléctrica al conjunto de *pitch* 66 de modo que el conjunto de *pitch* 66 pueda operar durante el evento de pérdida de potencia eléctrica.

5 **[0087]** En el modo de realización de ejemplo, el sistema de accionamiento de *pitch* 68, el sensor 70, el sistema de control de *pitch* 80, los cables y el generador de potencia 84 se sitúan cada uno en una cavidad 86 definida por una superficie interior 88 del buje 20. En un modo de realización alternativo, dichos componentes se sitúan con respecto a una superficie exterior 90 del buje 20 y se pueden acoplar, directa o indirectamente, a la superficie exterior 90.

10 **[0088]** Una pala de rotor 100 como se muestra en la FIG. 1 tiene una longitud de pala 101 que se va a medir desde una raíz de pala en una parte de pala 24 de la pala de rotor 100 hasta una punta de pala 103, definiendo, de este modo, una dirección longitudinal 102. La dirección longitudinal 102 puede variar a lo largo de la longitud de pala 101, por ejemplo, en el caso de una pala de rotor curvada. La pala de rotor se puede estructurar en dirección a lo largo de la cuerda en un área de borde de ataque 119, en una área central y en una área de borde de salida 118. En dirección a lo largo de la cuerda, el área central alcanza hasta un 60 % de la longitud de cuerda 104, en la que el área de borde de salida 118 se extiende desde un 60 % de la longitud de cuerda hasta un 100 % de la longitud de cuerda.

15 **[0089]** La FIG. 3 representa una vista en sección a través de la pala de rotor 100 y refleja un perfil aerodinámico de la pala de rotor 100. El perfil aerodinámico está formado por una primera superficie aerodinámica 110 y por una segunda superficie aerodinámica 112, que están conectadas entre sí en dirección corriente arriba ("*upstream*") en el borde de ataque 114 y en dirección corriente abajo ("*downstream*") entre sí en el borde de salida 116. Al colocarse en una corriente de aire, el perfil aerodinámico genera sustentación al establecer un lado de succión y un lado de presión.

20 **[0090]** De forma perpendicular a la dirección longitudinal 102, la pala de rotor 100 establece una longitud de cuerda 104 medida desde el borde de salida 114 hasta el borde de ataque 116, definiendo, de este modo, una dirección a lo largo de la cuerda 106. La pala de rotor 100 tiene una dirección de perfil 108 que se extiende esencialmente de forma perpendicular a la dirección a lo largo de la cuerda 106 y esencialmente a la dirección longitudinal 102. Un plano de perfil del perfil aerodinámico se puede definir por la dirección a lo largo de la cuerda 106 y la dirección de perfil 108.

25 **[0091]** Estructuralmente, el perfil aerodinámico está formado por una primera concha 120 de la pala de rotor 100 y por una segunda concha 122 de la pala de rotor 100, estando dispuestas durante la fabricación la primera concha 120 y la segunda concha 122 en una encima de la otra, en el que una respectiva superficie interior de la primera concha 120 está orientada hacia una superficie interior de la segunda concha 122. La primera concha 120 y la segunda concha 122 están conectadas entre sí en el borde de ataque 114 y en el borde de salida 116.

30 **[0092]** Opcionalmente, la pala de rotor 100 puede comprender una estructura de soporte principal, principalmente para proporcionar resistencia contra la flexión y/o torsión en una dirección en el sentido perpendicular al eje entre el borde de ataque y salida de la pala de rotor 100. De acuerdo con el presente modo de realización, la estructura de soporte principal comprende una primera tapa de larguero 124 (primera estructura de soporte de flexión) que está dispuesta con la primera concha 120 y una segunda tapa de larguero 125 (segunda estructura de soporte de flexión) que está dispuesta con la segunda concha 122. Las tapas de larguero 124, 125 están dispuestas dentro de una estructura de la respectiva concha de pala de rotor 120, 122, sin embargo, por definición, una tapa de larguero 124, 125 no se une estructuralmente a la respectiva concha de pala de rotor 120, 122 aunque la tapa de larguero 124, 125 está cubierta por un laminado de cara exterior 134 de la respectiva concha de pala de rotor 120, 122 y por un laminado de cara interior 136 de la respectiva concha de pala de rotor 120, 122. De hecho, independientemente de que la respectiva tapa de larguero 124, 125 esté en sándwich entre el laminado de cara exterior 134 y el laminado de cara interior 136, por definición, dicha parte de la respectiva concha de pala de rotor 120, 122 no se debe transportar como una parte de estructura de tipo sándwich 132 de acuerdo con la presente divulgación.

35 **[0093]** La primera concha 120 y/o la segunda concha 122 están formadas por una pluralidad de capas de un material de fibra reforzada. Por ejemplo, la primera concha 120 y/o la segunda concha 122 tienen un laminado de cara exterior 134 y un laminado de cara interior 136, comprendiendo cada uno al menos una o dos capas de un material de fibra unidas entre sí en una matriz con una resina curada. El material de fibra puede ser un material bruto unidireccional a 0°, una materia prima biaxial, por ejemplo, un material de fibra a +/-45°, y/o una materia prima triaxial a -45°/0°/+45°, en el que los ángulos como se proporciona se pueden referir a la dirección longitudinal 102.

40 **[0094]** De acuerdo con el presente modo de realización, pero sin limitarse a él, la primera concha 120 y/o la segunda concha 122 pueden comprender al menos una parte monolítica 130 y una parte de estructura de tipo sándwich 132. Una parte de estructura de tipo sándwich 132 se define de modo que tenga al menos un laminado de cara exterior 134 y un laminado de cara interior 136, en la que ambos laminados de cara 134, 136 encierran un

material de núcleo 138. Por el contrario, la parte monolítica 130 no comprende ningún material de núcleo 138, y puede comprender exclusivamente el laminado de cara exterior 134 y el laminado de cara interior 136. La combinación del laminado de cara exterior 134 y el laminado de cara interior 136 también se puede entender como un único laminado. Adicionalmente o de forma alternativa, una concha de pala de rotor 100 puede tener exclusivamente el laminado de cara exterior 134.

[0095] Posiblemente, la estructura de soporte principal puede comprender un alma 126 para soportar la primera concha 120 con respecto a la segunda concha 122 conectando ambas conchas de pala de rotor 120, 122 entre sí. En particular, el alma 126 está conectada a la primera tapa de larguero 124 y a la segunda tapa de larguero 125. De ahí que el alma 126 esté conectada indirectamente a la respectiva tapa de larguero 124, 125 de modo que el laminado de cara interior 136 se pueda disponer entre el alma 126 y la respectiva tapa de larguero 124, 125.

[0096] La FIG. 3, la FIG. 4 y la FIG. 5 representan una disposición de un elemento conectivo 140 en el área de borde de salida 118 de la pala de rotor 100, en la que la FIG. 3 y la FIG. 4 muestran el mismo elemento conectivo 140 grande de acuerdo con un primer modo de realización, y en la que la FIG. 5 introduce un elemento conectivo 140 relativamente pequeño de acuerdo con un segundo modo de realización. La FIG. 6 es una imagen esquemática de un elemento conectivo 140 de acuerdo con el primer modo de realización, en el que los principios básicos del elemento conectivo 140 de acuerdo con el primer modo de realización también se aplican al elemento conectivo 140 de acuerdo con el segundo modo de realización.

[0097] Además de una posible estructura de soporte principal de la pala de rotor 100, el elemento conectivo 140 forma una conexión estructural entre la primera concha 120 y la segunda concha 122. Además, la primera concha 120 está unida adicionalmente a la segunda concha 122 por una conexión de borde de salida 128.

[0098] Las vistas en sección de acuerdo con la FIG. 3 y la FIG. 4 están localizados en dirección longitudinal 102 en una parte de raíz de pala 124 o en una parte central 105 de la pala de rotor 100, en las que la representación en sección de la pala de rotor 100 de acuerdo con la FIG. 5 se toma en un área de punta de la punta de pala 103 de la pala de rotor 100. Específicamente, en comparación con un perfil en la parte de punta, un perfil en la parte de raíz de pala 124 o en una parte central 105 es relativamente grande al tener una longitud de cuerda 104 y una altura de pala relativamente grandes. En general, un perfil en la parte de raíz de pala 124, específicamente en la parte central 105, es mucho más grande y más espeso que un perfil en el área de punta cerca de la punta de pala 103. Por ese motivo, el elemento conectivo 140 de acuerdo con el primer modo de realización es mayor que el elemento conectivo 140 de acuerdo con el segundo modo de realización y, además, una localización del respectivo elemento conectivo 140 en dirección a lo largo de la cuerda 106 es diferente.

[0099] El elemento conectivo 140 tiene una forma similar a un gusano cuando se observa en el plano de perfil, comprendiendo una primera parte de soporte de concha 142, una segunda parte de soporte de concha 144, una parte de soporte de elemento 146, un primer brazo 152 que conecta la primera parte de soporte de concha 142 y la parte de soporte de elemento 146, y un segundo brazo 154 que conecta la segunda parte de soporte de concha 144 y la parte de soporte de elemento 146.

[0100] Cuando el elemento conectivo 140 está dispuesto dentro de la pala de rotor 100, la primera parte de soporte de concha 142 se ensambla en una superficie interior de la primera concha 120, y forma, de este modo, una primera conexión de concha 162. La segunda parte de soporte de concha 144 soporta la superficie interior de la primera concha 120 y forma, de este modo, una segunda conexión de concha 164. Además, la parte de soporte de elemento 146 está conectada a y soportada por una superficie interior de la segunda concha 122, formando, de este modo, una conexión de elemento 166. De ahí que al establecer la primera conexión de concha 162, la segunda conexión de concha 164 y la conexión de elemento 166, el elemento conectivo 140 se disponga dentro de la pala de rotor 100 y forme una estructura de transporte de carga en el área de borde de salida 118 de la pala de rotor 100.

[0101] De acuerdo con el primer modo de realización del elemento conectivo 140, la parte de soporte de elemento 146 que forma la conexión de elemento 166 está realizada con un puente de elemento 156 que posibilita que la conexión de elemento 166 se realice por una primera conexión de elemento 158 y por una segunda conexión de elemento 166. De hecho, el adhesivo o resina se dispone principalmente en los extremos del puente de elemento 156 de modo que esencialmente solo la primera conexión de elemento 158 y una segunda conexión de elemento 166 formen la conexión entre el elemento conectivo 140 y la segunda concha 122. En particular, una parte central del puente de elemento 156 no contribuye a la conexión de elemento 166.

[0102] Como se muestra en la FIG. 6, se puede determinar una longitud de elemento 141 del elemento conectivo 140 que se extiende en dirección a lo largo de la cuerda 106 entre un primer punto de conexión de concha 163 y un segundo punto de conexión de concha 165. El primer punto de conexión de concha 163 está definido entre la primera parte de soporte de concha 142 y el primer brazo 152, en el que el segundo punto de conexión de concha 165 está definido entre el segundo brazo 154 y la segunda parte de soporte de concha 144.

[0103] Como se muestra en la FIG. 6, se va a medir una distancia del borde de salida 168 que se extiende en dirección a lo largo de la cuerda entre la punta del borde de salida 116 y una línea central de la longitud de elemento 141.

5 **[0104]** La FIG. 6 explica que una forma del elemento conectivo 140 en un estado no montado varía de una forma del elemento conectivo 140 en un estado montado de modo que una altura máxima 148 (no montada) sea mayor que una altura máxima 150 (montado). Por lo tanto, el elemento conectivo 140 puede absorber y superar las tolerancias de altura entre la primera concha 120 y la segunda concha 122, lo que, a su vez, da lugar a conexiones de ajuste estrecho y, por tanto, a un menor uso de adhesivo y, en general, a conexiones más fuertes y rígidas.

10 **[0105]** Con la ayuda de la FIG. 4 se vuelve evidente el beneficio de la presente divulgación. Con el número de referencia 127 se representará un área de adhesivo que sería necesaria para proporcionar suficiente resistencia al borde de salida 116 si no estuviera dispuesto ningún elemento conectivo 140 entre la primera concha 120 y la segunda concha 122 en el área de borde de salida 118. Al proporcionar el elemento conectivo 140, una conexión de borde de salida 128 del borde de salida 116 puede tener un tamaño de conexión de borde de salida 129 reducido (FIG. 4, FIG. 5).

15 **[0106]** De acuerdo con ambos modos de realización (de la FIG. 3 a la FIG. 6), el respectivo elemento conectivo 140 solo está conectado a la primera concha 120 y a la segunda concha 122, exclusivamente, en una parte monolítica 130. Específicamente, la primera concha 120 en una localización de la primera conexión de concha 162 y de la segunda conexión de concha 164 no comprende ninguna estructura de tipo sándwich, sino que es parte de una parte monolítica 130. La segunda concha 122 en una posición de la conexión de elemento 166 —en particular, en la primera conexión de elemento 158 y la segunda conexión de elemento 160— es parte de una parte monolítica 130.

20 **[0107]** De acuerdo con el modo de realización de la FIG. 3 y de la FIG. 4, pero sin limitarse a él, una parte de estructura de tipo sándwich 132 se puede disponer en dirección a lo largo de la cuerda 106 entre la primera conexión de concha 162 y la segunda conexión de concha 164.

25 **[0108]** De forma alternativa o adicionalmente, un espesor 182 de la primera concha 120 en una localización de la primera conexión de concha 162, un espesor 184 en una localización de la primera concha 120 en una localización de la segunda conexión de concha 164, y/o un espesor 186 de la segunda concha 122 en una localización de la conexión de elemento 166 asciende a al menos 8 mm, en particular, a al menos 10 mm, preferentemente a al menos 12 mm y/o no supera los 22 mm, en particular, no supera los 20 mm, preferentemente no supera los 18 mm.

30 **[0109]** Esta descripción por escrito usa ejemplos para divulgar la invención, incluyendo el mejor modo, y también para posibilitar que cualquier experto en la técnica ponga en práctica la invención, incluyendo fabricar y usar cualquier dispositivo o sistema y realizar cualquier procedimiento incorporado. El alcance patentable de la invención está definido por las reivindicaciones adjuntas.

Números de referencia

45 **[0110]**

10	turbina eólica	100	pala de rotor
12	torre	101	longitud de pala
14	sistema de soporte	102	dirección longitudinal
16	góndola	103	punta de pala
18	rotor	104	longitud de cuerda
20	buje rotatorio	105	parte central
24	parte de raíz de pala	106	dirección a lo largo de la cuerda
26	regiones de transferencia de carga	108	dirección de perfil
28	dirección del viento	110	primera superficie aerodinámica
30	eje de rotación	112	segunda superficie aerodinámica
32	sistema de <i>pitch</i>	114	borde de ataque
34	ejes de <i>pitch</i>	116	borde de salida
36	controlador	118	área de borde de salida
38	eje de orientación	119	área central

ES 2 999 111 T3

40	procesador	120	primera concha
42	generador eléctrico	122	segunda concha
44	eje principal	124	primera tapa de larguero
46	caja de engranajes	125	segunda tapa de larguero
48	eje rápido	126	alma
50	acoplamiento	127	conexión de borde de salida evitada
52	bastidor principal	128	conexión de borde de salida
54	medios de soporte de desacoplamiento	129	tamaño de conexión de borde de salida
56	mecanismo de accionamiento de orientación	130	parte monolítica
58	mástil meteorológico	132	parte de estructura de tipo sándwich
60	rodamiento de soporte delantero	134	laminado de cara exterior
62	rodamiento de soporte posterior	136	laminado de cara interior
64	tren de potencia	138	material de núcleo
66	conjunto de <i>pitch</i>	140	elemento conectivo
68	sistema de accionamiento de <i>pitch</i>	141	longitud de elemento
70	sensor	142	primera parte de soporte de concha
72	rodamiento de <i>pitch</i>	144	segunda parte de soporte de concha
74	motor de accionamiento de <i>pitch</i>	146	parte de soporte de elemento
76	caja de engranajes de accionamiento de <i>pitch</i>	148	altura máxima (no montado)
78	piñón de accionamiento de <i>pitch</i>	150	altura máxima (montado)
80	sistema de control de <i>pitch</i>	152	primer brazo
84	generador de potencia	154	segundo brazo
86	cavidad	156	puente de elemento
88	superficie interior	158	primera conexión de elemento
90	superficie exterior	160	segunda conexión de elemento
		162	primera conexión de concha
		163	primer punto de conexión de concha
		164	segunda conexión de concha
		165	2.º punto de conexión de concha
		166	conexión de elemento
		168	distancia del borde de salida
		182	espesor
		184	espesor
		186	espesor

REIVINDICACIONES

1. Una pala de rotor (100), que comprende:
- 5 - una primera concha (120) y una segunda concha (122), que forman una primera superficie aerodinámica (110), una segunda superficie aerodinámica (112), un borde de salida (116) y un borde de ataque (114);
- 10 - al menos una estructura de soporte principal para incrementar la rigidez a la flexión de la pala de rotor (100), en la que la estructura de soporte principal está dispuesta en un área central (119) de la pala de rotor (100) y está conectada a la primera concha (120) y a la segunda concha (122);
- 15 - al menos un elemento conectivo (140) que tiene al menos una primera parte de soporte de concha (142), una segunda parte de soporte de concha (144) y una parte de soporte de elemento (146),
- en la que el elemento conectivo (140) está dispuesto entre la estructura de soporte principal y el borde de salida (116) de la pala de rotor (100),
- 20 - en la que la primera parte de soporte de concha (142) está conectada a la parte de soporte de elemento (146) por un primer brazo (152),
- en la que la segunda parte de soporte de concha (144) está conectada a la parte de soporte de elemento (146) por un segundo brazo (154),
- 25 - en la que el elemento conectivo (140) está dispuesto entre la primera concha (120) y la segunda concha (122)
- por una primera conexión de concha (162) entre la primera parte de soporte de concha (142) y la primera concha (120),
- 30 - por una segunda conexión de concha (164) entre la segunda parte de soporte de concha (144) y la primera concha (120), y
- 35 - por una conexión de elemento (166, 158, 160) entre la parte de soporte de elemento (146) y la segunda concha (122).
2. La pala de rotor (100) de acuerdo con la reivindicación 1,
- 40 - en la que el elemento conectivo (140) está dispuesto exclusivamente en un área de borde de salida (118) de la pala de rotor (100), y/o
- 45 - en la que el elemento conectivo (140) está dispuesto exclusivamente dentro de la pala de rotor (100) en dirección a lo largo de la cuerda (106) entre un 60 % y un 100 % de una longitud de cuerda (104) de la pala de rotor (100).
3. La pala de rotor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que el elemento conectivo (140) se extiende dentro de la pala de rotor (100) en la dirección longitudinal (102) en un área desde un 10 %, en particular, desde un 20 %, preferentemente desde un 25 %, de una longitud de pala (101) de la pala de rotor (100) hacia la punta de pala (103) y/o hasta un 98 %, en particular, hasta un 90 %, preferentemente hasta un 80 %, más preferentemente hasta un 70 % de una longitud de pala (101) de la pala de rotor (100).
- 50
4. La pala de rotor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que una longitud de elemento (141) del elemento conectivo (140) varía en dirección longitudinal (102) de modo que la longitud de elemento (141) y una longitud de cuerda (104) de la pala de rotor (100) estén al menos parcialmente correlacionadas positivamente.
- 55
5. La pala de rotor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que el elemento conectivo (140) se sitúa en dirección a lo largo de la cuerda (106) dentro de la pala de rotor (100) de modo que una distancia del borde de salida (168) entre el respectivo elemento conectivo (140) y el borde de salida (116) se determine de acuerdo con una posición longitudinal en dirección longitudinal (102) del respectivo elemento conectivo (140) y/o de acuerdo con una longitud de cuerda (104) de la pala de rotor (100).
- 60
6. La pala de rotor (100) de acuerdo con la reivindicación 5, en la que la distancia del borde de salida (168) varía en dirección longitudinal (102) de modo que la distancia del borde de salida (168) y una longitud de cuerda (104) de la pala de rotor (100) estén al menos parcialmente correlacionadas positivamente.
- 65

7. La pala de rotor (100) de acuerdo con la reivindicación 5 o 6, en la que el elemento conectivo (140) se sitúa en dirección a lo largo de la cuerda (106) dentro de la pala de rotor (100), de modo que
- 5 - si está dispuesto en un intervalo longitudinal entre un 10 % y un 50 % de una longitud de pala (101) de la pala de rotor (100), la distancia del borde de salida (168) entre el elemento conectivo (140) y el borde de salida (116) no supere un 25 % y/o no sea menor de un 15 % de una respectiva longitud de cuerda (106),
- 10 - si está dispuesto en un intervalo longitudinal entre un 50 % y un 70 % de una longitud de pala (101) de la pala de rotor (100), una distancia del borde de salida (168) entre el elemento conectivo (140) y el borde de salida (116) no supere un 20 % y/o no sea menor de un 10 % de una respectiva longitud de cuerda (106), y/o
- 15 - si está dispuesto en un intervalo longitudinal entre un 70 % y un 90% de una longitud de pala (101) de la pala de rotor (100), una distancia del borde de salida (168) entre el respectivo elemento conectivo (140) y el borde de salida (116) no supere un 15 % y/o no sea menor de un 5 % de una respectiva longitud de cuerda (106).
- 20 8. La pala de rotor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que el elemento conectivo (140) está configurado de modo que una altura máxima (148) del elemento conectivo (140) en un estado no montado del elemento conectivo (140) sea mayor que una altura máxima (150) del elemento conectivo (140) al montarse en su localización designada entre la primera concha (120) y la segunda concha (122).
- 25 9. La pala de rotor (100) de acuerdo con la reivindicación 8, en la que el elemento conectivo (140) tiene una estructura flexible, que está configurada para cancelar un momento de rotación a lo largo de un eje longitudinal del elemento conectivo (140) durante la fabricación de la pala de rotor (100), de modo que se evite un cambio de posición no deseado del elemento conectivo.
- 30 10. La pala de rotor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes,
- 35 - en la que la primera concha (120) y/o la segunda concha (122) comprende(n) al menos una parte de estructura de tipo sándwich que tiene un laminado de cara exterior (134), un laminado de cara interior (136) y un material de núcleo (138) encerrado por el laminado de cara exterior (134) y el laminado de cara interior (136), formando, de este modo, una parte de estructura de tipo sándwich (132), y al menos una parte monolítica (130) que tiene un laminado de cara exterior (134) y que no tiene ningún material de núcleo,
- 40 - en la que la primera conexión de concha (162), la segunda conexión de concha (164) y/o la conexión de elemento (166) se sitúa(n) en una parte monolítica (130), y, en particular, no en una parte de estructura de tipo sándwich.
- 45 11. La pala de rotor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes, en la que la parte de soporte de elemento (146) comprende un puente de elemento (156) que posibilita que la conexión de elemento (166) se realice como una primera conexión de elemento (158) y una segunda conexión de elemento (160), estando ambas conectadas por el puente de elemento (156).
- 50 12. Una turbina eólica (10) que comprende una torre (12), una góndola (16) montada de forma rotatoria en la torre (12), y un rotor (18) soportado de forma rotatoria por la góndola (16), en la que el rotor (18) comprende un buje (20) y al menos una pala de rotor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones precedentes.
- 55 13. Un procedimiento para fabricar una pala de rotor (100) de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 11, comprendiendo el procedimiento las etapas:
- 60 - situar la parte de soporte de elemento (146) en una superficie interior de la segunda concha (122); y
- conectar la primera concha (120) y la segunda concha (122), y, en particular,
- 65 - colocar adhesivo en una superficie de la primera parte de soporte de concha (142) y en una superficie de la segunda parte de soporte de concha (144), en el que se pretende que las respectivas superficies se unan a una superficie interior de la primera concha (120).
14. El procedimiento para fabricar una pala de rotor (100) de acuerdo con la reivindicación 13, en el que la etapa de situar la parte de soporte de elemento (146) comprende establecer firmemente la conexión de elemento (166) antes de conectar la primera concha (120) y la segunda concha (122).

Fig. 1

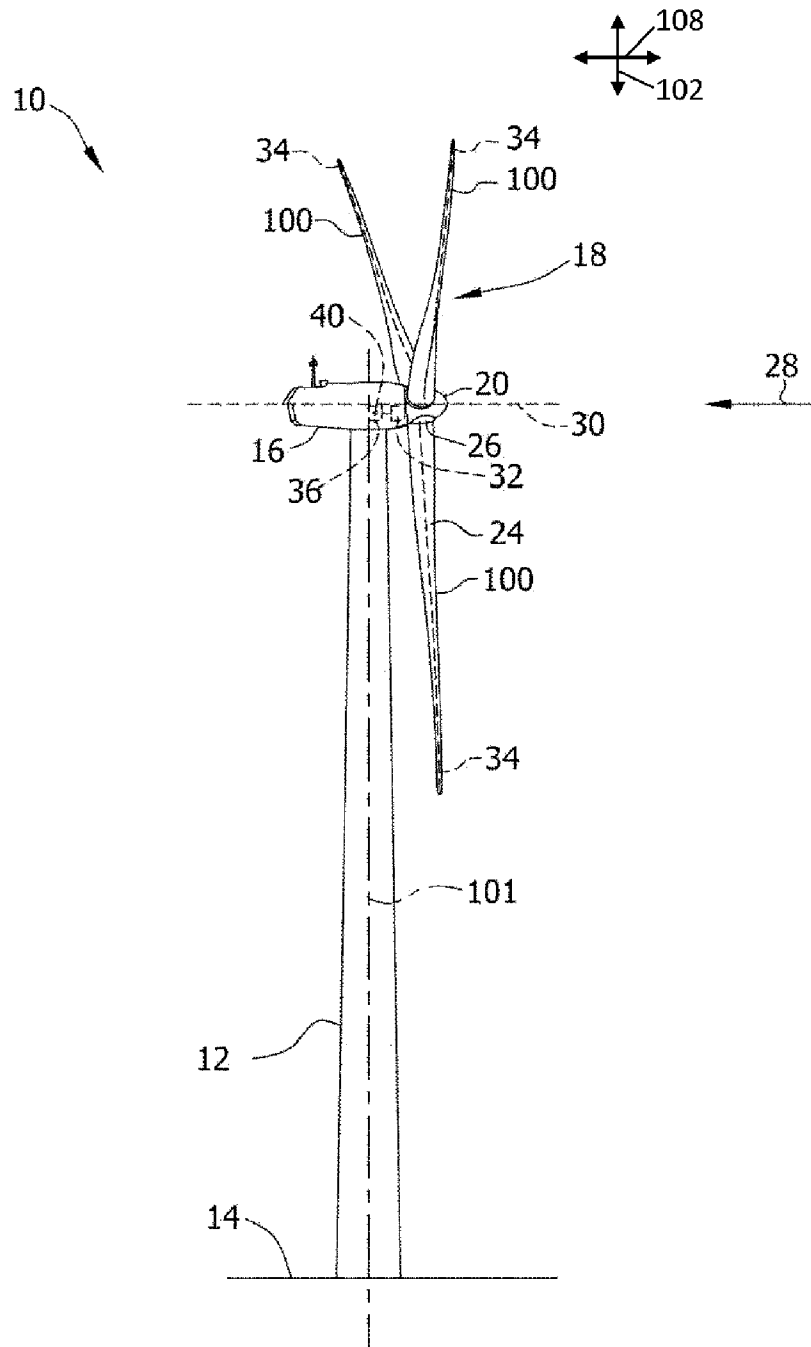
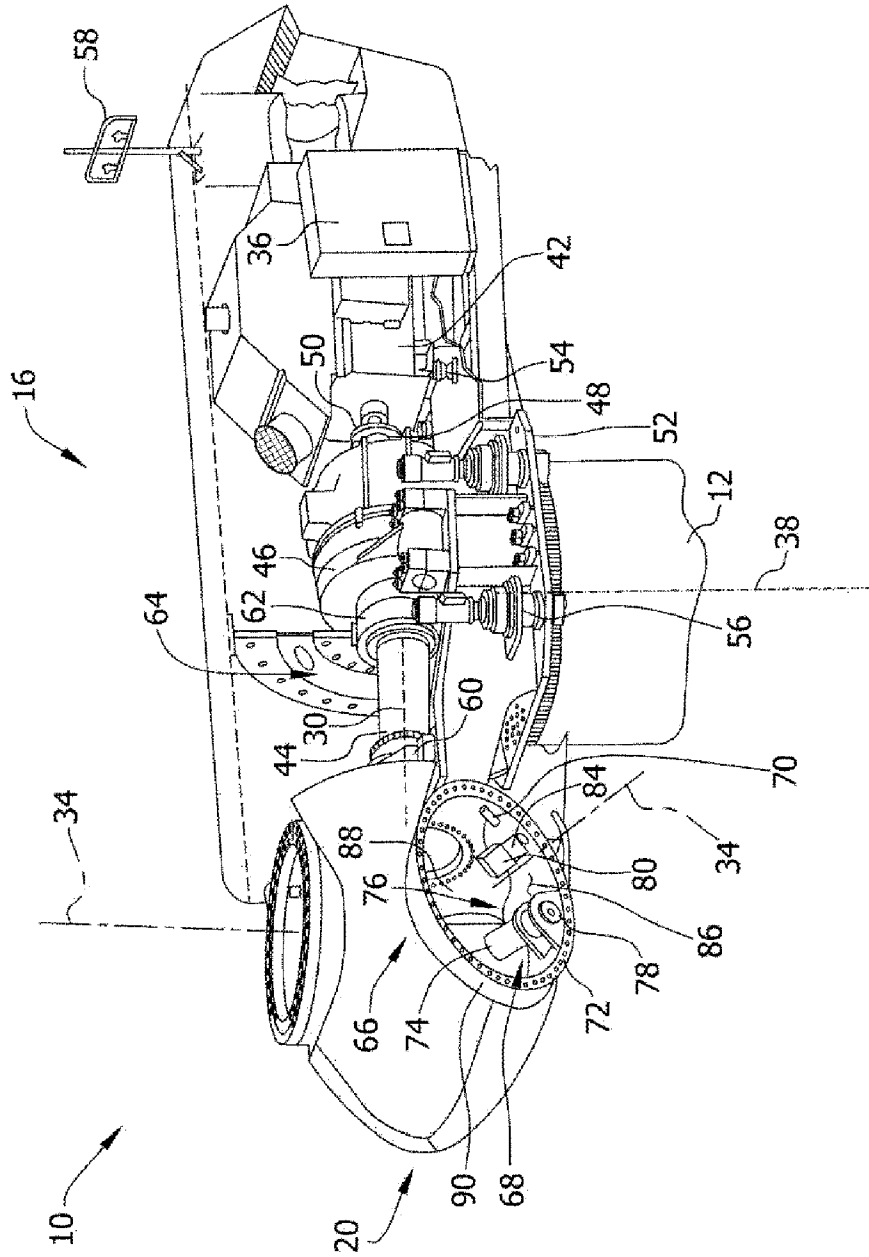


Fig. 2



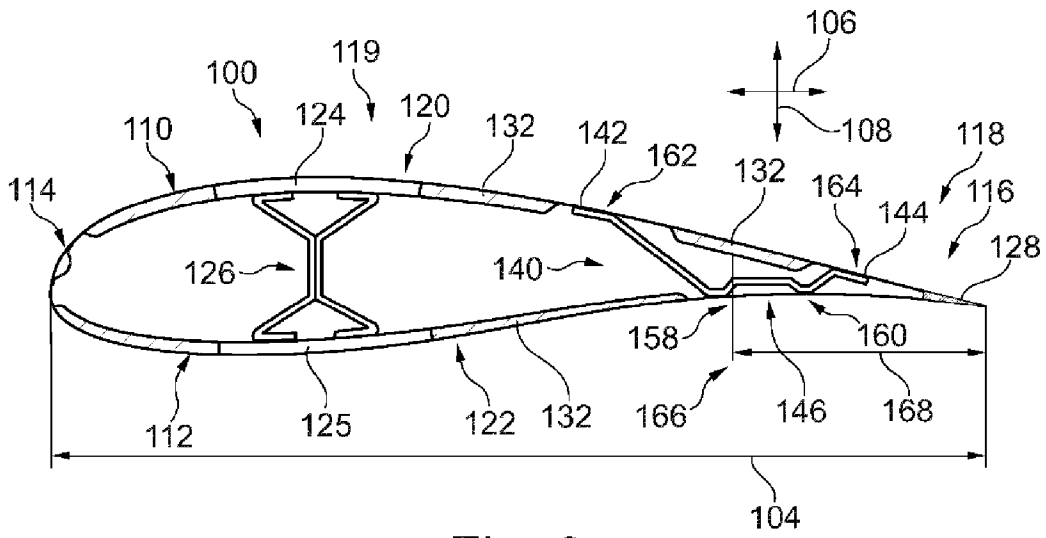


Fig. 3

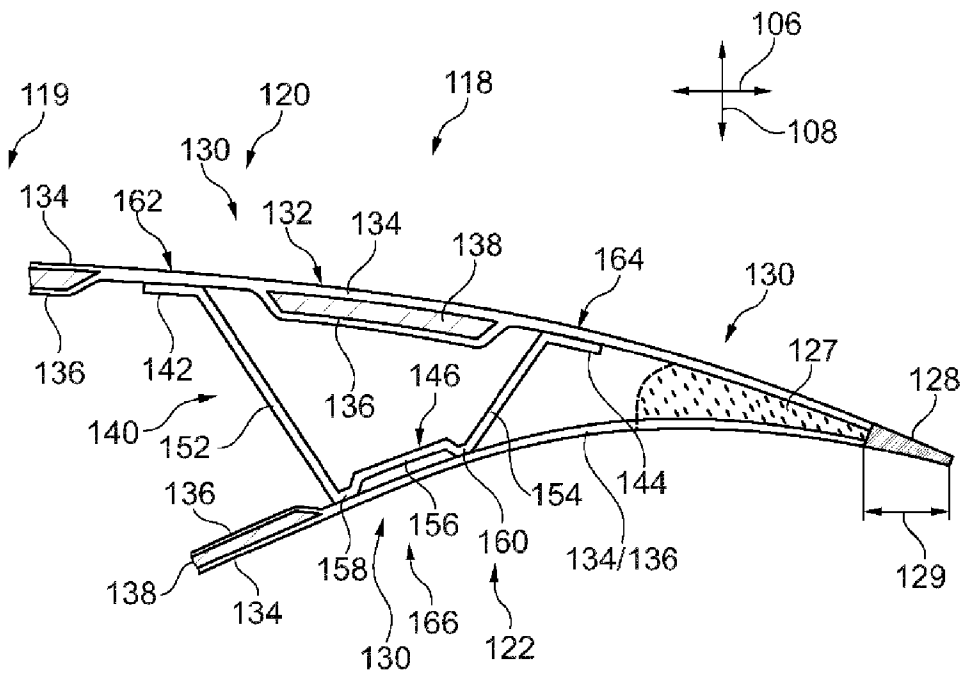


Fig. 4

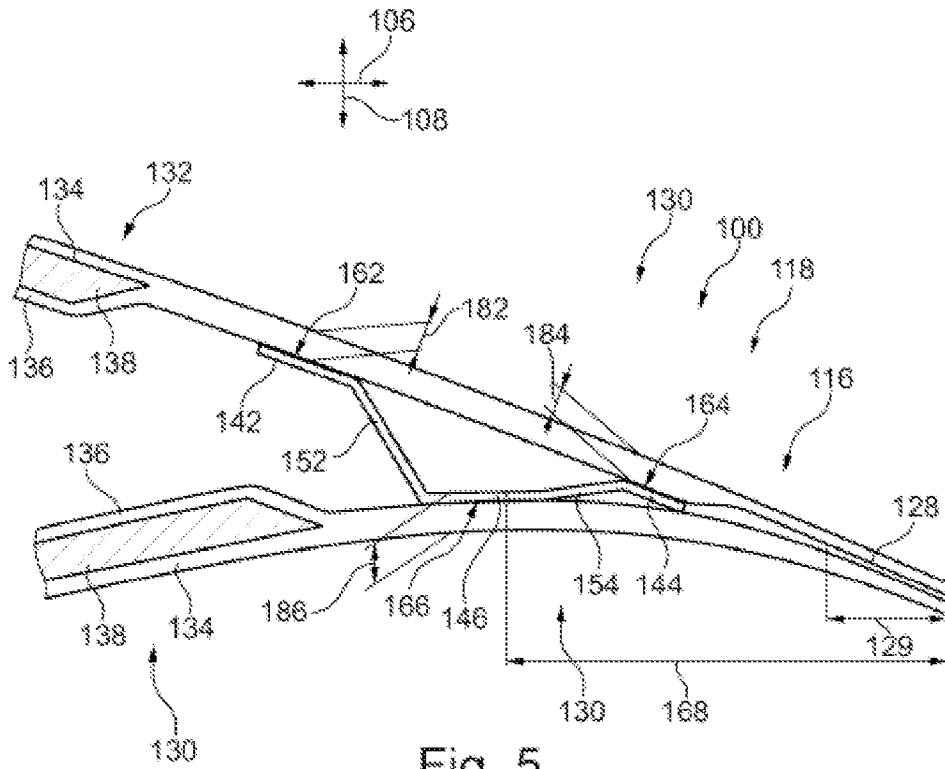


Fig. 5

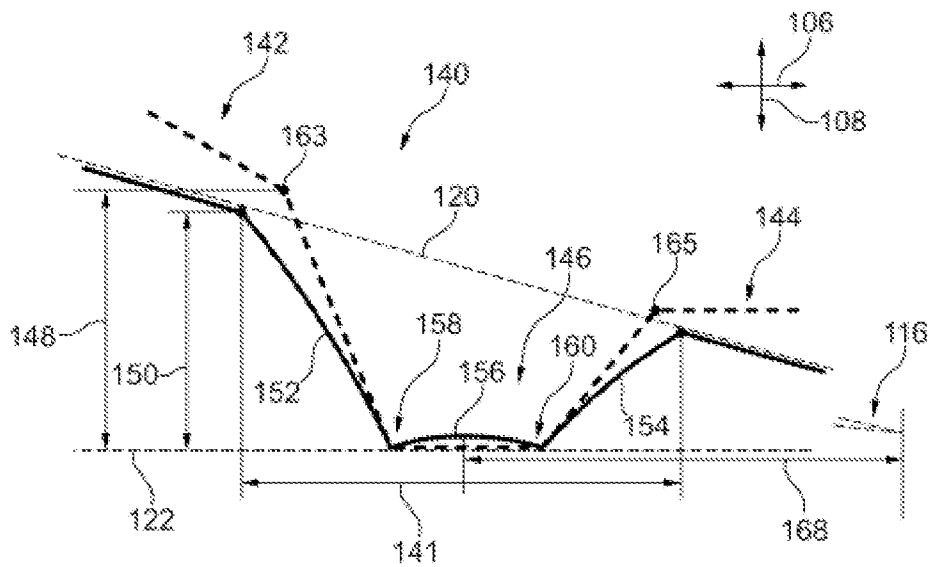


Fig. 6