

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 536 489**

51 Int. Cl.:

F03D 1/06

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.01.2011** **E 11152375 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **18.03.2015** **EP 2363599**

54 Título: **Pala de rotor para una central de energía eólica, central de energía eólica y procedimiento para fabricar una pala de rotor**

30 Prioridad:

26.02.2010 DE 102010002432

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

25.05.2015

73 Titular/es:

**SENVION SE (100.0%)
Überseering 10 (Oval Office)
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:

**BENDEL, URS y
EYB, ENNO**

74 Agente/Representante:

BOTELLA REYNA, Antonio

ES 2 536 489 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

Pala de rotor para una central de energía eólica, central de energía eólica y procedimiento para fabricar una pala de rotor

5

La invención se refiere a una pala de rotor para una central de energía eólica, que se extiende desde una raíz de la pala del rotor esencialmente hasta una punta de la pala del rotor, que incluye una cubierta en una o de varias partes, formada, al menos parcialmente por un material compuesto de fibras y al menos un larguero, dispuesto en la pala del rotor esencialmente en la dirección de una extensión longitudinal de la pala del rotor, en la que el larguero, de los
10 que al menos hay uno, presenta capas de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de una extensión longitudinal del larguero. La invención se refiere además a una central de energía eólica, así como a un procedimiento para fabricar una pala de rotor para una central de energía eólica

Usualmente se fabrican las palas del rotor para centrales de energía eólica en dos cubiertas, que son una cubierta
15 para el lado de aspiración de la pala del rotor y una cubierta para el lado de presión de la pala del rotor. Las semicubiertas se ensamblan y se pegan a continuación.

Las cubiertas de palas de rotor se basan usualmente, al menos en parte, en materiales compuestos de fibras. Para ello se utilizan en una posible forma constructiva varias capas de delgada napa de fibras. Éstas pueden insertarse
20 primeramente en seco en un molde y a continuación dotarse de una resina mediante una técnica de infusión de resina. Alternativamente pueden utilizarse los llamados "prepregs" (de "Pre-impregnated Fibers"), es decir, fibras preimpregnadas. Al respecto se trata de un semiacabado plano, en el que las fibras ya están embutidas en una capa de resina. Tras formar la cubierta a partir de prepregs, se somete la cubierta a una depresión y se calienta, con lo que la resina de las capas de prepregs se une para formar una masa de resina con unión de materiales.

25

Usualmente se utilizan para las cubiertas napas de fibras orientadas de manera distinta. La orientación de las fibras en las capas que se utilizan para estructurar la cubierta es usualmente de +/- 45°, es decir, en una parte +45° y en otra parte -45°. Tales napas de fibras se denominan también capas "2AX45".

30 Cuando en el marco de la presente invención se habla numéricamente de grados como 0° o 45°, entonces se incluye en cada caso tanto en la descripción del estado de la técnica como también en la descripción de la invención que existen tolerancias y desviaciones específicas de la fabricación respecto a una posición exacta de 0° o 45° dentro de unos pocos grados y que la invención las incluye. Son tolerancias de fabricación localmente usuales hasta 2° y hasta 5°.

35

Los materiales de compuesto de fibras presentan, debido a las fibras de vidrio, fibras de carbono o fibras de plástico allí embutidas, una elevada resistencia a la tracción en la dirección de la orientación de las fibras. La utilización de capas "2AX45" para la cubierta de una pala de rotor trae por lo tanto como consecuencia que la cubierta presente una resistencia relativamente baja frente a cargas en la dirección del impacto. Con ello la cubierta es flexible por
40 ejemplo frente a ráfagas de viento, con las que la pala del rotor se desvía del plano de la pala del rotor. Entonces se dobla la pala del rotor preferiblemente en una dirección perpendicular a un plano dispuesto entre el borde anterior y el borde posterior del perfil de la pala del rotor. En una sección del perfil de la pala del rotor se denomina este plano también "cuerda".

45 Para absorber estas fuerzas, presentan las cubiertas largueros, que discurren en una dirección longitudinal de la pala del rotor; ver por ejemplo el documento DE 10 2007 056 930. Éstos aportan en particular una resistencia a la flexión de la pala del rotor y constituyen, en combinación con nervios dispuestos y fijados igualmente en el interior de la pala del rotor, la estructura de soporte de la pala del rotor. Los largueros que absorben y transmiten estas fuerzas presentan napas de fibras, que tienen una orientación en la dirección 0°, es decir, en paralelo al eje longitudinal de la
50 pala del rotor.

Los largueros discurren en la pala del rotor usualmente como largueros principales en el lado interior de la cubierta en el lado de aspiración y en el lado de presión de la pala del rotor. Opcionalmente están previstos a menudo largueros adicionales en el borde anterior y dado el caso en el borde posterior de la pala de rotor, que igualmente
55 discurren en la dirección longitudinal de la pala del rotor. Estos largueros opcionales absorben fuerzas de flexión sobre la pala del rotor en el plano de la cuerda de la pala del rotor.

Un larguero principal en la pala del rotor de una central de energía eólica se forma usualmente bien según la técnica de infusión de resina o bien a partir de capas de prepreg, para lograr la rigidez longitudinal necesaria para la pala del

rotor. La rigidez longitudinal necesaria resulta de las cargas que actúan sobre la pala del rotor y por ejemplo los parámetros de la marcha libre de la torre, es decir, de la distancia entre la punta de la pala del rotor y la pared exterior de la torre. En función del tamaño de la pala del rotor se aloja un número distinto de capas. Así se utilizan por ejemplo en una pala de rotor de 50 m de longitud hasta 90 capas de refuerzos de fibras de vidrio.

5

Usualmente se utilizan al construir los largueros de palas de rotor capas individuales reforzadas con fibras, que presentan fibras de refuerzo o bien una napa de las correspondientes fibras, que presentan un espesor de capa de unos 0,7 milímetros, para un peso de la capa de fibras de aprox. 980 g/m² de tejido roving de fibra de vidrio. El laminado endurecido procedente de esta napa tiene, para un contenido en volumen de fibras de aprox. 50%, un módulo de elasticidad en dirección longitudinal de aprox. 39.000 N/mm². El laminado está formado entonces preferiblemente por resina epoxi. De esto resulta para un espesor de capa de 0,7 mm una rigidez longitudinal de aprox. 27.300 N/mm como producto del módulo de elasticidad con el espesor de la capa individual.

10

Alternativamente puede presentar el larguero principal también capas individuales reforzadas con fibra de carbono, por ejemplo con un espesor de 0,45 mm por cada capa individual para un peso por unidad de superficie de fibras de aprox. 500 g/m² de tejido roving de fibra de carbono y un módulo de elasticidad en dirección longitudinal en el laminado de aprox. 128.200 N/mm². La correspondiente capa tiene una resistencia de aprox. 57.690 N/mm. Aisladamente se emplean también capas más gruesas con un espesor de hasta 1,5 mm.

15

Los largueros principales y dado el caso los largueros en el borde anterior y en el borde posterior de una pala de rotor presentan usualmente en la zona de la raíz de la pala y dentro de la pala del rotor un grosor de 3 cm a 8 cm y una anchura de 5cm hasta 1m. Puesto que las fuerzas de flexión acumuladas a lo largo de la pala del rotor desde la punta de la pala del rotor hasta la raíz de la pala del rotor se derivan hacia el buje del rotor, el grosor del larguero hacia la raíz de la pala del rotor es constante. Hacia la punta de la pala del rotor desciende paulatinamente el grosor de los largueros al estrecharse el espacio disponible y debido a las menores fuerzas de flexión acumuladas.

20

La utilización de capas individuales reforzadas con fibra para fabricar largueros tiene la ventaja de que resulta una elevada solidez y resistencia a la tracción de la estructura de soporte, pero los largueros, en particular cuando están fabricados a partir de fibras de vidrio y/o tejidos roving de fibra de carbono, son muy caros.

30

Es por lo tanto el objetivo de la presente invención proporcionar una pala de rotor así como un procedimiento para su fabricación en los que se combine una fabricación rápida y económica con una resistencia estructural que al menos sea igual o que sobrepase la de las palas de rotor conocidas.

Este objetivo se cumple mediante una pala de rotor para una central de energía eólica que se extiende desde una raíz de la pala de rotor esencialmente hasta una punta de la pala de rotor, incluyendo una cubierta formada por una o varias partes, fabricada al menos parcialmente por un material compuesto de fibras y al menos un larguero, dispuesto en la pala de rotor esencialmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala del rotor, presentando el larguero, de los que al menos hay uno, capas de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal del larguero, tal que el grosor del larguero, de los que al menos hay uno, desciende en un segmento del lado de la pala hacia la raíz de la pala, cuya longitud es de al menos un 3% de la longitud total del larguero, presentando la cubierta al menos una capa de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala de rotor, extendiéndose la capa en al menos un segmento a lo largo de la extensión longitudinal de la pala del rotor desde un borde anterior perfilado hasta un borde posterior perfilado de la pala del rotor.

40

45

La invención se basa en la idea básica de que puede ahorrarse material y peso y acortarse el tiempo de fabricación de la pala del rotor, permaneciendo igual o aumentando la solidez y la resistencia a la tracción de la pala del rotor, cuando el larguero, de los que al menos hay uno, se estrecha claramente hacia el extremo del lado de la raíz de la pala antes de su extremo, es decir, se reduce su grosor. La menor resistencia a la tracción que así resulta para el larguero en el extremo del lado de la raíz de la pala se compensa alojando una capa de un material compuesto de fibras que presenta igualmente fibras orientadas en la dirección 0° y que se extiende por un segmento a lo largo de la dirección longitudinal de la pala de rotor por toda la extensión de la pala de rotor desde el borde anterior del perfil hasta el borde posterior del perfil.

50

55

Una tal posición se denomina también capa "full-chord UD", significando "full-chord" la cuerda completa, es decir, la línea entre el borde anterior y el borde posterior del perfil de la pala de rotor. Al respecto la abreviatura "UD" significa "unidireccional", es decir, una capa con fibras orientadas en paralelo entre sí en una dirección. Esta capa "full-chord" confiere a la cubierta una elevada resistencia en dirección longitudinal, que es suficiente para que el larguero pueda

estrecharse en el extremo de la raíz de la pala. Entonces no resulta la cubierta mucho más pesada. Para una longitud de la pala de 40 m, la zona en la que el larguero puede estrecharse hacia la raíz de la pala es de al menos aprox. 1,20 m o al menos un 3% de la longitud del larguero.

5 La capa "full-chord UD" tiene el efecto técnico adicional de que las fuerzas conducidas desde el larguero hasta el material de la cubierta se distribuyen por la cubierta en una gran superficie. Así estas cargas ya no inciden fuertemente localizadas sobre el delgado material de la cubierta, sino que se distribuyen por una gran superficie. Debido a ello puede dimensionarse dado el caso la cubierta algo más delgada que lo que era posible hasta ahora, al menos en la zona del larguero.

10

Preferiblemente es la longitud del segmento del lado de la raíz de la pala del larguero, de los que al menos hay uno, al menos un 10%, en particular al menos un 15%, en particular al menos un 20% de la longitud total del larguero. Esto puede significar para una pala de rotor con una longitud superior a 50 m una longitud del segmento superior a 10 m dentro de la cual desciende el grosor del larguero hacia la raíz de la pala. Esto significa en particular cuando se

15 utilizan materiales compuestos de fibra de carbono un gran ahorro en material y en costes, en particular cuando por el contrario la capa "full-chord UD" está fabricada por un material compuesto de fibra de vidrio.

Preferiblemente el segmento, de los que al menos hay uno, a lo largo de la extensión longitudinal de la pala de rotor en la que se extiende la capa de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala de rotor desde un borde anterior del perfil hasta un borde posterior del perfil de la pala del rotor, es de al menos un 10%, en particular de al menos un 30% de la longitud de la pala del rotor. Entonces se solapa preferiblemente la zona cubierta por la capa "full-chord UD" con la zona en la que se desciende el grosor del larguero.

20

25 Preferiblemente además ocupa el segmento, de los que al menos hay uno, a lo largo de la extensión longitudinal de la pala de rotor en la que se extiende la capa de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala del rotor desde un borde anterior del perfil hasta un borde posterior del perfil de la pala del rotor, al menos una zona del 15% al 30%, en particular al menos del 10% al 50%, en particular al menos del 8% al 80% de la longitud de la pala de rotor. Esto beneficia la estabilidad de

30

La invención se perfecciona ventajosamente cuando el larguero, de los que al menos hay uno, presenta una o varias capas envolventes, de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal del larguero, que cubre o cubren esencialmente por completo una cara superior y/o una

35

La reducción del espesor del larguero hacia la punta de la pala y hacia la raíz de la pala se genera en la forma constructiva de capas o estratos aplicándose las capas o estratos de diversas longitudes en posiciones consecutivas escalonadas a lo largo del eje longitudinal de la pala del rotor. Esto provoca una sucesión de escalones en la superficie inferior y/o superior del larguero. Estos escalones están en peligro debido a que para cargas fuertes puede soltarse el laminado en los escalones, con lo que las capas se deshilachan y se pone en peligro la integridad del larguero. Una capa envolvente cubre estos escalones y los une en integración de material, lo que impide que se arranquen o deslaminen capas individuales en sus extremos.

45

Una forma de ejecución ventajosa de la invención consiste en que la cubierta o una parte de la cubierta de la pala del rotor presente un núcleo que disponga de una escotadura que se extienda en la dirección de la extensión longitudinal de la pala del rotor, en la que está dispuesto el larguero, de los que al menos hay uno. Un tal núcleo está compuesto usualmente por madera de balsa o de un material esponjoso.

50

En el perfeccionamiento correspondiente a la invención está embutido el larguero correspondiente a la invención en la escotadura del material del núcleo y con ello embutido en la propia cubierta. En este caso es ventajoso que el núcleo y el larguero, de los que al menos hay uno, estén unidos con la capa, de las que al menos hay una, del material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala del rotor, que se extiende al menos por segmentos desde el borde anterior del perfil hasta el borde posterior del perfil de la pala del rotor. Con ello queda cubierto el núcleo directamente por la capa full-chord UD correspondiente a la invención. Las cargas que absorbe el larguero se introducen así directamente en la capa full-chord UD y sobre ésta se distribuyen por la pala del rotor. De esta manera se evitan cargas puntuales del material de la cubierta.

55

De manera particularmente preferente está embutido el núcleo por ambos lados con el larguero, de los que al menos hay uno, dispuesto en su escotadura en la cubierta formada por una o varias partes. En esta forma de ejecución resulta una forma constructiva de sandwich, en la que exteriormente e interiormente se usa en la cubierta un material compuesto de fibras con por ejemplo capas "2AX45", entre las cuales está dispuesto el núcleo con el larguero allí alojado.

Adicionalmente a ello o alternativamente a ello está previsto en una configuración ventajosa de la invención que el larguero, de los que al menos hay uno, esté dispuesto en un lado interior de la cubierta formada por una o varias partes. Al respecto se entiende en el marco de la presente invención bajo lado interior aquel lado de la cubierta que en la pala de rotor ya fabricada es la parte interior y que usualmente presenta un abombamiento cóncavo. Esta forma de diseño puede fabricarse más sencilla y rápidamente, al menos cuando no existe ningún núcleo y ningún larguero en el interior de la cubierta, ya que la cubierta puede ya terminarse de fabricar antes de que el larguero terminado de fabricar o capa por capa se monte en la cara interior de la cubierta.

También en este caso es ventajoso que el larguero, de los que al menos hay uno, esté unido con la capa del material compuesto de fibras, de las que al menos hay una, con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala del rotor, que se extiende al menos por segmentos desde el borde anterior del perfil hasta el borde posterior del perfil de la pala del rotor. También en este caso se conducen las cargas puntuales que ejerce el larguero sobre el material de la cubierta en una amplia superficie por el material de la cubierta, evitándose o reduciéndose así cargas puntuales perjudiciales en la cubierta.

El objetivo básico de la invención se logra además mediante una central de energía eólica con una pala de rotor correspondiente a la invención antes descrita.

El objetivo básico de la invención se logra finalmente también mediante un procedimiento para fabricar una pala de rotor para una central de energía eólica que se extiende desde una raíz de la pala del rotor esencialmente hasta una punta de la pala del rotor, fabricándose una cubierta formada por una o varias partes, al menos en parte, de un material compuesto de fibras y estando fabricado al menos un larguero, dispuesto en la pala del rotor esencialmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala de rotor, por capas de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal del larguero y ensamblándose con la cubierta compuesta por una o varias partes, que está perfeccionada tal que el grosor del larguero, de los que al menos hay uno, se reduce en un segmento del lado de la raíz de la pala en dirección hacia la raíz de la pala, cuya longitud es de al menos un 3% de la longitud total de la pala, dotándose la cubierta de al menos una capa de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala del rotor, extendiéndose la capa en al menos un segmento a lo largo de la extensión longitudinal de la pala del rotor desde un borde anterior del perfil hasta un borde posterior del perfil de la pala del rotor. Mediante este procedimiento correspondiente a la invención puede fabricarse la pala de rotor correspondiente a la invención antes descrita, que presenta las propiedades y ventajas ya citadas.

Al respecto incluye en el marco de la presente invención la característica del ensamblaje del larguero con la cubierta tanto la fabricación separada de larguero y cubierta con subsiguiente colocación o introducción del larguero en la cubierta como también el montaje del larguero en la cubierta aún no terminada de fabricar.

Otras ventajosas etapas del procedimiento conducen a las otras configuraciones antes descritas de la pala de rotor correspondiente a la invención. Esto se refiere en particular a las etapas adicionales y/o alternativas de fabricar una cubierta con un núcleo, practicar en este núcleo una escotadura que se extiende longitudinalmente y alojar en esta escotadura un larguero y unirlo con el núcleo.

Otro perfeccionamiento ventajoso experimenta el procedimiento correspondiente a la invención cuando un larguero está dotado de una capa envolvente en su lado inferior y/o en su lado superior.

Preferiblemente se fija un larguero a un lado interior de una cubierta o de una parte de la cubierta. Igualmente de forma ventajosa se une con el larguero la capa "full-chord UD", de las que al menos hay una, es decir, la capa, de las que al menos hay una, de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala de rotor, que se extiende por al menos un segmento a lo largo de la extensión longitudinal de la pala de rotor desde un borde anterior del perfil hasta un borde posterior del perfil de la pala del rotor.

Todas las características y ventajas que se han citado en relación con uno de los objetos de la invención son válidas de la misma manera también para los otros objetos de la invención, es decir, para la pala de rotor correspondiente a la invención, la central de energía eólica correspondiente a la invención y el procedimiento correspondiente a la invención para fabricar la pala de rotor correspondiente a la invención.

5

La invención se describirá a continuación sin limitar la idea básica general de la invención en base a ejemplos de ejecución con referencia a los dibujos, remitiéndonos en cuanto a todas las particularidades correspondientes a la invención no descritas más en detalle expresamente a los dibujos.

10 Se muestra en:

figura 1) una representación esquemática de una pala de rotor,

15 figura 2) una representación esquemática en sección a través de una parte de una pala de rotor correspondiente a la invención,

figura 3) una representación esquemática en sección a través de una parte de otra pala de rotor correspondiente a la invención,

20 figura 4a) una vista en planta esquemática sobre una pala de rotor correspondiente a la invención con un larguero correspondiente a la invención,

figura 4b) una representación esquemática de las capas del larguero de la figura 4a),

25 figura 4c) una representación esquemática de una vista en planta sobre el extremo del lado de la raíz del larguero de las figuras 4a) y 4b),

figura 5a) una vista en planta esquemática sobre otra pala de rotor correspondiente a la invención con un larguero correspondiente a la invención,

30

figura 5b) una representación esquemática de las capas del larguero según la figura 5a),

figura 5c) una representación esquemática de una vista en planta sobre el extremo del larguero del lado de la raíz según las figuras 5a) y 5b),

35

figura 6a) una vista en planta esquemática sobre otra pala de rotor correspondiente a la invención con un larguero correspondiente a la invención,

40 figura 6b) una representación esquemática en sección de un perfil de la pala de rotor según la figura 6a) y

figura 6c) una representación esquemática de las capas del larguero según la figura 6a).

45 En las siguientes figuras se han dotado en cada caso los mismos elementos o elementos similares y/o las correspondientes partes de los mismos números de referencia, con lo que renunciamos a la correspondiente descripción repetida.

La figura 1 muestra esquemáticamente una pala de rotor 1 correspondiente a la invención que presenta una extensión longitudinal desde una raíz de la pala del rotor 2 hasta una punta de la pala del rotor 3. En la pala del rotor 1 se representan perfiles en sección 4, 4', 4" que son activos aerodinámicamente y que presentan un lado de aspiración 7 así como un lado de presión 8. Los perfiles de sección aerodinámicos 4, 4', 4" presentan además un borde anterior del perfil 5 y un borde posterior del perfil 6. El borde anterior del perfil 5 se denomina también "apéndice" del perfil.

55 La figura 1 muestra además un larguero 9, que se extiende a lo largo de la extensión longitudinal de la pala de rotor 1. El larguero 9 termina antes de la punta 3 y antes de la raíz de la pala 2 del rotor 1. En la figura 1 puede observarse que el larguero se adapta al curvado de la pala del rotor 1 y no es completamente recto. Las desviaciones respecto a la recta no se representan en la figura 1 a escala, sino exageradas, para mayor visibilidad. Esencialmente sigue el larguero 9 localmente en cada caso la extensión longitudinal de la pala de rotor 1. En la vista en planta no se representa la torsión adicional alrededor del eje longitudinal.

En la figura 2 se representa esquemáticamente un detalle de una pala de rotor 1 correspondiente a la invención en sección. Se trata de una sección a lo largo de una cubierta o de una semicubierta de una pala de rotor 1, compuesta por una parte de cubierta exterior 10 de un material compuesto de fibras con capas "2AX45", es decir, capas de 5 compuestos de fibras cuyas fibras están dispuestas en dos direcciones principales con +45° y -45° respecto al eje longitudinal de la pala de rotor 1. En el lado interior existe otra capa adicional y/u otra parte de cubierta 14, del correspondiente material compuesto de fibras con capas "2AX45".

Las partes de cubierta 10 y 14 alojan un núcleo 11 de madera de balsa o de un material esponjoso, que presenta 10 una escotadura 12, que discurre a lo largo de la dirección longitudinal de la pala de rotor 1 que se extiende en el plano de la pala. En la escotadura 12 se aloja el larguero 9 correspondiente a la invención. La forma del larguero 9 y la de la escotadura 12 están adaptadas entre sí.

En la fabricación de la pala del rotor 1 según la figura 2 está unido el larguero 9 en una gran superficie con el núcleo 15 11 y/o con las paredes laterales y el fondo de la escotadura 12 del núcleo 11. Entre el núcleo 11 y el larguero 9 por un lado y la parte de cubierta 14 por otro lado se encuentra en este ejemplo de ejecución una capa 13 con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección del eje longitudinal de la pala de rotor 1, una llamada capa "full-chord-UD". Ésta está unida en una gran superficie con el núcleo 11, la parte de cubierta 14 y el larguero 9. Puesto 20 que las fibras de la capa 13 están orientadas en paralelo a las fibras del larguero 9, se conducen las cargas de flexión absorbidas por el larguero 9 también hasta la capa 13 y se distribuyen así sobre una gran superficie entre el borde anterior y el borde posterior del perfil. Así se presentan menos cargas puntuales y mejora la integridad estructural de la pala del rotor 1.

En la figura 3 se representa esquemáticamente en sección una forma de realización alternativa. Una parte de 25 cubierta exterior 10' de un material compuesto de fibras, constituida por capas de napa "2AX45", está unida hacia el interior directamente con una capa 13 con fibras orientadas en la dirección del eje longitudinal de la pala de rotor 1. Sobre la misma está dispuesto por un lado un larguero 9 y está unido con la capa "full-chord UD" 13. En este ejemplo de ejecución está prevista otra capa "full-chord UD" 13 con fibras orientadas en la dirección longitudinal de la pala del rotor 1, que abarca tanto la primera capa 13 como también el larguero 9.

También con la variante mostrada en la figura 3 se distribuyen las fuerzas absorbidas por el larguero 9 de manera 30 más uniforme que hasta ahora por toda la anchura del larguero y/o de la parte de cubierta 10'. En particular se reducen así fuerzas de cizalla entre los diversos materiales, que en caso contrario podrían originar la rotura o que se soltase el larguero del material de la cubierta.

En la figura 4 se representan esquemáticamente diversos aspectos de una pala de rotor 1 correspondiente a la 35 invención. El ejemplo representado en las figuras 4a) a 4c) corresponde a una pala de rotor con una longitud de aprox. 40 m.

La figura 4a) muestra una vista en planta esquemática sobre una pala de rotor 1 correspondiente a la invención, 40 cuyo eje longitudinal está señalado con la referencia 15. Sobre el eje longitudinal 15, que discurre a través de la raíz de la pala 2 y de la punta de la pala 3, está dispuesto un larguero 9, que termina antes de la punta de la pala 3 y antes de la raíz de la pala 2. En el extremo del lado de la punta de la pala se representan con rayas transversales los extremos de las distintas capas apiladas una sobre otra del larguero 9. En el extremo del lado de la raíz de la 45 pala se reduce el grosor del larguero 9, realizándose esto no obstante con una secuencia más corta y densa de extremos de capa en una rampa 22, que por lo tanto aparece oscura en la figura 4a). La rampa 22 corresponde a un segmento que presenta en la dirección longitudinal de la pala del rotor 1 una longitud de aprox. 1,20 m.

La pala del rotor 1 presenta además una capa "full-chord-UD" 13, que se extiende a lo largo de toda la pala del rotor 50 1 desde el borde anterior 5 hasta el borde posterior 6.

En la figura 4b) se representa esquemáticamente una secuencia de capas correspondiente a las capas 20 del larguero 9 de la pala de rotor 1 según la figura 4a). Las distintas capas se representan en cada caso en función de su longitud, es decir, el punto inicial y el punto final a lo largo de la longitud de la pala del rotor 1. No se representan 55 todas las curvas, torsiones, etc. Se trata así de un simple plan de técnica de tendido.

En la figura 4b) puede verse claramente que en el extremo del lado de la raíz las capas 20 se tienden escalonadamente una sobre otra, con lo que resulta una rampa 22. En el extremo del lado de la punta de la pala desciende de nuevo el grosor del larguero 9 debido a los extremos de capa escalonados, realizándose no obstante

la reducción del espesor a lo largo de un segmento más largo. Se representan además dos capas envolventes 21, 21', que tras confeccionar el larguero se tienden con las capas 20 por toda la longitud del larguero 9, para recubrir los escalones que resultan al estar escalonadas las capas y proteger a éstas frente a un deslaminado.

5 El dibujo de la figura 4b) no está realizado a escala. La longitud de las capas más largas es de aprox. 37 m, mientras que el grosor del larguero 9 es en total de aprox. 3 cm a 5 cm.

En la figura 4c) se representa un detalle de la figura 4a) recortado. Se trata del extremo del larguero 9 del lado de la pala correspondiente a la raíz, que se representa esquemáticamente en vista en planta. Pueden observarse
10 claramente los extremos de capa consecutivos, representados mediante líneas y que en la figura 4a) estaban fundidos en un bloque oscuro.

La longitud del segmento en el que se forma la rampa 22, que está centrado sobre el eje longitudinal 15, es de aprox. 1,20 m. La anchura del larguero 9 es de aprox. 50 cm. Hacia el extremo de la rampa 22 están desplazadas
15 las transiciones del sandwich 23, 23' en una anchura de 15 cm a 20 cm, compuestas por madera de balsa o un material similar ligero, pero estable y que forman una transición desde el larguero 9 hasta la parte de la cubierta que se encuentra debajo.

En la figura 5 se representa otro ejemplo de una pala de rotor 1 correspondiente a la invención con un larguero 9'. La
20 pala de rotor 1 presenta una longitud de aprox. 46 m.

Tal como puede observarse en la figura 5a), presenta el larguero 9' una rampa 32 en la zona de la raíz de la pala 2, que se extiende por una zona mayor que en el ejemplo de ejecución de la figura 4a). Si se utilizaron en el ejemplo de realización de la figura 4a) unas 40 capas para fabricar el larguero 9, entonces se tendrían en el ejemplo de
25 ejecución de la figura 5 una 54 capas.

La rampa 32 se extiende por una zona de unos 8 m. La reducción del grosor del larguero 9' hacia la punta de la pala 3, que en la figura 5a) puede verse mediante barras transversales y que en la figura 5b) puede verse claramente en
30 vista lateral, comienza poco después de alcanzarse el máximo grosor a unos 11 m de la longitud de la pala del rotor y se extiende por el resto de la longitud del larguero 9'. El larguero 9' tiene una anchura de aprox. 50 cm.

En la figura 5b) se han dibujado igualmente las capas 30 del larguero 9'. En su lado superior y en su lado inferior está dotado el larguero 9' de respectivas capas envolventes 31, 31', que envuelven el lado superior y/o el lado inferior y que abarcan toda la longitud del larguero 9'.
35

Tal como puede observarse en la figura 5c), se ha dibujado el eje longitudinal 15 dentro de una gama de tolerancia de 5 mm. Al larguero 9' le siguen en dirección hacia la cubierta transiciones en sandwich o bordes de balsa 33, 33'.

Tal como puede verse en la figura 5a) y también ya en la figura 4a), llega el borde del sandwich y dado el caso
40 también el larguero 9 en dirección hacia la punta de la pala 3 muy próximo al borde anterior 5 y/o el borde posterior 6 del perfil de la pala del rotor. En estos lugares se ha reducido el larguero 9, 9' y/o las transiciones en sandwich 23, 23' y 33, 33' respectivamente en su longitud y/o anchura.

En la figura 6 se representa un tercer ejemplo de ejecución de una pala de rotor 1 correspondiente a la invención,
45 habiéndose representado en la figura 6a) de nuevo una vista en planta sobre la pala de rotor 1 y en la figura 6c) una vista lateral del plano de capas de un larguero 9" de la pala de rotor 1 de la figura 6a). En la figura 6b) se representa una sección del perfil de la pala de rotor a lo largo de la línea de corte A-A de la figura 6a).

La pala de rotor 1 representada en la figura 6a) es una pala de rotor que tiene una longitud de aprox. 50 m. El
50 larguero presenta una longitud de aprox. 46 m con más de 70 capas de un material compuesto de fibras unidireccionales. El grosor del larguero es en su punto más grueso de aprox. 5 cm hasta aprox. 8 cm. El larguero de la figura 6 tiene una anchura de aprox. 60 cm y está dotado, tal como se representa en la figura 6a), de un borde de balsa, que tiene una anchura en ambos lados de 15 cm a 20 cm.

55 Una rampa 42, que puede verse en la figura 6c) tiene una longitud de segmento de aprox. 10 m y/o superior a un 20% de la longitud total del larguero. El larguero 9" está cubierto por dos capas envolventes 41, 41', que cubren los extremos escalonados de las distintas capas 40 y que impiden un deslaminado. Las capas envolventes 41, 41' están realizadas en doble capa en la zona más fuertemente cargada.

En la figura 6b) se representa un perfil de sección 44 de la pala del rotor 1 según la figura 6a) a lo largo de una línea de corte A-A. Se representa un perfil de sección 44 con una delgada cubierta, que se extiende entre un borde anterior 45 y un borde posterior 46 y que presenta un lado de aspiración 47 y un lado de presión 48. Igualmente se representa que en el lado de aspiración 47 y en el lado de presión 48 están dispuestos respectivos largueros 9", que están unidos superficialmente con la cubierta en el correspondiente lugar.

La cubierta presenta en el lado de aspiración 47 y en el lado de presión 48 según la invención respectivas capas "full-chord-UD" 13, que se extienden, al menos por segmentos, desde el borde anterior 45 hasta el borde posterior 46. Una tal capa "full-chord-UD" 13 está prevista en el lado de aspiración 47 y/o el lado de presión 48.

10 Todas las citadas características, también las que han de tomarse por sí solas de los dibujos, así como otras características individuales que se dan a conocer en combinación con otras características, se consideran esenciales para la invención individualmente y en combinación. Las formas de ejecución correspondientes a la invención pueden estar realizadas mediante características individuales o mediante una combinación de varias
15 características.

Lista de referencias

- 1. pala de rotor
- 20 2. raíz de la pala de rotor
- 3. punta de la pala de rotor
- 25 4, 4', 4". perfil en sección
- 5. borde anterior del perfil
- 6. borde posterior del perfil
- 30 7. lado de aspiración
- 8. lado de presión
- 35 9-9". larguero
- 10, 10'. parte de cubierta
- 11. núcleo
- 40 12. escotadura
- 13, 13'. capa unidireccional
- 45 14. parte de cubierta
- 15. eje longitudinal
- 20. capas del larguero
- 50 21, 21'. capas de envolvente
- 22. rampa
- 55 23, 23'. transición del sándwich
- 30. capas del larguero
- 31, 31'. capas de envolvente

- 32. rampa
- 40. capas del larguero
- 5 41, 41'. capas de envolvente
- 42. rampa
- 10 44. perfil de sección
- 45. borde anterior
- 46. borde posterior
- 15 47. lado de aspiración
- 48. lado de presión

REIVINDICACIONES

1. Pala de rotor (1) para una central de energía eólica, que se extiende desde una raíz de la pala del rotor (2) esencialmente hacia una punta de la pala del rotor (3), que incluye una cubierta formada por una o de varias partes (10, 10', 14), fabricada por un material compuesto de fibras y al menos un larguero (9-9''), dispuesto en la pala del rotor (1) esencialmente en la dirección de una extensión longitudinal de la pala del rotor (1), en la que el larguero (9-9''), de los que al menos hay uno, presenta capas de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de una extensión longitudinal del larguero (9-9''), **caracterizada porque** el grosor del larguero (9-9''), de los que al menos hay uno, desciende en un segmento del lado de la raíz de la pala hacia la raíz de la pala (2), cuya longitud es de al menos un 3% de la longitud total del larguero (9-9''), presentando la cubierta (10, 10', 14) al menos una capa (13, 13') de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala de rotor (1), extendiéndose la capa (13, 13') en al menos un segmento a lo largo de la extensión longitudinal de la pala de rotor (1) desde un borde anterior del perfil (5, 45) hasta un borde posterior del perfil (6, 46) de la pala de rotor (1).
2. Pala de rotor (1) según la reivindicación 1, **caracterizada porque** la longitud del segmento del lado de la raíz de la pala del larguero (9-9''), de los que al menos hay uno, es de al menos un 10%, en particular de al menos un 15%, en particular de al menos un 20% de la longitud total del larguero (9-9'').
3. Pala de rotor (1) según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizada porque** el segmento, de los que al menos hay uno, a lo largo de la extensión longitudinal de la pala de rotor (1) en la que se extiende la capa (13, 13') de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala de rotor (1) desde un borde anterior del perfil (5, 45) hasta un borde posterior del perfil (6, 46) de la pala del rotor (1), es de al menos un 10%, en particular de al menos un 30% de la longitud de la pala de rotor (1).
4. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizada porque** el segmento, de los que al menos hay uno, se extiende a lo largo de la extensión longitudinal de la pala de rotor (1) en la que la capa (13, 13') de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal la pala del rotor (1) desde un borde anterior del perfil (5, 45) hasta un borde posterior del perfil (6, 46) de la pala del rotor (1), abarca al menos una zona del 15% al 30%, en particular al menos del 10% al 50%, en particular al menos del 8% al 80% de la longitud de la pala de rotor (1).
5. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizada porque** el larguero (9-9''), de los que al menos hay uno, presenta una o varias capas envolventes (21, 21', 31, 31', 41, 41') de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal del larguero (9-9''), que cubre o cubren esencialmente por completo una cara superior y/o una cara inferior del larguero (9-9'').
6. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizada porque** la cubierta (10, 10', 14) o una parte de la cubierta de la pala del rotor presenta un núcleo (11) que presenta una escotadura (12) extendida en la dirección de la extensión longitudinal de la pala de rotor, en la que está dispuesto el larguero (9-9''), de los que al menos hay uno.
7. Pala de rotor (1) según la reivindicación 6, **caracterizada porque** el núcleo (11) y el larguero (9-9''), de los que al menos hay uno, están unidos con la capa (13, 13'), de las que al menos hay una, del material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala del rotor (1), que se extiende al menos por segmentos desde el borde anterior del perfil (5, 45) hasta el borde posterior del perfil (6, 46) de la pala del rotor (1).
8. Pala de rotor (1) según la reivindicación 6 ó 7, **caracterizada porque** el núcleo (11) con el larguero (9-9''), de los que al menos hay uno, dispuesto en su escotadura (12), está embutido por ambos lados en la cubierta (10, 14) formada por una o varias partes.
9. Pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizada porque** el larguero (9-9''), de los que al menos hay uno, está dispuesto en un lado interior de la cubierta (10, 10', 14) formada por una o varias partes.
10. Pala de rotor (1) según la reivindicación 9, **caracterizada porque** el larguero (9-9''), de los que al

menos hay uno, está unido con la capa (13, 13') del material compuesto de fibras, de las que al menos hay una, con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala del rotor (1), que se extiende al menos por segmentos desde el borde anterior del perfil (5, 45) hasta el borde posterior del perfil (6, 46) de la pala del rotor (1).

5

11. Central de energía eólica con al menos una pala de rotor (1) según una de las reivindicaciones 1 a 10.

12. Procedimiento para fabricar una pala de rotor (1) para una central de energía eólica, que se extiende desde una raíz de la pala del rotor (2) esencialmente hasta una punta de la pala del rotor (3), fabricándose una

10

cubierta (10, 10', 14) formada por una o varias partes, al menos en parte, por un material compuesto de fibras y estando fabricado al menos un larguero (9-9''), dispuesto en la pala del rotor (1) esencialmente en la dirección de extensión longitudinal de la pala de rotor (1), por capas de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal del larguero (9-9'') y ensamblándose con la cubierta (10, 10', 14) compuesto por una o varias partes **caracterizado porque** el grosor del larguero (9-9''), de los que al

15

menos hay uno, se reduce en un segmento del lado de la raíz de la pala en dirección hacia la raíz de la pala (2), cuya longitud es de al menos un 3% de la longitud total del larguero (9-9''), dotándose la cubierta (10, 10', 14) de al menos una capa (13, 13') de un material compuesto de fibras con fibras orientadas unidireccionalmente en la dirección de la extensión longitudinal de la pala del rotor (1), extendiéndose la capa (13, 13') en al menos un segmento a lo largo de la extensión longitudinal de la pala del rotor (1) desde un borde anterior del perfil (5, 45)

20

hasta un borde posterior del perfil (6, 46) de la pala del rotor (1)

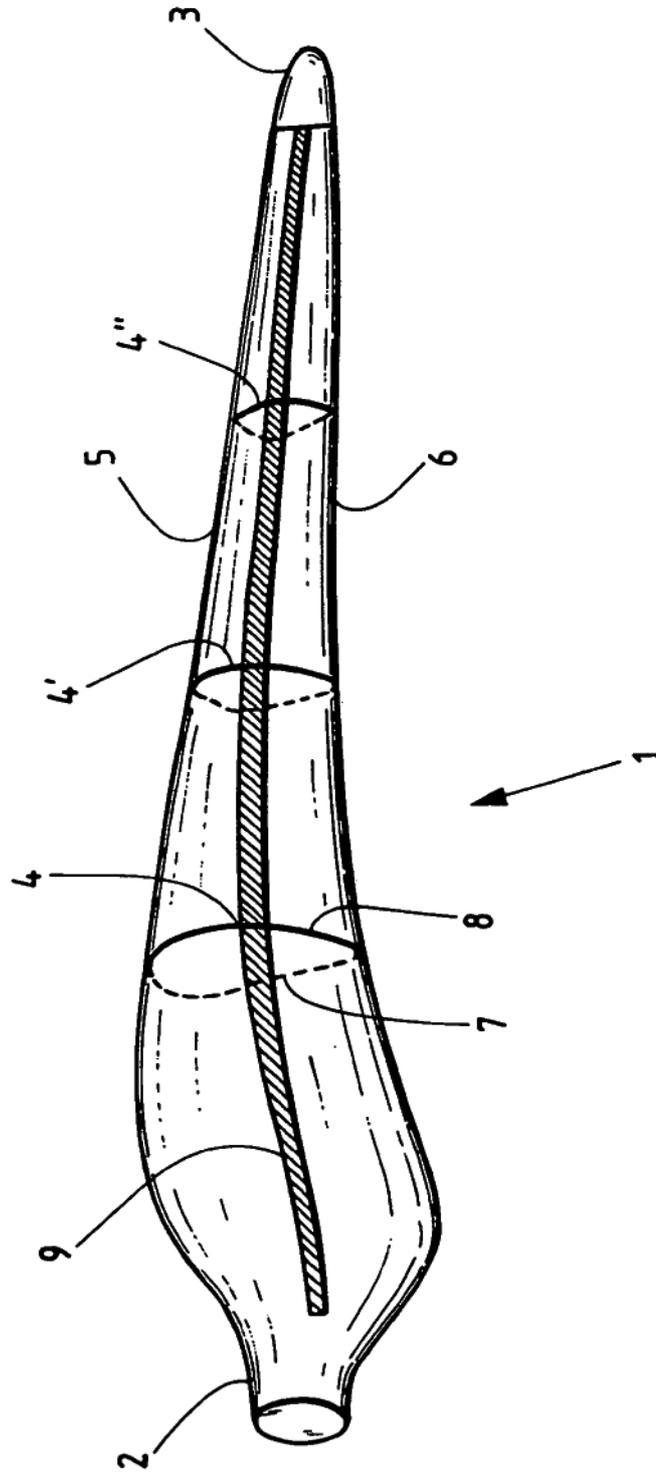


Fig.1

Fig. 2

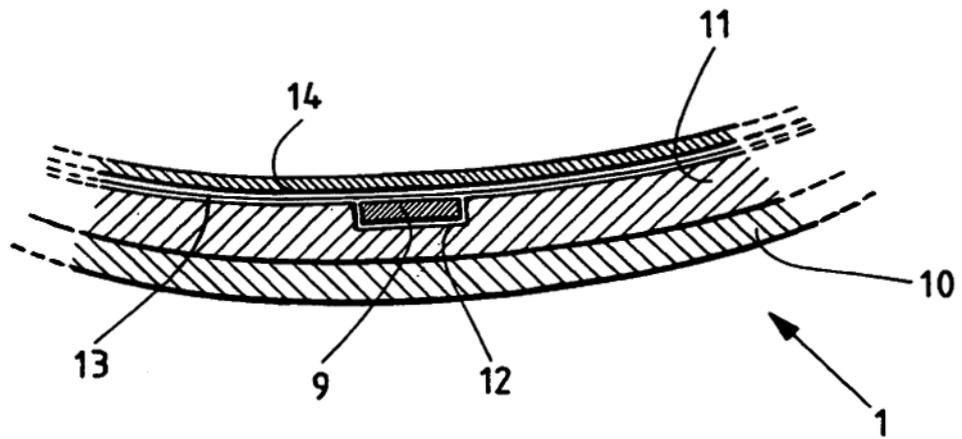


Fig. 3

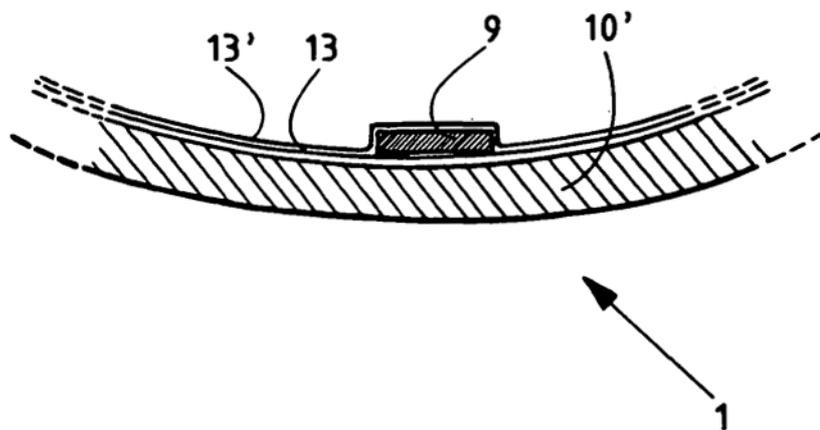


Fig. 4

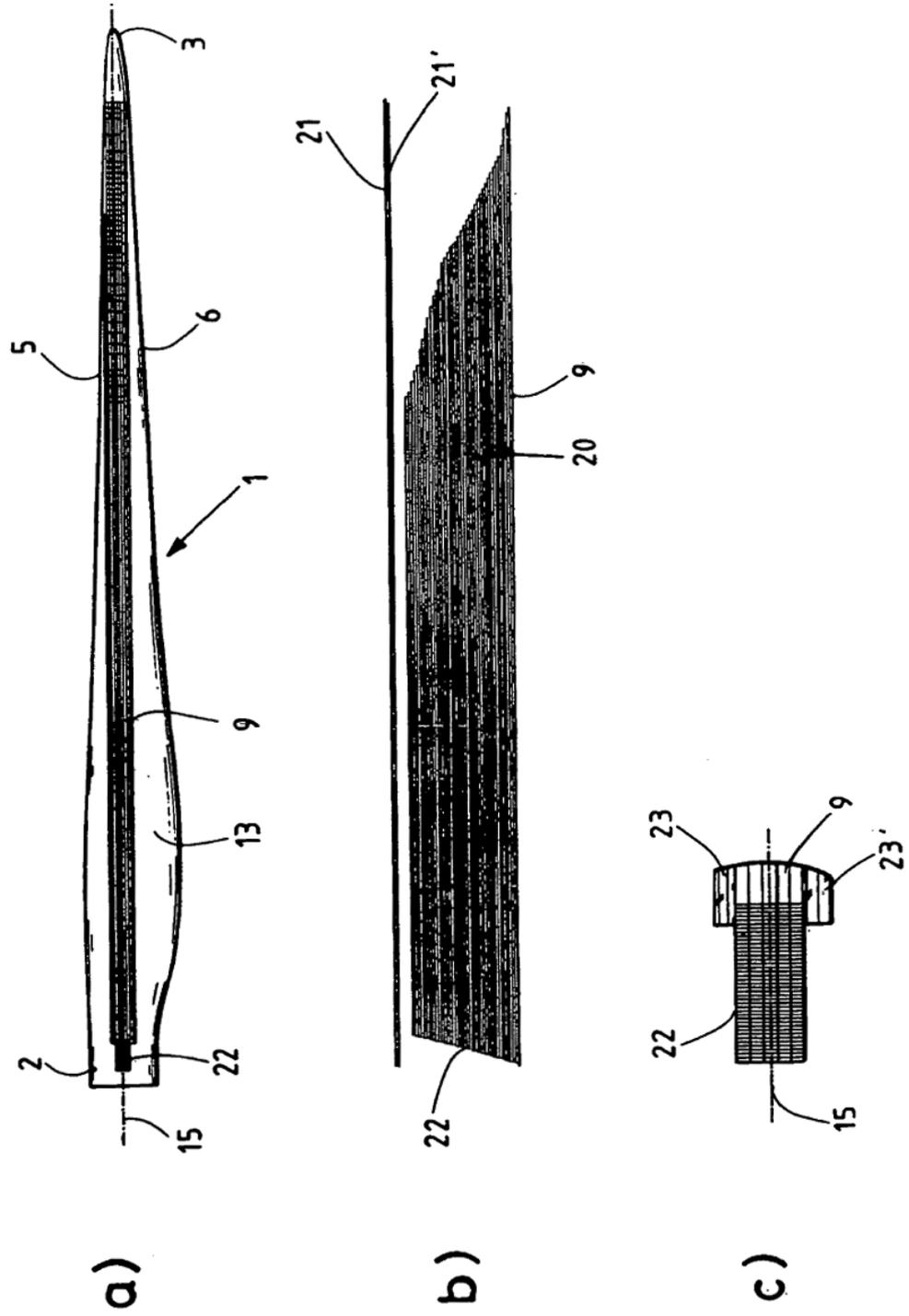


Fig. 5

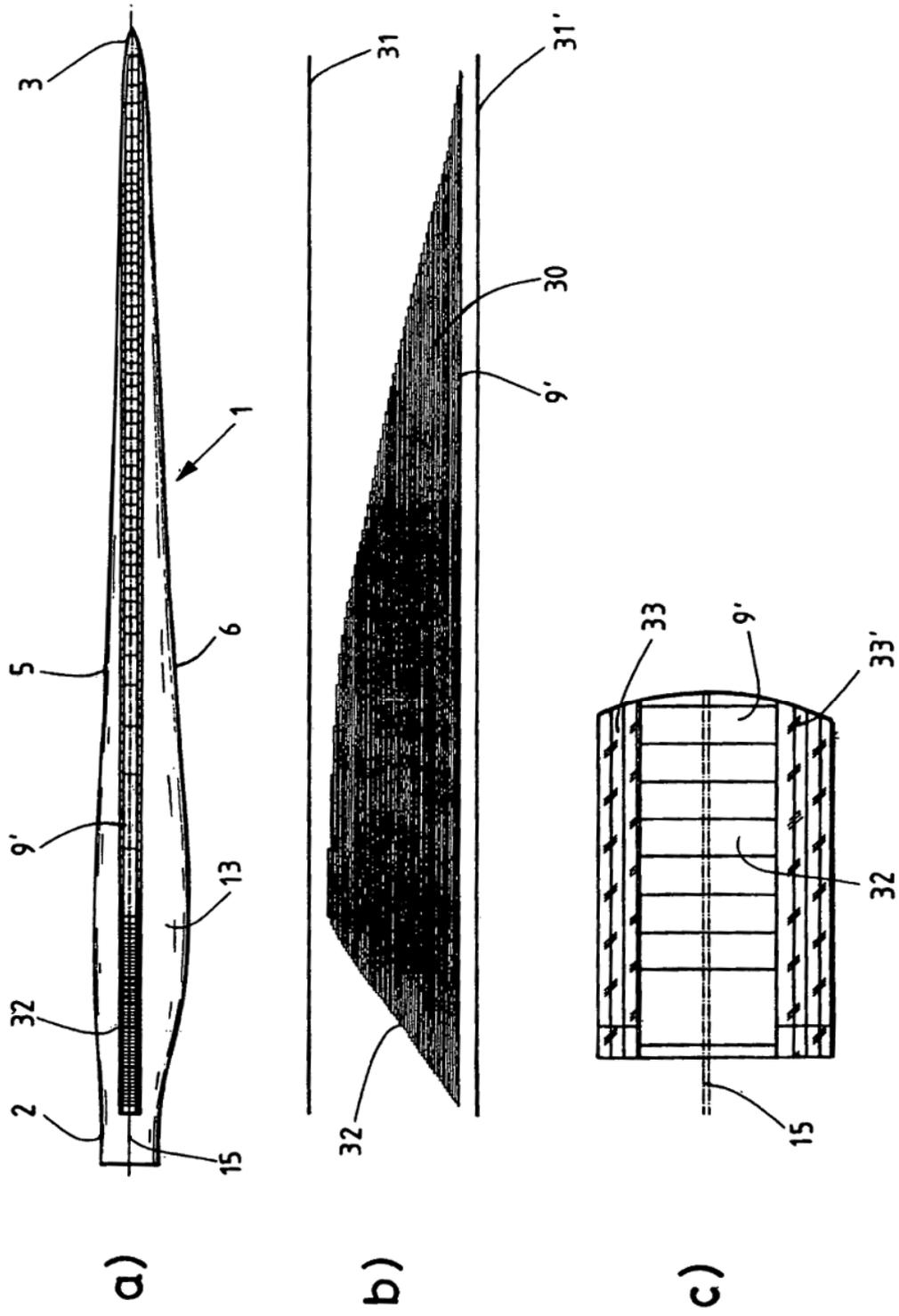


Fig. 6

