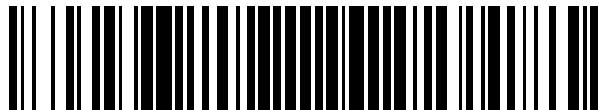


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 623 235**

51 Int. Cl.:

**B29C 70/30** (2006.01)

**B29C 33/42** (2006.01)

**F03D 1/06** (2006.01)

**B29C 70/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **07.09.2012 PCT/EP2012/003758**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.03.2013 WO13037466**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2012 E 12758775 (6)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.02.2017 EP 2755815**

54 Título: **Molde y procedimiento para la fabricación de un alma y alma para una pala de rotor de un aerogenerador**

30 Prioridad:  
**14.09.2011 DE 102011082664**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**10.07.2017**

73 Titular/es:  
**SENVION GMBH (100.0%)  
Überseering 10  
22297 Hamburg, DE**

72 Inventor/es:  
**RICHERS, TILMAN;  
BENDEL, URS y  
EYB, ENNO**

74 Agente/Representante:  
**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 623 235 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

Molde y procedimiento para la fabricación de un alma y alma para una pala de rotor de un aerogenerador

5 La invención se refiere a un molde para la fabricación de un alma para una pala de rotor de un aerogenerador, que se extiende en dirección longitudinal de la pala de rotor, que comprende un tablero de alma, una superficie de apoyo de alma y paredes laterales. La invención se refiere además a un procedimiento para la fabricación de un alma para una pala de rotor de un aerogenerador en un molde correspondiente. Por último, la invención se refiere a un alma para una pala de rotor de un aerogenerador, a una pala de rotor de un aerogenerador con un alma correspondiente, así como a un aerogenerador con una pala de rotor correspondiente.

10 La invención se refiere a la fabricación de almas y palas de rotor de aerogeneradores. Los aerogeneradores modernos presentan palas de rotor con longitudes de 50 m o más. Las palas de rotor se montan en una construcción monocasco a partir de una carcasa de pala de rotor fino que actúa aerodinámicamente de materiales compuestos de fibras que presentan refuerzos y arriostramientos transversales interiores para reforzar y conservar la forma que actúa aerodinámicamente. Entre ellos cuentan las correas de pala de rotor dispuestas en dirección longitudinal de la pala de rotor que se componen de una pluralidad de capas de conjuntos de capas fibrosas unidireccionales y que derivan hacia la raíz de pala de rotor las fuerzas transversales que actúan sobre la pala de rotor durante el funcionamiento del aerogenerador y que, por consiguiente, son responsables principalmente de que las fuerzas que actúan sobre la pala de rotor debido al flujo del aire ambiente alrededor de la pala de rotor ambiente, den lugar a un giro del rotor del aerogenerador.

20 La forma aerodinámica de la pala de rotor se conserva en su longitud mediante una o varias almas que unen entre sí de forma resistente a la tracción las mitades de carcasa de pala de rotor en el lado de presión y en el lado de succión de la pala de rotor, absorbiendo las fuerzas de tracción. De este modo se evita que el perfil de sección transversal aerodinámico varíe. Para simplificar, en el marco de la presente invención se habla de "semicarcasas" de la pala de rotor, ya que es habitual la fabricación con una semicarcasa para el lado de succión y con una semicarcasa para el lado de presión. No obstante, se entiende que la invención también comprende otras realizaciones conocidas en las que la carcasa de pala de rotor se compone de varios segmentos. Tampoco es absolutamente necesario que una línea de separación entre el lado de succión y el lado de presión en el canto delantero de perfil coincida con una línea de separación o un reborde entre dos segmentos de carcasa. En relación con el funcionamiento de las correas y del o de las almas, el número de segmentos utilizados sólo desempeña un papel secundario.

25 Las almas de palas de rotor se fabrican normalmente en una construcción en sándwich en las que un material de núcleo, por ejemplo, un núcleo de espuma PET (polietileno tereftalato), un núcleo de espuma PVC y/o un núcleo de madera de balsa, se inserta en capas de materiales compuestos de fibras. Los conjuntos de capas se extienden más allá del núcleo del alma y por encima de la altura del alma y normalmente se acodan hacia un lado en un pie de alma en forma de "L", de manera que el alma adopte en general una forma de "C", uniéndose de forma plana las capas de fibra acodadas mediante la aplicación plana de un adhesivo, normalmente de un sistema de adhesión epoxi, a una correa en una semicarcasa de la pala de rotor.

40 En las palas de rotor que entretanto sobrepasan los 50 m de longitud y que se utilizan en la actualidad y que se usarán en el futuro en aerogeneradores, este tipo de fijación llega a su límite. El material de núcleo de las almas presenta una rigidez reducida, mientras que las correas en las semicarcasas superiores e inferiores de la pala de rotor se conciben para poseer una rigidez elevada. Por lo tanto, existe una fuerte diferencia en cuanto a la rigidez en la transición del material del alma al de la correa. Esto repercute especialmente en la zona sometida a una carga elevada de la raíz de pala de rotor y en la zona de transición, igualmente sometida a una carga elevada, a una zona aerodinámicamente activa, de modo que existe un alto riesgo de desprendimiento del alma de la correa o de una rotura. Por este motivo, especialmente en la zona de la raíz de pala y en la zona de transición próxima a la raíz de pala es necesario tomar medidas que garanticen una unión más estable del alma a las correas de pala de rotor.

45 Actualmente esto se consigue en el estado de la técnica conocido, gracias a que, en la zona de transición por el lado de la raíz de pala, la cara separada de los lados de la forma de "C" del alma se sobrelaminan con capas de fibras adicionales, a fin de reforzar la unión, de manera que resulte en conjunto un perfil en T de los pies de alma. Sin embargo, esta forma de la fijación suplementaria es complicada en cuanto a la técnica de proceso y requiere un trabajo manual en el limitado espacio de la pala de rotor ya ensamblada, lo que da lugar a tiempos de fabricación prolongados y, por consiguiente, a unos costes elevados.

55 Por el documento DE 10 2009 030 860 A1 se conoce un aparato y un procedimiento para la fabricación de componentes de un aerogenerador con una plataforma en la que, por el canto superior de al menos una de las paredes laterales, se dispone al menos un componente rígido como nervio que se une a la plataforma a través de una bisagra elástica y que se puede activar para la basculación entre una posición elevada cerrada y una posición más baja abierta para el moldeo y desmoldeo de los componentes. De este modo puede fabricarse un alma con pies en forma de "L".

El documento US 2008/0072527 A1 publica un procedimiento para la fabricación de estructuras compuestas reforzadas con fibras que en primer lugar se fabrican a partir de productos preimpregnados depositados en moldes y a continuación se unen formando un componente de mayor tamaño.

5 Partiendo de este estado de la técnica, la tarea de la presente invención consiste en simplificar y acelerar la fabricación de almas, especialmente para palas de rotor grandes, debiéndose garantizar en especial en la zona de transición por el lado de la raíz de pala una unión especialmente buena y a prueba de rotura entre el alma y las correas de una pala de rotor.

10 Esta tarea se resuelve mediante un molde para la fabricación de un alma para una pala de rotor de un aerogenerador que se extiende en dirección longitudinal del alma, que comprende un tablero de alma, una superficie de apoyo de alma y paredes laterales y que se perfecciona gracias a que en una zona de transición de la pala de rotor por el lado de la raíz de pala se configura al menos por secciones en al menos una cara de una superficie de apoyo de alma central, una ranura con una superficie lateral más baja frente a la superficie de apoyo de alma central que está limitada en la cara opuesta a la superficie de apoyo de alma central por una pared lateral del molde, comprendiendo al menos una capa intermedia extendida en dirección longitudinal del alma que se configura fundamentalmente como negativo del molde de la al menos una ranura, presentando la capa intermedia especialmente por su cara superior una superficie de apoyo de alma periférica que al insertar la capa intermedia en la ranura alarga la superficie de apoyo de alma central hacia una pared lateral.

20 La idea fundamental de la invención consiste en que en la zona de transición por el lado de la raíz de pala o en una o varias secciones de la zona de transición, la forma de "T" de los pies de alma o al menos de un pie de alma se genera en una fase directamente en el molde de alma. Así no es necesaria la fase posterior del sobrelaminado con una capa de fibras adicional en la pala de rotor ya ensamblada. En la zona de transición por el lado de la raíz de pala, el alma ya se inserta, al menos por una cara o por ambas caras, con el pie de alma correspondiente en forma de T y se introduce posteriormente como una unidad en una pala de rotor entre las correas en la semicarcasa superior y la semicarcasa inferior de la pala de rotor y se ensambla allí mediante adhesión.

25 A fin de poder fabricar la forma de "T" del pie de alma, el molde para la fabricación del alma, que en el estado de la técnica posee en la sección transversal fundamentalmente una forma de artesa plana, presenta en la sección transversal una o dos caras más bajas en forma de ranuras. En este molde, el propio cuerpo de alma se apoya en una superficie de apoyo de alma central, mientras que la ranura o las ranuras, junto con las paredes laterales, definen por una o ambas caras de la superficie de apoyo de alma central los espacios en los que se pueden fabricar los pies de alma en forma de "T". Por este motivo, las capas de fibras no sólo se pueden colocar en el molde, como es usual, en una forma de "L" del pie de alma en la pared lateral hacia arriba, sino en la forma de "T" deseada hacia arriba y hacia abajo frente al cuerpo de alma central situado horizontalmente. De este modo, las ranuras ofrecen espacio para respectivamente un lado de un pie de alma en forma de "T". A continuación, el alma puede insertarse en el molde con el o los pies de alma en forma de "T". El alma insertada se extrae del molde como una unidad y puede introducirse como una unidad entre las mitades de carcasa de pala de una pala de rotor. Ya no es necesario un sobrelaminado posterior de una cara en la zona de transición por el lado de la raíz de pala.

40 Por una zona de transición por el lado de la raíz de pala se entiende, en el marco de la invención, la zona que se encuentra entre la raíz de la pala de rotor y la parte aerodinámicamente activa de la pala de rotor. Esta zona de transición difiere de un tipo de pala de rotor a otro tipo de pala de rotor y se concibe preferiblemente de manera que la zona con cargas especialmente elevadas esté comprendida en la transición entre el alma y la correa de pala en la que el riesgo de rotura de la unión entre el alma y la correa de pala es especialmente alto. Por consiguiente, la zona de transición se define en dependencia del tipo de pala y corresponde, por ejemplo, a la zona en la que, según el estado de la técnica, ya tiene lugar un sobrelaminado del pie de alma en la pala de rotor para conseguir la forma de "T".

45 En la zona de transición por el lado de la raíz de pala, el molde según la invención tiene una forma de artesa modificada, presentando el fondo de la artesa una distribución de alturas escalonada. El fondo de la artesa o del molde tiene en una sección por el centro, transversalmente respecto a la extensión longitudinal de la pala de rotor, la profundidad normal de un molde de fabricación para almas y por una o ambas caras la superficie de fondo o la superficie lateral más baja frente al centro. El fondo del molde también se configura como tablero de alma o se denomina tablero de alma.

50 Preferiblemente, la al menos una ranura termina en el posterior desarrollo del molde en dirección a la punta de pala de la pala de rotor y se configura en la zona del molde por el lado de la punta de pala como una superficie de apoyo de alma con un desarrollo de altura uniforme, desarrollándose especialmente el paso entre la zona con ranuras y la zona con el desarrollo de altura uniforme de forma escalonada o con un descenso a modo de rampa de la profundidad de ranura. Esta medida describe el paso de la zona de transición por el lado de la raíz de pala, en la que se moldean los pies de alma en forma de "T", a la otra zona aerodinámica activa de la pala de rotor en la que la forma de "C" normal del alma con pies de alma en forma de "L" es suficiente. Esta zona restante ocupa normalmente la parte claramente mayor de la extensión longitudinal de la pala de rotor. Por un desarrollo de altura uniforme se entiende en el marco de la invención especialmente un plano, dado que el cuerpo principal del alma suele ser plano.

60 En algunos casos también resultan ventajosas unas ligeras formas de onda y especialmente unos cantos redondeados en las paredes laterales. El molde sigue en dirección longitudinal de la pala de rotor una flexión

deseada de la pala de rotor, de manera que el alma fabricada en el mismo se adapte por completo a la forma de la pala de rotor.

5 Dado que la forma de los pies de alma continúa la forma de las correas o de las carcasas de pala, las paredes laterales se sitúan al menos por secciones de forma oblicua. Para poder extraer del molde el alma insertada, en un caso como este las paredes laterales se posicionan de modo que el orificio en el canto superior de los bordes laterales sea mayor que la anchura del molde en el fondo. En este molde abierto hacia arriba, el alma insertada puede extraerse fácilmente sin que sea necesario separar las paredes laterales.

10 Para poder extraer también del molde, junto con el alma, los lados de los pies de alma en forma de "T" dispuestos en las ranuras en la zona de transición por el lado de la raíz de pala a pesar de su destalonamiento, se incluye según la invención al menos una capa intermedia extendida en dirección longitudinal de la pala de rotor que se configura fundamentalmente como negativo del molde de la al menos una ranura, presentando la capa intermedia especialmente por su cara superior una superficie de apoyo de alma periférica que al insertar la capa intermedia en la ranura alarga la superficie de apoyo de alma central hacia una pared lateral. Esto significa que la ranura es más ancha de lo realmente necesario para el pie de alma y que la capa intermedia se extrae del molde en primer lugar  
15 junto con el alma insertada, dado que ésta se adapta al ángulo agudo del pie de alma en forma de "T" inclinado y sólo se extrae posteriormente. La capa intermedia también se puede segmentar en dirección longitudinal de la ranura.

20 La al menos una ranura y/o la al menos una capa intermedia presentan preferiblemente en la sección transversal fundamentalmente una forma rectangular o fundamentalmente una forma trapezoidal, disponiéndose especialmente la cara más corta de las dos caras paralelas de la forma trapezoidal en el fondo de la ranura. Esto significa que la ranura o la capa intermedia es por arriba más ancha que en el fondo, pudiéndose separar sin problemas la capa intermedia de la ranura. Aquí se incluye expresamente el caso de que la forma trapezoidal es una forma rectangular o una forma cuadrada. En este caso se trata geoméricamente de casos especiales de una forma trapezoidal. La forma de la capa intermedia debería elegirse en cada caso de manera que pueda colocarse en una ranura sin resbalar, no debiendo presentar la capa intermedia necesariamente en cada punto a lo largo del eje longitudinal de pala de rotor la misma forma que la ranura. Por otra parte, la capa intermedia se moldea con respecto a la ranura, de modo que después de la inserción en la ranura quede al menos una hendidura para un lado del pie de alma en forma de "T".

30 La cara superior de una capa intermedia se dispone preferiblemente en un plano con la superficie de apoyo de alma central cuando la capa intermedia se dispone en una ranura y alarga la superficie de apoyo de alma central como superficie de apoyo de alma periférica hacia una pared lateral.

La tarea en la que se basa la invención también se resuelve gracias a un procedimiento para la fabricación de un alma para una pala de rotor de un aerogenerador en un molde según la invención antes descrito con las siguientes fases:

- 35 - en la zona de transición por el lado de la raíz de pala se coloca al menos una primera capa de fibras en una pared lateral del molde que llega hasta el fondo de la al menos una ranura,
- al menos una segunda capa de fibras y/o al menos un segundo conjunto de capas de fibras se inserta junto con una capa intermedia en la ranura, llegando la segunda capa de fibras y/o el segundo conjunto de capas de fibras fundamentalmente hasta el fondo de la ranura y colocándose encima de una pared lateral de la  
40 capa intermedia y la superficie de apoyo de alma periférica de la capa intermedia, así como encima de la superficie de apoyo de alma central,
- un material de núcleo del alma se coloca sobre la segunda capa de fibras,
- al menos una tercera capa de fibras y/o al menos un tercer conjunto de capas de fibras se coloca sobre el material de núcleo del alma, ajustándose al menos una parte de la tercera capa de fibras y/o del tercer  
45 conjunto de capas de fibras que sobresale del material de núcleo hacia arriba a la primera capa de fibras en la pared lateral,
- el alma se une y endurece mediante inyección y/o endurecimiento de una resina o de un material adhesivo en la y/o en las capas de fibras.

50 La unión y el endurecimiento también se denomina "ensamblaje". Este procedimiento según la invención da lugar a la fabricación de un alma que presenta en la zona de transición por el lado de la raíz de pala una geometría de pie de alma en forma de "T" insertada. Por el término "capa de fibras" se entiende en el marco de la invención "al menos una capa de fibras", aunque también es posible insertar según la invención varias capas de fibras o conjuntos de capas de fibras como capas de fibras. En este caso, en relación con el revestimiento del alma se trata normalmente de un así llamado conjunto de capas de fibras "Biax", es decir, conjuntos de capas de fibras con fibras que se  
55 orientan en diferentes direcciones, por ejemplo,  $\pm 45^\circ$ . No obstante también puede tratarse de uno o varios conjuntos de capas de fibras unidireccionales, orientándose los conjuntos de capas de fibras unidireccionales especialmente en distintas direcciones. Como material de núcleo pueden tenerse en cuenta, por ejemplo, espuma PET, espuma PVC o madera de balsa. La inserción del alma se realiza mediante procedimientos conocidos, por ejemplo, el procedimiento de infusión de resina ("resin injection molding"), introduciéndose a presión resina líquida en los

conjuntos de capas de fibras secos en el molde y endureciéndose a continuación. Alternativamente pueden utilizarse capas de fibras previamente impregnadas con resina, los así llamados "productos preimpregnados" que acto seguido se unen entre sí.

5 La numeración de las capas de fibras como primera, segunda o tercera capa de fibras corresponde a su disposición en el molde en una de las superficies laterales por debajo o por encima del material de núcleo. El material de núcleo está rodeado completamente, con respecto a su sección transversal, por los primeros, segundos y terceros materiales de fibras después de la fabricación del alma y configura por sus extremos en la zona de transición por el lado de la raíz de pala los pies de alma en forma de "T". Según la invención, una o varias segundas o terceras capas de fibras continuas puede llegar desde un extremo de un pie de alma a través de la superficie de alma o del material de núcleo hasta el extremo del pie de alma opuesto.

10 Alternativa o adicionalmente puede utilizarse según la invención un segundo y/o un tercer conjunto de capas de fibras, colocándose en el molde como segundo conjunto de capas de fibras y/o como tercer conjunto de capas de fibras un conjunto de capas de fibras que comprende al menos una capa de fibras central, así como una o varias capas de fibras periféricas, cubriendo la capa de fibras central del conjunto el material de núcleo, formando la capa de fibras o las capas de fibras respectivamente una mitad de un pie de alma en forma de "T" y solapándose al menos parcialmente la capa de fibras central y/o el material de núcleo.

15 La capa de fibras central recubre la superficie de alma, es decir, el material de núcleo. La misma también puede solapar o recubrir parcial o totalmente uno o ambos pies de alma, es decir, formar en caso extremo una capa de fibras continua arriba descrita. La capa de fibras periférica o las capas de fibras periféricas forman los pies de alma y solapan la capa de fibras central, especialmente también una parte del material de núcleo. Éstas forman una prolongación y/o un refuerzo de la capa de fibras central en los pies de alma. De este modo se refuerzan los pies de alma y su unión a la superficie de alma. Las capas de fibras periféricas como éstas pueden introducirse en el molde en un segundo conjunto de capas de fibras preferiblemente en primer lugar con las capas intermedias, colocándose a continuación la capa de fibras central. El material de núcleo puede colocarse sobre el conjunto de capas de fibras así formado. La formación del tercer conjunto de capas de fibras se realiza a continuación de manera que en primer lugar se coloquen la capa de fibras central o las capas de fibras sobre el material de núcleo y, acto seguido, se inserten de forma solapada las capas de fibras periféricas.

20 Preferiblemente, un espacio existente en la zona de una raíz de pala en forma de "T" entre la primera capa de fibras, así como la segunda o la tercera capa de fibras o el segundo o el tercer conjunto de capas de fibras, por una parte, y un canto del material de núcleo, por otra parte, que se configura especialmente de forma que se va estrechando o redondeado, se rellena con un material de relleno, siendo en especial un módulo de elasticidad del material de relleno similar a un módulo de elasticidad del material adhesivo o de la resina utilizada. Estos espacios se crean mediante la flexión de los cantos de alma o de las capas de fibras en los puntos en los que las superficies de alma se convierten en los pies de alma en forma de "T". El material de relleno estabiliza esta transición y se encarga, especialmente con el módulo de elasticidad debidamente seleccionado, de crear una transición lo más uniforme posible de la rigidez entre una correa de pala dura y el material de núcleo blando del alma. El módulo de elasticidad difiere preferiblemente en menos de un 50%, más preferiblemente en menos de un 20% del módulo de elasticidad de la resina o del adhesivo.

25 Preferentemente el material de relleno se ha prefabricado o se prefabrica antes de introducirlo en el molde, especialmente de madera, madera contrachapeada, pasta adhesiva, resina artificial rellena de fibras cortas y/o géneros de punto de trama de fibras largas o tejidos de fibras largas impregnadas con resina artificial. Las cavidades también pueden rellenarse alternativamente con adhesivo o resina.

30 Los espacios a rellenar de este modo presentan fundamentalmente una forma triangular que se configura entre las capas de fibras y el material de núcleo. En este caso, una cara del material de relleno se ajusta preferiblemente al material de núcleo, que en la forma de realización preferida describe un arco de medio punto, mientras que una segunda cara del material de relleno forma un arco. Aquí, la segunda cara arqueada del material de relleno presenta con preferencia un radio del 30% al 100%, especialmente del 30% al 70%, de la suma de los grosores del material de núcleo y de las segundas y terceras capas de fibras. Este arco determina fundamentalmente el radio de curvatura de la respectiva segunda o tercera capa de fibras o del conjunto de capas de fibras.

35 En un perfeccionamiento ventajoso del procedimiento, en la zona por el lado de la punta de pala de la pala de rotor, al menos una primera capa de fibras se ajusta en primer lugar a las paredes laterales y a la superficie de apoyo de alma, un material de núcleo del alma se coloca sobre la primera capa de fibras y, a continuación, al menos una segunda capa de fibras se coloca sobre el material de núcleo y en las paredes laterales sobre la primera capa de fibras. De este modo se genera la forma de "C" del alma conocida en la zona aerodinámicamente activa de la pala de rotor.

40 Ventajosamente, sobre al menos una superficie del alma, que en un posterior proceso de fabricación de una pala de rotor debe someterse a un laminado, especialmente sobre uno o varios pies de alma, se coloca entre las paredes laterales y las capas de fibras al menos una capa de tejido de ruptura. Un tejido de ruptura se puede componer de un tejido de plástico, por ejemplo, de fibras de polietileno trenzadas o tejidas, que también se lamina en la superficie correspondiente. Antes del pegado en la pala de rotor, el tejido de ruptura se rompe. De este modo se crea una estructura rugosa que, entre otros, favorece la adhesión en virtud de la superficie de adhesión ampliada y de la

aspereza de la superficie. Por otra parte, como consecuencia de la ruptura, las cadenas moleculares largas en la resina se rompen, de manera que éstas puedan unirse a las moléculas del adhesivo, de modo que se refuerce la adhesión también en un plano molecular. Este procedimiento representa una alternativa al rectificado de las superficies.

5 Preferiblemente, después de la unión y del endurecimiento del alma en el molde, el alma se extrae del molde en primer lugar con la al menos una capa intermedia, separándose a continuación la capa intermedia del alma.

La tarea en la que se basa la invención también se resuelve gracias a un alma para una pala de rotor de un aerogenerador, con una superficie de alma formada en una construcción en sándwich de un material de núcleo rodeado por capas de fibras, con al menos un pie de alma que se configura en una zona de transición por el lado de la raíz de pala de la pala de rotor al menos por secciones fundamentalmente en forma de "T" y que se configura en una zona por el lado de la punta de pala de la pala de rotor al menos por secciones en forma de "L", especialmente que se puede fabricar o se fabrica en un molde según la invención arriba descrito, en especial en un procedimiento según la invención arriba descrito. En este caso se trata de un procedimiento de una única etapa, dado que el alma ya presenta la forma de pie de alma combinada antes de la inserción en la pala de rotor.

15 El alma según la invención presenta en la zona de transición por el lado de la raíz de pala especialmente solicitada una geometría de pie de alma en forma de "T" insertada que permite una unión especialmente segura a una correa rígida de una pala de rotor, y que es más estable y rígida que la de un pie de alma en forma de "T" que se genera mediante un sobrelaminado unilateral.

El alma según la invención se mejora ventajosamente gracias a que el material de núcleo en la zona de transición por el lado de la raíz de pala de la pala de rotor presenta por al menos una cara que finaliza en un pie de alma configurado en forma de "T", un canto de alma que se va estrechando y/o redondeado que posee en especial un radio que corresponde fundamentalmente a la mitad del grosor del material de núcleo. La geometría redondeada o que se va estrechando del canto del material de núcleo situado a continuación del material de la correa de pala de rotor rígida, ofrece la ventaja de que la zona del pie de alma que no es ocupada por el material de núcleo blando se sustituye por un material más duro o más rígido. Por lo tanto, el estrechamiento da lugar a un gradiente de rigidez con el que aumenta de forma continua la rigidez reducida del material de núcleo en dirección al material de correa de pala rígido. Este gradiente de rigidez evita los problemas de una distribución de la rigidez escalonada con el riesgo de rotura asociado a la misma y reduce aún más el riesgo de rotura de la unión entre el alma y la correa de pala.

20 El canto de alma que se va estrechando y/o redondeado está rodeado preferiblemente por al menos una capa de material fibroso, en especial por un número igual de capas de fibras y/o con un tipo de conjuntos de capas igual que el del material de núcleo.

La tarea en la que se basa la invención también se resuelve mediante una pala de rotor de un aerogenerador con un alma según la invención antes descrita, así como mediante un aerogenerador con la pala de rotor según la invención antes descrita.

35 Las propiedades, características y ventajas citadas en relación con los distintos objetos de la invención, es decir, el molde, el procedimiento, el alma, la pala de rotor y el aerogenerador también se aplican sin limitación a los demás objetos de la invención respectivos que se refieren unos a otros.

En la descripción de las formas de realización según la invención junto con las reivindicaciones y los dibujos adjuntos pueden verse otras características de la invención. Las formas de realización según la invención pueden cumplir características individuales o una combinación de varias características.

La invención se describe a continuación sin limitación de la idea inventiva general por medio de ejemplos de realización con referencia a los dibujos, indicándose expresamente los dibujos en relación con todos los detalles según la invención no explicados más detalladamente en el texto. Se muestra en la:

45 Figura 1 una representación esquemática de una vista desde arriba sobre una pala de rotor,

Figura 2 una representación en sección esquemática a través de una pala de rotor según la figura 1,

Figura 3 una representación en sección esquemática a través de un molde de fabricación para un alma según el estado de la técnica,

Figura 4 una representación en sección esquemática a través de una unión de pie de alma según el estado de la técnica,

Figura 5 otra representación en sección esquemática a través de una unión de pie de alma según el estado de la técnica,

Figura 6 una representación en sección esquemática a través de un molde según la invención y

Figura 7 otra representación en sección esquemática a través del molde según la invención de acuerdo con la figura 6.

En los dibujos los elementos y/o las piezas respectivamente iguales o similares se dotan de los mismos números de referencia, de manera que se prescinde de una nueva descripción.

En la figura 1 se representa esquemáticamente una pala de rotor 1 en una vista desde arriba. La pala de rotor 1 se extiende desde una raíz de pala de rotor 2 a una punta de pala de rotor 3 y presenta un canto delantero 5 y un canto trasero 6. El canto trasero 6 se genera normalmente mediante rebordeado. En la figura 1 también se representa una correa 9 que se extiende en la extensión longitudinal de la pala de rotor 1 y que sirve para la estabilización de la pala de rotor 1. La correa 9 absorbe las fuerzas y los momentos de flexión que actúan sobre la pala de rotor 1 y los transmite a la raíz de pala 2 o al cubo de rotor. La correa 9 se apoya en un plano de sección longitudinal 10 que se extiende desde el centro de la raíz de pala de rotor 2 hasta la punta de pala de rotor 3.

La pala de rotor 1 se divide en dirección longitudinal en una zona de transición 18 por el lado de la raíz de pala y en una zona 19 por el lado de la punta de pala que representa la zona aerodinámica activa. Las curvaturas de la pala de rotor 1 que se producen en la zona 19 por el lado de la punta de pala como consecuencia de las fuerzas que actúan aerodinámicamente, se transmiten a través de la correa 9 en la zona de transición 18 a la raíz de pala de rotor 2, siendo la pala de rotor 1 en la zona de transición 18 aerodinámicamente menos activa y siendo no obstante la carga de todos los componentes de la pala de rotor 1 especialmente grande debido a las fuerzas acumuladas, sobre todo a las fuerzas transmitidas por la correa 9. Por consiguiente, las carcasa, las correas y otros componentes en la zona de transición 18 se configuran claramente más fuertes y gruesas que en la zona 19 por el lado de la punta de pala. Si la pala de rotor 1 en la zona 19 por el lado de la punta de pala se compone en su carcasa parcialmente sólo de unas pocas capas de material fibroso, la carcasa en la zona de transición 18 se compone, por el contrario, de una pluralidad de capas de fibras. Esto se aplica análogamente al grosor de la correa 9 que en la zona de transición 18 alcanza su grosor máximo y cuyo grosor en la zona 19 por el lado de la punta de pala disminuye en dirección a la punta de pala 3.

En la figura 2 se representa esquemáticamente la pala de rotor 1 de la figura 1 en una representación en sección a lo largo de una línea de corte A-A en la zona 19 por el lado de la punta de pala de la figura 1. El canto delantero 5 y el canto trasero 6 se unen entre sí a través de un lado de presión 7 y de un lado de succión 8 que juntos generan el perfil de sección transversal 4 de la pala de rotor 1. En la figura 2 no se representa que el perfil de sección transversal 4 se fabrica de varias piezas de carcasa, por ejemplo, dos semicarcasas para el lado de presión 7 y el lado de succión 8. Las piezas de carcasa del lado de presión 7 y del lado de succión 8 se apoyan en el canto trasero 6 fundamentalmente de forma plana unas sobre otras y forman una zona de unión 11 que se rellena con un adhesivo, por ejemplo, con una resina, para la unión de las piezas de carcasa y para la fabricación del canto trasero 6.

En el lado de presión 7 y el lado de succión 8 se colocan en el espacio interior de la pala de rotor 1 correas principales 9, 9' que estabilizan la pala de rotor. En la figura 2 también se representa el plano de sección longitudinal 10 que ya se había representado en la figura 1. Éste se desarrolla perpendicularmente a una línea de unión o cuerda entre el canto delantero 5 y el canto trasero 6 de la pala de rotor 1 y se extiende desde la raíz de pala de rotor 2 hasta la punta de pala de rotor 3. Entre las correas principales 9, 9' se disponen dos almas 12, 12' que unen el lado de succión 8 al lado de presión 7 y que se ocupan de que el perfil aerodinámico 4 no varíe durante el funcionamiento.

En la figura 3 se representa esquemáticamente en la sección transversal un molde 20 conocido por el estado de la técnica que presenta una forma trapezoidal con paredes laterales 21 y un fondo 22 liso y plano. Al contrario de lo representado en la figura 3, las paredes laterales 21 también se pueden disponer oblicuamente, debiendo ser la distancia de las paredes laterales en el extremo superior de las paredes laterales 21 mayor que la anchura del fondo 22.

En el molde 20 se dispone un alma 12 que presenta un cuerpo de núcleo central de un material de núcleo 13, por ejemplo, de una espuma PET, espuma PVC o de madera de balsa. El material de núcleo 13 está encerrado en una capa de fibras 14 que se desarrolla a lo largo de las dos paredes laterales 21 y por el fondo 22 del molde 20, así como una capa de fibras 15 adicional que se desarrolla en las paredes laterales 21 paralelamente a la primera capa de fibras 14 y que se extiende por la cara opuesta del material de núcleo 13, de manera que el material de núcleo 13 quede encerrado por las dos capas de fibras 14, 15. El alma 12 representado en la sección transversal se inserta en el molde 20 y a continuación puede insertarse entre la cara superior y la cara inferior de una pala de rotor entre dos correas 9.

En las figuras 4 y 5 se muestran dos representaciones en sección transversales esquemáticas de uniones de pies de alma con una correa en una carcasa de pala de rotor según el estado de la técnica. En la figura 4 se trata de una aplicación habitual de un alma 12 en la zona 19 por el lado de la punta de pala aerodinámicamente activa de una pala de rotor 1. En esta zona el alma 12 se fabrica como se muestra en la figura 3 y comprende un material de núcleo 13 rodeado por dos capas de fibras 14, 15. El pie de alma en la parte inferior del alma 12 presenta una geometría en forma de "L".

El pie de alma se une de forma plana con un adhesivo 16, por ejemplo, con un sistema epoxi, a una correa 33 en una carcasa de pala que presenta una rigidez elevada y que se inserta entre dos capas de fibras 31, 32. Al otro lado de la correa 33 integrada en la carcasa de pala, el núcleo de la carcasa de pala se extiende con un material de núcleo 33', por ejemplo, madera de balsa o una espuma PET o una espuma PVC u otro material de peso ligero.

En la figura 5 se representa la misma alma 12 y su unión a la correa 33 en la carcasa de pala 30 como en la figura 4, no obstante en la zona de transición 18 por el lado de la raíz de pala. En este punto, el alma 13 presenta en la zona del pie de alma como material de núcleo adicional 13' un núcleo de madera de balsa que, separado del pie de alma, se convierte en un material de núcleo 13, por ejemplo, una espuma PET. En esta zona, el pie de alma en forma de "L" se sobrelamina posteriormente por la cara representada a la izquierda en la figura 5 con una capa de fibras adicional 14. La adhesión con un adhesivo 16 se realiza en la zona en la que el pie de alma se apoya en la correa 30 o en la capa de fibras 31.

La transición del material de núcleo 13' al material de núcleo 13 representa un gradiente de rigidez escalonado, dado que la madera de balsa presenta una mayor rigidez que la espuma PET. El gradiente de rigidez escalonado que crea una transición más suave de la rigidez del material de la correa 33 al material de núcleo 13, se consigue con la inserción de una superficie límite adicional entre dos materiales de núcleo 13, 13' en el alma 12. Una superficie límite como ésta también constituye un punto de rotura potencial durante el funcionamiento.

En las figuras 6 y 7 se muestran dos secciones transversales esquemáticas a través de un molde 40 según la invención y un alma 50 según la invención con las que se superan los inconvenientes arriba mostrados. En este caso, la figura 6 muestra una sección en la zona de transición 18 por el lado de la raíz de pala de la pala de rotor 1 y la figura 7 una sección en la zona 19 por el lado de la punta de pala.

En la figura 6, el molde 40 está basado en un tablero de alma 40a que presenta por el centro una superficie de apoyo de alma central 45 en la que se apoya el cuerpo principal del alma 50. A ambos lados de la superficie de apoyo de alma central 45, el grosor del tablero de alma 40a disminuye, de manera que las piezas de tablero de alma laterales más bajas 43, 43' se unan a ambos lados. En estas superficies laterales más bajas se disponen, por medio de uniones 42, 42', paredes laterales achaflanadas 41, 41' cuya inclinación sigue a la inclinación proyectada de las correas en la pala de rotor.

Por lo tanto, entre las paredes laterales 41, 41' y la superficie de apoyo de alma central 45 se disponen ranuras 47, 47' que crean un espacio para los lados de los pies de alma en forma de "T" del alma 50 que señalan hacia abajo en el molde 40. En las ranuras 47, 47' se representan respectivamente capas intermedias 46, 46' con una forma fundamentalmente trapezoidal que presentan la altura de las ranuras 47, 47' y que se insertan en las ranuras 47, 47'.

Las caras superiores de las capas intermedias 46, 46' forman superficies de apoyo de alma periféricas 45a, 45a' que alargan la superficie de apoyo de alma central 45 hacia ambos lados prácticamente hasta la respectiva pared lateral 41, 41'. De hecho, las superficies de apoyo de alma periféricas 45a, 45a' terminan poco antes de la respectiva pared lateral 41, 41' para que las capas de fibras puedan seguir un radio de curvatura seguro.

El alma 50 se coloca en el molde 40 de modo que en primer lugar se ajusten respectivamente una capa de fibras 54, 55 a las paredes laterales 41, 41' situadas oblicuamente. En un procedimiento factible, una capa de fibras 53 se coloca a continuación sobre las superficies de apoyo periféricas 45a, 45a' de las capas intermedias 46, 46' y se colocan alrededor de los cantos redondeados que señalan hacia fuera, en el punto en el que llegan hasta los extremos de las superficies exteriores de las capas intermedias 46, 46'. Las capas intermedias 46, 46' con la capa de fibras 53 se introducen a continuación en las ranuras 47, 47' del molde 40, de manera que los extremos laterales de la capa de fibras 53 se dispongan paralelamente y en contacto con las capas de fibras 54, 55 en las paredes laterales 41, 41'. Por otra parte, la capa de fibras 53 se apoya de forma alineada en las superficies de apoyo de alma periféricas 45a, 45a' y en la superficie de apoyo de alma central 45. También pueden estar colocadas o colocarse adicionalmente otras capas de fibras periféricas en las ranuras 47, 47' que estabilicen el pie de alma y lleguen al menos hasta la superficie de alma, es decir, hasta el material de núcleo 51. Alternativamente, en lugar de la capa de fibras 53, también es posible utilizar un conjunto de capas de fibras a partir de una capa de fibras central en la superficie de apoyo y capas de fibras periféricas en las ranuras 47, 47'.

El material de núcleo 51 del alma 50 se coloca sobre la capa de fibras 53 y, acto seguido, se coloca una capa de fibras adicional 52 sobre el material de núcleo 51. La capa de fibras 52 se corta de manera que sobresalga del material de núcleo 51. La misma se coloca en las superficies laterales 41, 41' sobre la capa de fibras 54, 55 allí ya posicionada. Esta capa de fibras 52 también puede reforzarse mediante capas de fibras periféricas o sustituirse por un conjunto de capas de fibras en la que una capa de fibras central se coloca sobre el material de núcleo y se alarga en los pies de alma mediante capas de fibras periféricas.

A continuación, el alma 50 puede insertarse con el material de núcleo 51 y las capas de fibras 52 a 55, por ejemplo, en un procedimiento de infusión de resina o mediante el desplazamiento y endurecimiento de capas de fibras realizadas como "productos preimpregnados".

Finalmente el alma insertada 50 se extrae del molde junto con las capas intermedias 46, 46' y se separan las capas intermedias 46, 46'. La forma de las capas intermedias 46, 46' garantiza que el alma 50 pueda extraerse del molde 40, dado que la superficie límite en el tablero de alma se configura hacia la superficie de apoyo de alma central 45 y las capas intermedias 46, 46' como bisel 44, 44'. En el caso extremo, esta superficie límite también puede situarse perpendicularmente, sin embargo no puede configurarse oblicuamente de forma que bascule hacia fuera, ya que un destalonamiento como éste evitaría extraer el alma 50 del molde 40.

En la figura 6 también puede verse que el material de núcleo 51 presenta por sus bordes, es decir, en la zona de los pies de alma, cantos de alma 58, 59 redondeados o que se van estrechando. El estrechamiento del material de



- núcleo blando 51 que se desarrolla hacia fuera provoca un gradiente de rigidez en dirección a los pies de alma o del material de correa y evita, por lo tanto, una variación brusca de la rigidez en la pala de rotor. Se reduce el riesgo de rotura asociado a la misma. Los cantos de alma redondeados 58, 59 dan lugar a la creación de cavidades en el pie de alma en forma de "T" a ambos lados de los cantos de alma redondeados 58, 59. Éstas se rellenan con material de relleno, es decir, bien se han relleno con adhesivo o resina durante la fabricación del alma 50 o bien con un material de relleno prefabricado, por ejemplo, de madera, madera contrachapeada, plasta adhesiva, resina artificial rellena de fibras cortas y/o de géneros de punto de trama de fibras largas o tejidos de fibras largas impregnadas con resina artificial que en especial presentan respectivamente un módulo de elasticidad similar al de la resina.
- En la figura 7 se representa otra sección transversal esquemática a través del molde 40 según la invención y del alma 50 según la figura 6, no obstante en la zona 19 aerodinámicamente activa por el lado de la punta de pala de la pala de rotor 1. El alma 50 obtiene en este punto fundamentalmente una forma de "C" conocida. Con esta finalidad, el tablero de alma 40a se configura plano a través de toda la anchura con una superficie de apoyo de alma 45' que se desarrolla de forma plana en la que se apoyan tanto las paredes laterales 41, 41', como también las capas de fibras 52, 53 y el material de núcleo 51 del alma 50. La parte central del alma 50 no presenta en su desarrollo ningún escalón. Por consiguiente, la altura de la superficie de apoyo de alma 45' en la figura 7 corresponde a la continuación de la altura de la superficie de apoyo de alma central 45 de la figura 6. Es la profundidad de las ranuras 47, 47' la que varía en el desarrollo de la extensión longitudinal de la pala de rotor, dado que las ranuras 47, 47' finalizan en el extremo de la zona de transición 18. Esto puede llevarse a cabo en un escalón brusco o en forma de un desarrollo en forma de rampa.
- Como puede verse en la figura 7, los pies de alma en la zona 19 por el lado de la punta de pala se realizan en forma de "L", guiándose las capas de fibras 52, 53, que rodean al material de núcleo 51, unas al lado de otras en dos capas en las dos paredes laterales 41, 41'. En este punto ya no se inserta ninguna otra capa de fibras 54, 55 como era aún el caso en la figura 6 en la zona de transición 18 por el lado de la raíz de pala.
- Todas las características citadas, también las que sólo se deducen de los dibujos, así como las distintas características que se publican en combinación con otras características, se consideran, por sí solas y en combinación, fundamentales para la invención. Las formas de realización según la invención pueden cumplirse mediante características individuales o mediante una combinación de varias características.

Lista de referencias

- |    |         |                                      |
|----|---------|--------------------------------------|
| 30 | 1       | Pala de rotor                        |
|    | 2       | Raíz de pala de rotor                |
|    | 3       | Punta de pala de rotor               |
|    | 4       | Perfil de sección transversal        |
|    | 5       | Canto delantero de perfil            |
| 35 | 6       | Canto trasero de perfil              |
|    | 7       | Lado de presión                      |
|    | 8       | Lado de succión                      |
|    | 9       | Correa principal del lado de presión |
|    | 9'      | Correa principal del lado de succión |
| 40 | 10      | Plano de sección longitudinal        |
|    | 11      | Zona de unión del canto trasero      |
|    | 12, 12' | Alma                                 |
|    | 13, 13' | Material de núcleo                   |
|    | 14, 15  | Capa de fibras                       |
| 45 | 16      | Adhesivo                             |
|    | 18      | Zona de transición                   |
|    | 19      | Zona por el lado de la punta de pala |
|    | 20      | Molde                                |
|    | 21      | Pared lateral                        |
| 50 | 22      | Fondo                                |

	30	Carcasa de pala
	31, 32	Capa de fibras
	33	Correa
	33'	Material de núcleo
5	40	Molde
	40a	Tablero de alma
	41, 41'	Pared lateral
	42, 42'	Unión
	43, 43'	Pieza de tablero de alma lateral
10	44, 44'	Bisel
	45	Superficie de apoyo de alma central
	45'	Superficie de apoyo de alma
	45a, 45'	Superficie de apoyo de alma periférica
	46, 46'	Capa intermedia
15	47, 47'	Ranura
	50	Alma
	51	Material de núcleo
	52, 53	Capa de fibras
	54, 55	Capa de fibras lateral
20	56, 57	Material de relleno
	58, 59	Canto de alma redondeado

## REIVINDICACIONES

- 5 1. Molde (40) para la fabricación de un alma (50) para una pala de rotor (1) de un aerogenerador que se extiende en dirección longitudinal del alma (50) a fabricar y que comprende un tablero de alma (40a), una superficie de apoyo de alma (45) y paredes laterales (41, 41'), caracterizado por que en una zona de transición (18) por el lado de la raíz de pala de la pala de rotor (1) se configura al menos por secciones en al menos una cara de una superficie de apoyo de alma central (45), una ranura (47, 47') con una superficie lateral más baja (43, 43') frente a la superficie de apoyo de alma central (45) que está limitada en la cara opuesta a la superficie de apoyo de alma central (45) por una pared lateral (41, 41') del molde (40), comprendiendo al menos una capa intermedia (46, 46') extendida en dirección longitudinal del alma (50) que se configura fundamentalmente como negativo del molde de la al menos una ranura (47, 47'), presentando la capa intermedia (46, 46') especialmente por su cara superior una superficie de apoyo de alma periférica (45a, 45a') que al insertar la capa intermedia (46, 46') en la ranura (47, 47') alarga la superficie de apoyo de alma central (45) hacia una pared lateral (41, 41').
- 15 2. Molde (40) según la reivindicación 1, caracterizado por que la al menos una ranura (47, 47') termina en el posterior desarrollo del molde (40) en dirección a la punta de pala (3) de la pala de rotor (1), configurándose en la zona (19) del molde (40) por el lado de la punta de pala una superficie de apoyo de alma (45') con un desarrollo de altura uniforme, desarrollándose especialmente el paso entre la zona con ranuras (47, 47') y la zona con el desarrollo de altura uniforme de forma escalonada o con un descenso a modo de rampa de la profundidad de ranura.
- 20 3. Molde (40) según la reivindicación 1 ó 2, caracterizado por que la al menos una ranura (47, 47') y/o la al menos una capa intermedia (46, 46') presenta en la sección transversal fundamentalmente una forma rectangular o fundamentalmente una forma trapezoidal, disponiéndose en especial la más corta de las dos caras paralelas de la forma trapezoidal en el fondo de la ranura (47, 47').
- 25 4. Procedimiento para la fabricación de un alma (50) para una pala de rotor (1) de un aerogenerador en un molde (40) según una de las reivindicaciones 1 a 3, con las siguientes fases:
- en la zona de transición (18) por el lado de la raíz de pala se coloca al menos una primera capa de fibras (54, 55) en una pared lateral (41, 41') del molde que llega hasta el fondo de la al menos una ranura (47, 47'),
  - al menos una segunda capa de fibras (53) y/o al menos un segundo conjunto de capas de fibras se inserta junto con una capa intermedia (46, 46') en la ranura, llegando la segunda capa de fibras (53) y/o el segundo conjunto de capas de fibras fundamentalmente hasta el fondo de la ranura (47, 47') y colocándose encima de una pared lateral de la capa intermedia (46, 46') y de la superficie de apoyo de alma periférica (45a, 45a') de la capa intermedia (46, 46'), así como encima de la superficie de apoyo de alma central (45),
  - un material de núcleo (51) del alma (50) se coloca sobre la segunda capa de fibras (53),
  - al menos una tercera capa de fibras (52) y/o al menos un tercer conjunto de capas de fibras se coloca sobre el material de núcleo (51) del alma (50), ajustándose hacia arriba al menos una parte de la tercera capa de fibras (52) y/o del tercer conjunto de capas de fibras, que sobresale del material de núcleo (51), a la primera capa de fibras (54, 55) en la pared lateral (41, 41'),
  - el alma (50) se une y endurece mediante inyección y/o endurecimiento de una resina o de un material adhesivo en la y/o en las capas de fibras (52-55).
- 30 35 40 45 50 55
5. Procedimiento según la reivindicación 4, caracterizado por que una capa de fibras continua (52, 53) se introduce en el molde (40) como segunda capa de fibras (53) y/o la tercera capa de fibras (52), y/o por que un conjunto de capas de fibras se introduce en el molde (40) como segundo conjunto de capas de fibras y/o como tercer conjunto de capas de fibras que comprende al menos una capa de fibras central, así como una o varias capas de fibras periféricas, cubriendo la capa de fibras central del conjunto el material de núcleo (51), formando la capa de fibras o las capas de fibras respectivamente una mitad de un pie de alma en forma de "T" y solapándose al menos parcialmente la capa de fibras central y/o el material de núcleo.
6. Procedimiento según la reivindicación 4 ó 5, caracterizado por que un espacio existente en la zona de una raíz de pala en forma de "T" entre la primera capa de fibras (54, 55), así como la segunda o la tercera capa de fibras (52, 53) o el segundo o el tercer conjunto de capas de fibras, por una parte, y un canto del material de núcleo (51), por otra parte, que se configura especialmente de forma que se va estrechando o redondeado, se rellena con un material de relleno (56, 57), siendo en especial un módulo de elasticidad del material de relleno (56, 57) similar a un módulo de elasticidad del material adhesivo o de la resina utilizada.
- 60 7. Procedimiento según la reivindicación 6, caracterizado por que el material de relleno (56, 57) se ha prefabricado o se prefabrica antes de introducirlo en el molde (40), especialmente de madera, madera contrachapeada, pasta adhesiva, resina artificial rellena de fibras cortas y/o géneros de punto de trama de fibras largas o tejidos de fibras largas impregnadas con resina artificial, o por que el espacio se rellena con un material adhesivo o resina.

- 5 8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 7, caracterizado por que en la zona (19) por el lado de la punta de pala de la pala de rotor (1), al menos una primera capa de fibras (53) se ajusta en primer lugar a las paredes laterales (41, 41') y a la superficie de apoyo de alma (45'), colocándose un material de núcleo (51) del alma (50) sobre la primera capa de fibras (53) y colocándose, a continuación, al menos una segunda capa de fibras (52) sobre el material de núcleo (51) y en las paredes laterales (41, 41') sobre la primera capa de fibras (53).
- 10 9. Procedimiento según una de las reivindicaciones 4 a 8, caracterizado por que después de la unión y el endurecimiento del alma (50) en el molde (40), el alma (50) se extrae del molde (40) en primer lugar con la al menos una capa intermedia (46, 46'), separándose a continuación del alma (50) la capa intermedia (46, 46').
- 15 10. Alma (50) para una pala de rotor (1) de un aerogenerador con una superficie de alma formada en una construcción en sándwich de un material de núcleo (51), rodeado por capas de fibras (52, 53), con al menos un pie de alma que en una zona de transición (18) por el lado de la raíz de pala de la pala de rotor (1) se configura al menos por secciones fundamentalmente en forma de "T" y que en una zona (19) por el lado de la punta de pala de la pala de rotor (1) se configura en forma de "L" al menos por secciones y al menos hacia un lado, que se puede fabricar o se fabrica en un molde (40) según una de las reivindicaciones 1 a 3, especialmente en un procedimiento según una de las reivindicaciones 5 a 10.
- 20 11. Alma (50) según la reivindicación 10, caracterizada por que el material de núcleo (51) en la zona de transición (18) por el lado de la raíz de pala de la pala de rotor presenta por al menos una cara que finaliza en un pie de alma configurado en forma de "T", un canto de alma (58, 59) que se va estrechando y/o redondeado que posee en especial un radio que corresponde fundamentalmente a la mitad del grosor del material de núcleo (51).
- 25 12. Alma (50) según la reivindicación 11, caracterizada por que el canto de alma (58, 59) que se va estrechando y/o redondeado se rodea con al menos una capa de material fibroso, especialmente con un mismo número de capas de fibras y/o con un mismo tipo de conjunto de capas que el del material de núcleo (51).
- 30 13. Pala de rotor (1) de un aerogenerador con un alma (50) según la reivindicación 11 ó 12.
14. Aerogenerador con una pala de rotor (1) según la reivindicación 13.

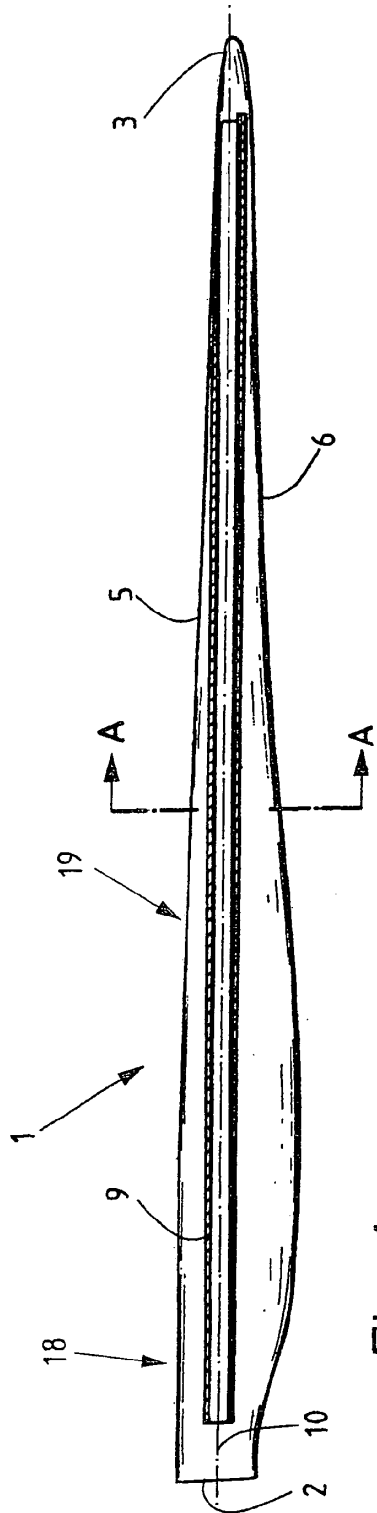


Fig. 1

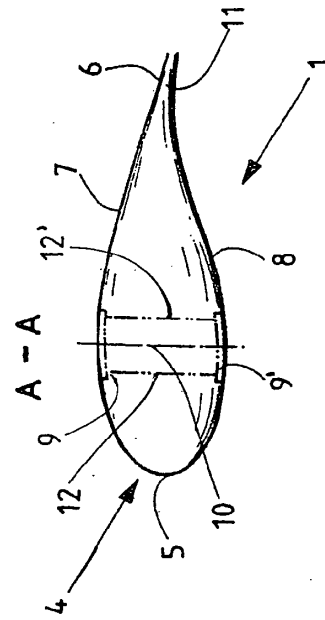


Fig. 2

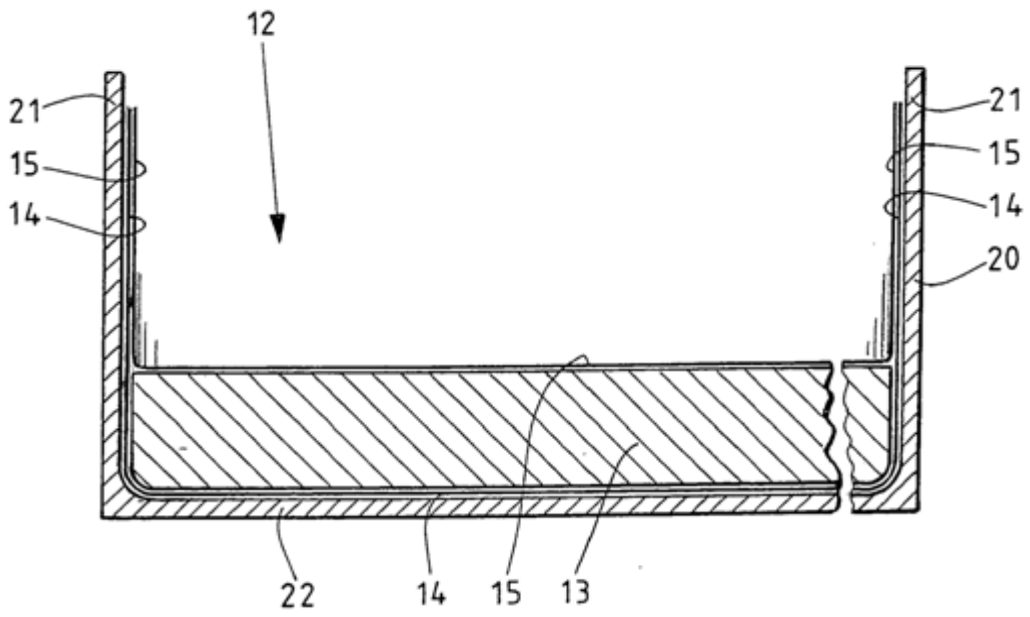
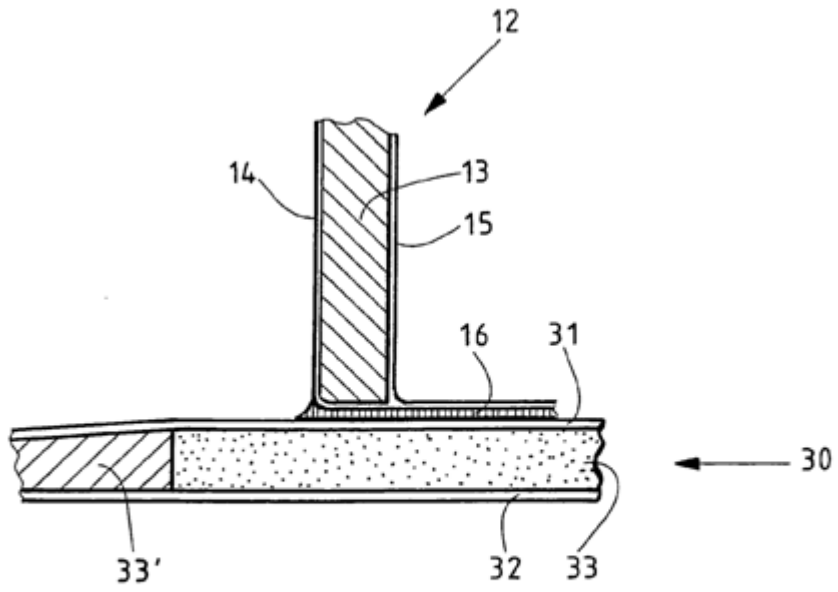
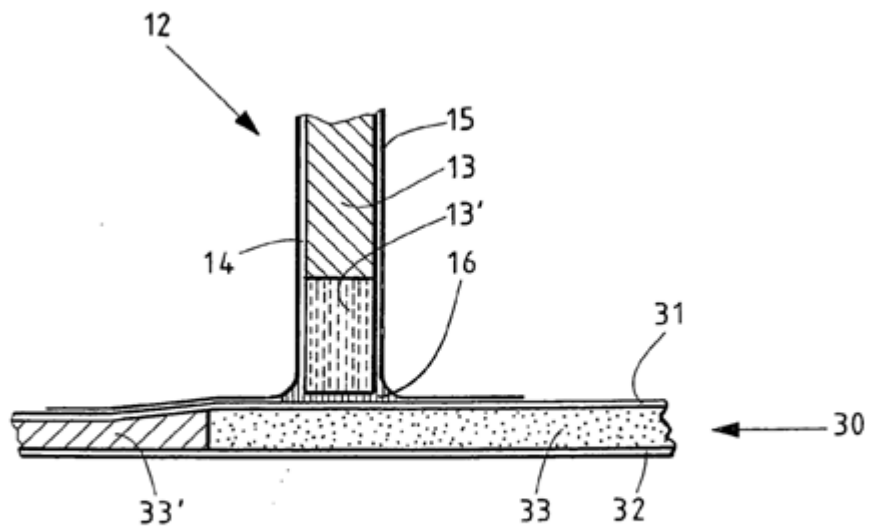


Fig. 3  
(Estado de la técnica)



**Fig. 4**  
(Estado de la técnica)



**Fig. 5**  
(Estado de la técnica)

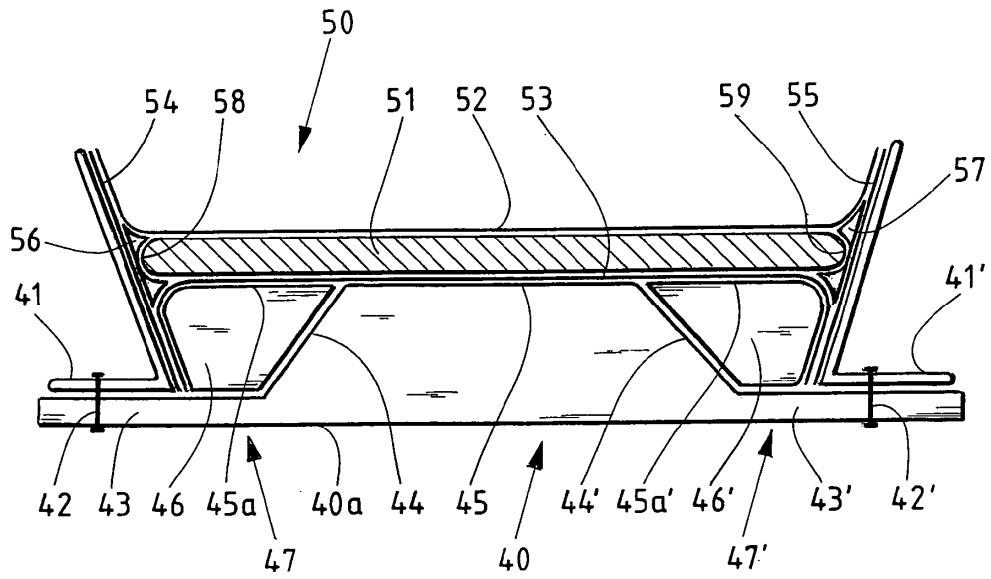


Fig. 6

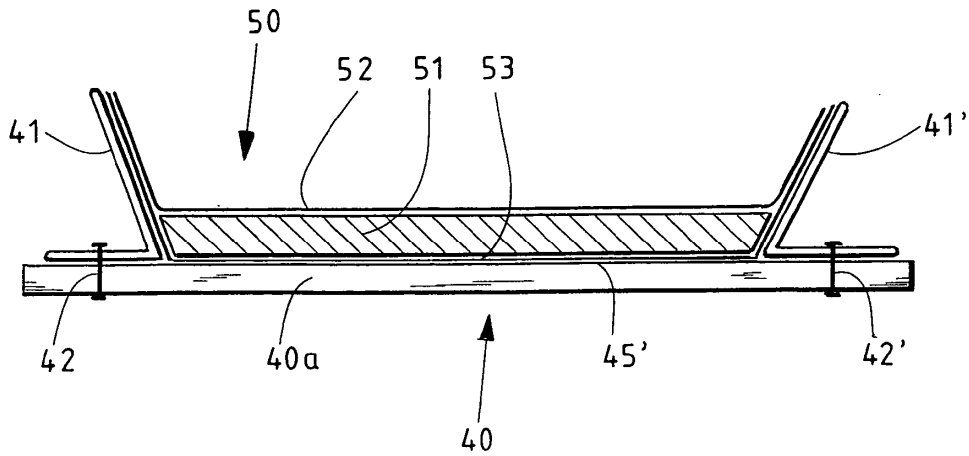


Fig. 7