

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 605 930**

51 Int. Cl.:

B29C 33/30 (2006.01)

B29C 70/42 (2006.01)

B29D 99/00 (2010.01)

F03D 1/06 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2013** **E 13172547 (5)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.09.2016** **EP 2815861**

54 Título: **Procedimiento y herramienta de moldeo para fabricar un segmento de larguero de una pala de rotor de aerogenerador**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
17.03.2017

73 Titular/es:
NORDEX ENERGY GMBH (100.0%)
Langenhorner Chaussee 600
22419 Hamburg, DE

72 Inventor/es:
FRANKOWSKI, MARCO y
LIPKA, THOMAS

74 Agente/Representante:
ROEB DÍAZ-ÁLVAREZ, María

ES 2 605 930 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

Procedimiento y herramienta de moldeo para fabricar un segmento de larguero de una pala de rotor de aerogenerador

5

La invención se refiere a un procedimiento para fabricar un segmento de larguero de una pala de rotor de aerogenerador, ensamblándose la pala de rotor de aerogenerador a partir de una sección longitudinal que presenta el segmento de larguero y a partir de al menos otra sección longitudinal que presenta otro segmento de larguero. El segmento de larguero se fabrica en una herramienta de moldeo y presenta una sección de unión para la unión al otro segmento de larguero. La invención se refiere también a una herramienta de moldeo para fabricar tal segmento de larguero.

10

Las palas de rotor de aerogenerador de los aerogeneradores modernos presentan dimensiones que aumentan cada vez más con el incremento de la potencia de la instalación, existiendo a menudo longitudes de, por ejemplo, 60 m o más. Esto dificulta no sólo la fabricación de las palas de rotor, sino también su transporte y montaje en el lugar de emplazamiento del aerogenerador. En relación particularmente con el transporte es conocido ensamblar las palas de rotor de aerogenerador en el lugar de emplazamiento del aerogenerador a partir de varias partes de pala prefabricadas. Este tipo de palas de rotor presenta en particular varias secciones longitudinales, compuestas en cada caso de una estructura portante y una envoltura aerodinámica. Se han dado a conocer diferentes ideas para unir las dos secciones longitudinales, entre las que se encuentran las uniones por arrastre de fuerza, por ejemplo, con ayuda de pernos roscados o cables tensores. Se conoce asimismo una unión por pegado de las secciones longitudinales.

15

20

Por el documento WO2009/030228A1 es conocida una pala de rotor de aerogenerador dividida en dos secciones longitudinales. En una zona de unión sobresalen fibras de refuerzo secas de secciones longitudinales prefabricadas, que se deben embutir en un material de plástico al ensamblarse las dos secciones longitudinales.

25

Por los dos documentos EP1485611B1 y EP1485610B1 son conocidas palas de rotor de aerogenerador de una sola pieza que presentan diferentes tipos de fibra en dos secciones longitudinales diferentes. Cerca de la punta de pala se deben usar fibras de carbono y cerca de la raíz de pala se deben usar fibras de vidrio. Las partes de ambos tipos de fibra se fusionan entre sí en una zona de transición.

30

Por el documento DE102010015392A1 es conocida una pala de rotor de aerogenerador que está dividida en dos secciones longitudinales y cuyos largueros principales presentan un elemento de unión en forma de lámina. Dos largueros principales en el lado de presión y de succión de la pala de rotor se deben extender en forma de lámina y pegar entre sí.

35

Por el documento EP1761702B1 son conocidas palas de rotor divididas en dos secciones longitudinales, cuyos largueros principales en estado endurecido se pueden proveer de un dentado. Los dientes o dedos, configurados de esta manera, se pegan entre sí.

40

Por el documento EP1603735B1 se conocen una unión entre partes compuestas con diferentes propiedades y procedimientos para su fabricación. Con este fin se crea una zona de transición entre las dos partes compuestas, que presenta materiales de fibra diferentes.

45

Por el documento WO2010/065928A1 son conocidas palas de rotor de aerogenerador, cuyos largueros están contruidos a partir de varias capas de fibras de refuerzo. En este caso se pegan entre sí preferentemente perfiles rectangulares prefabricados, los llamados perfiles pultrusionados. Mediante este pegado de perfiles de longitud diferentes se crea una sección de unión que se puede pegar a otro segmento de perfil.

50

Partiendo de esto, la invención tiene el objetivo de poner a disposición un procedimiento y una herramienta de moldeo para fabricar un segmento de larguero de una pala de rotor de aerogenerador, que posibiliten una fabricación de un segmento de larguero particularmente simple, fiable, con ahorro de material y con propiedades de resistencia óptimas, así como un segmento de larguero con estas propiedades.

55

Este objetivo se consigue mediante el procedimiento con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones secundarias siguientes aparecen configuraciones ventajosas.

El procedimiento sirve para fabricar un segmento de larguero de una pala de rotor de aerogenerador,

ensamblándose la pala de rotor de aerogenerador a partir de una sección longitudinal que presenta el segmento de larguero y a partir de al menos otra sección longitudinal que presenta otro segmento de larguero, fabricándose el segmento de larguero en una herramienta de moldeo y presentando una sección de unión para la unión a otro segmento de larguero y comprendiendo el procedimiento las etapas siguientes:

- 5 a) poner a disposición una primera parte de herramienta de moldeo,
- b) disponer un primer paquete de capas de fibras de refuerzo en la primera parte de herramienta de moldeo y disponer una segunda parte de herramienta de moldeo, de modo que entre la primera parte de herramienta de moldeo y la segunda parte de herramienta de moldeo queda configurado un primer espacio intermedio, en el que
- 10 está dispuesta una parte del primer paquete de capas de fibras de refuerzo,
- c) disponer un segundo paquete de capas de fibras de refuerzo y disponer una tercera parte de herramienta de moldeo, de modo que entre la segunda parte de herramienta de moldeo y la tercera parte de herramienta de moldeo queda configurado un segundo espacio intermedio, en el que está dispuesta una parte del segundo paquete de capas de fibras de refuerzo,
- 15 d) endurecer un material de plástico que envuelve las fibras de refuerzo y
- e) extraer del molde el segmento de larguero,

estando moldeados y dispuestos entre sí el primer y el segundo espacio intermedio de tal modo que las secciones del segmento de larguero, fabricadas aquí, forman la sección de unión para la unión con la otra sección de unión del otro segmento de larguero.

La pala de rotor de aerogenerador puede estar destinada para un aerogenerador con un rotor de eje horizontal. La misma puede estar fabricada de un material de plástico reforzado con fibras, por ejemplo, mediante un procedimiento de infusión al vacío. La sección longitudinal y la otra sección longitudinal de la pala de rotor de aerogenerador pueden estar ensambladas a partir de dos semiconchas prefabricadas, en particular una semiconcha en el lado de presión y una semiconcha en el lado de succión. La pala de rotor de aerogenerador tiene una estructura portante y una envoltura aerodinámica. La estructura portante presenta al menos un larguero, en particular un larguero principal en el lado de presión y un larguero principal en el lado de succión. Es posible incorporar otro larguero o varios otros largueros, por ejemplo, un larguero de borde extremo en la zona del borde extremo perfilado. El larguero o los largueros discurren esencialmente en dirección longitudinal de la pala de rotor de aerogenerador. La estructura portante de la pala de rotor de aerogenerador puede presentar otros elementos, por ejemplo, uno o varios nervios, dispuestos en particular entre un larguero principal en el lado de presión y un larguero principal en el lado de succión. La envoltura aerodinámica de la pala de rotor de aerogenerador puede estar formada en particular por las semiconchas mencionadas y está unida fijamente a los largueros. Para ensamblar la pala de rotor de aerogenerador a partir de la sección longitudinal y la otra sección longitudinal está previsto unir entre sí el segmento de larguero de la sección longitudinal y el otro segmento de larguero de la otra sección longitudinal. Si en la envoltura aerodinámica queda a continuación una abertura, ésta se puede cerrar posteriormente. Para unir los dos segmentos de larguero, el segmento de larguero de la sección longitudinal presenta una sección de unión. El otro segmento de larguero de la otra sección longitudinal presenta otra sección de unión que está adaptada a la sección de unión del segmento de larguero de tal modo que se puede conseguir una unión, en particular mediante pegado, de los dos segmentos de larguero con una resistencia suficiente.

Los paquetes de capas mencionados de fibras de refuerzo pueden presentar una o varias capas de fibras de refuerzo. Las capas pueden estar fabricadas a partir de rovings individuales, napas o tejidos de fibras de refuerzo, en particular en una disposición unidireccional a lo largo de una dirección longitudinal del segmento de larguero. Al disponerse en la parte de herramienta de moldeo, cada capa se puede manipular por separado o un paquete de capas, preparado a partir de varias capas, se puede manipular también en su conjunto. En el caso de las fibras de refuerzo se puede tratar de cualquier material de fibra, por ejemplo, fibras de vidrio, fibras de carbono o fibras de un material de plástico.

Las etapas de procedimiento a) hasta e) se pueden ejecutar en el orden indicado. En cada una de las etapas b) y c) se puede colocar primero el paquete de capas respectivo de fibras de refuerzo y a continuación se puede disponer la parte de herramienta de moldeo respectiva. Es posible asimismo colocar las fibras de refuerzo del respectivo paquete de capas o una parte de los mismos sólo después de disponerse la parte de herramienta de moldeo mencionada en la etapa de procedimiento en cuestión, por ejemplo, al insertarse una parte de las fibras de refuerzo en el espacio intermedio configurado.

Antes de endurecerse el material de plástico que envuelve las fibras de refuerzo, tales fibras de refuerzo quedan embutidas en el material de plástico, de modo que con el endurecimiento se crea un material compuesto de fibras

resistente. El material de plástico puede presentar, por ejemplo, una resina epoxi o de poliéster u otro material de plástico endurecible.

La primera, la segunda y la tercera parte de herramienta de moldeo juntas configuran en la disposición prevista dos espacios intermedios, en los que penetra al menos parcialmente en cada caso un paquete de capas de fibras de refuerzo. Por tanto, cuando se endurece el material de plástico, en cada uno de los espacios intermedios se crea un diente que se puede pegar por una gran superficie a la otra sección de unión, en particular a uno o varios dientes de la otra sección de unión, moldeados y dispuestos de manera complementaria. Los dientes, configurados en los espacios intermedios, forman conjuntamente la sección de unión. Se entiende que el procedimiento no está limitado a la cantidad de paquetes de capas, partes de herramienta de moldeo o espacios intermedios mencionados en la reivindicación, sino que se puede diseñar también con una cantidad mayor de paquetes de capas, partes de herramienta de moldeo, espacios intermedios y dientes configurados en los mismos. En este caso, entre las etapas de procedimiento c) y d) se puede ejecutar otra etapa, en la que se disponen un tercer paquete de capas de fibras de refuerzo y una cuarta parte de herramienta de moldeo, de modo que entre la tercera parte de herramienta de moldeo y la cuarta parte de herramienta de moldeo se configura un tercer espacio intermedio, en el que se dispone una parte del tercer paquete de capas de fibras de refuerzo y así sucesivamente. De esta manera se pueden formar en total, por ejemplo, no sólo dos, sino tres a 50 dientes, con preferencia cinco a 15 dientes aproximadamente. Se entiende que también las características de las configuraciones del procedimiento, de la herramienta de moldeo y del segmento de larguero, que se explican a continuación, se pueden adaptar a la cantidad deseada de dientes.

Que las secciones del segmento de larguero, fabricadas en los espacios intermedios de las partes de herramienta de moldeo, formen una sección de unión para la unión con la otra sección de unión del otro segmento de larguero, significa que la sección de unión creada se puede unir a otra sección de unión moldeada de manera complementaria, en particular al juntarse los dos segmentos de larguero. Esto se puede conseguir, por ejemplo, al estar dispuestos esencialmente en paralelo todos los espacios intermedios de las partes de herramienta de moldeo o al estar configuradas superficies laterales de los espacios intermedios o flancos de los dientes del segmento de larguero, configurados en estos espacios intermedios, esencialmente en paralelo a un flanco correspondiente de un diente contiguo o de todos los demás dientes. No obstante, son posibles también diseños diferentes de los espacios intermedios y de los dientes configurados en los mismos, dado el caso, inclusive superficies curvadas, siempre que la sección de unión y la otra sección de unión, moldeada de manera complementaria, se puedan unir sin problemas.

El procedimiento posibilita una fabricación particularmente simple y fiable de segmentos de larguero. En particular se puede cumplir exactamente la geometría deseada de la sección de unión y su disposición relativa respecto al desarrollo ulterior del segmento de larguero. En relación con el diseño del segmento de larguero no existe ningún tipo de limitación en comparación con un larguero convencional de una sola pieza. Es posible en particular una curvatura compleja y doble del segmento de larguero en diferentes direcciones espaciales. Por una curvatura en una dirección determinada se entiende siempre que el componente en cuestión está curvado en un plano de corte que encierra la dirección determinada. Por ejemplo, una pala de rotor doblada hacia el lado de presión se identifica como curvada en dirección longitudinal de la pala de rotor. Una superficie exterior de un segmento de larguero, que sigue el perfil aerodinámico de la pala de rotor, se identifica como curvada en dirección transversal de la pala de rotor.

Los dientes, los flancos de diente, las superficies interiores y/o las superficies exteriores del segmento de larguero pueden estar diseñados de manera plana en la sección de unión. Estas superficies planas se pueden transformar por fuera de la sección de unión, o sea, por fuera de la zona de solapamiento de los dientes, en una zona de transición en la curvatura del segmento de larguero, presente aquí. Una longitud de la zona de transición puede equivaler aproximadamente a 0,5 a 10 veces una longitud de la sección de unión.

Otra ventaja particular radica en que mediante el procedimiento quedan predefinidas exactamente las fibras de refuerzo que forman los dientes de la sección de unión, de modo que se puede garantizar una transmisión óptima de la fuerza desde la sección de unión hasta el segmento de larguero. En particular, esencialmente todas las capas o fibras de refuerzo, contenidas en el primer y en el segundo paquete de capas, se pueden introducir hasta el interior de la sección de unión o de uno de los dientes. Esto no se puede conseguir de manera fiable cuando los dientes se fabrican posteriormente por arranque de virutas.

El procedimiento posibilita además especialmente un ahorro de material, porque las fibras de refuerzo se colocan en la herramienta de moldeo según las necesidades y no se generan pérdidas a causa de un mecanizado posterior por arranque de virutas en la pieza de trabajo endurecida, como está previsto en parte en el estado de la técnica. El procedimiento permite la creación, cercana al contorno extremo, de una geometría compleja, o sea, la fabricación de un segmento de larguero, cuya superficie exterior puede colindar directamente con una superficie aerodinámica de

la pala de rotor o se puede disponer a una distancia pequeña y/o uniforme de la misma.

En una configuración del procedimiento, la segunda y/o la tercera parte de herramienta de moldeo se orientan y/o se fijan en una de las partes de herramienta de moldeo dispuestas previamente, cuando se disponen la segunda y la
5 tercera parte de herramienta de moldeo. Esto garantiza que todas las partes de herramienta de moldeo queden situadas en la disposición prevista durante el endurecimiento del material de plástico.

En una configuración, el primer y el segundo paquete de capas de fibras de refuerzo presentan respectivamente un primer tipo de fibra y entre el primer y el segundo paquete de capas se dispone otro paquete de capas de fibras de
10 refuerzo que presenta un segundo tipo de fibra, presentando el primer tipo de fibra una resistencia mayor y/o una rigidez mayor que el segundo tipo de fibra y/o presentando el primer y el segundo paquete de capas respectivamente un espesor mayor que el otro paquete de capas. Por ejemplo, el primer tipo de fibra puede ser una fibra de carbono y el segundo tipo de fibra puede ser una fibra de vidrio. Es posible asimismo el uso de tipos de fibra de carbono diferentes al primer y al segundo tipo de fibra. Se entiende que cada uno de los paquetes de capas
15 puede presentar también exclusivamente el tipo de fibra mencionado en cada caso. En esta configuración, los otros paquetes de capas sirven mayormente para bloquear las grietas, o sea, impiden la formación de grietas entre el primer y el segundo paquete de capas de fibras de refuerzo bajo carga. Las cargas principales son absorbidas, por el contrario, por el primer y el segundo paquete de capas, o sea, por el primer tipo de fibra con la mayor resistencia y rigidez y/o el mayor grosor. En el caso de la configuración con más de dos dientes y del uso de una cantidad
20 correspondiente de paquetes de capas con el primer tipo de fibra se puede prever entre dos de estos paquetes de capas respectivamente otro paquete de capas con el segundo tipo de fibra, de modo que se alternan siempre paquetes de capas con el primer y el segundo tipo de fibra.

En una configuración, el otro paquete de capas se coloca en la herramienta de moldeo de modo que no penetra en
25 ninguno de los espacios intermedios. Las secciones de unión, decisivas para la resistencia de la unión entre el segmento de larguero y el otro segmento de larguero, se forman entonces exclusivamente mediante los paquetes de capas de fibras de refuerzo con el primer tipo de fibra, consiguiéndose así una resistencia óptima.

Los paquetes de capas de fibras de refuerzo se pueden colocar en la herramienta de moldeo en forma de paquetes
30 de fibras preimpregnados con el material de plástico. Los paquetes de fibras preimpregnados se identifican también como prepregs. El uso de tales prepregs permite el cumplimiento exacto de muchos parámetros del material, por ejemplo, la orientación prevista de las fibras de refuerzo y los porcentajes relativos de fibras/plástico. Cuando se usan los prepregs, el material de plástico se puede endurecer con ayuda de una temperatura elevada y/o una presión elevada, por ejemplo, en un autoclave.

Alternativamente, las fibras de refuerzo se colocan secas en la herramienta de moldeo. El material de plástico se introduce a continuación en forma líquida en la herramienta de moldeo mediante un procedimiento de infusión al vacío o un procedimiento de inyección, de modo que envuelve las fibras de refuerzo. Al introducirse el material de plástico mediante un procedimiento de infusión al vacío, la herramienta de moldeo se cierra de manera hermética al
40 aire y en el espacio interior se genera un vacío, en particular por medio de una bomba de vacío. El material de plástico líquido circula después a través de canales hacia el interior de la herramienta de moldeo. En caso de un procedimiento de inyección, el material de plástico, que circula hacia el interior de la herramienta de moldeo, está sometido adicionalmente a una presión elevada. En ambos casos, las fibras de refuerzo quedan embutidas completamente en una matriz de plástico después de entrar el material de plástico, de modo que al endurecerse el
45 material de plástico se crea un material compuesto de gran resistencia.

En una configuración del procedimiento, el primer y el segundo paquete de capas de fibras de refuerzo presentan respectivamente una pluralidad de capas de fibras de refuerzo, colocándose las capas individuales a distancias diferentes en el interior del espacio intermedio en cuestión. Las fibras intermedias de las capas individuales finalizan
50 entonces de manera escalonada y penetran a distancias diferentes en el espacio intermedio. Esto resulta adecuado en particular en caso de un desarrollo de los dientes individuales que se va estrechando hacia el extremo del segmento de larguero.

En una configuración, la segunda y/o la tercera parte de herramienta de moldeo, separadas de la primera parte de
55 herramienta de moldeo, se retiran del segmento de larguero al extraerse del molde el segmento de larguero. El uso de varias partes de herramienta de moldeo posibilita no sólo una colocación óptima de las fibras de refuerzo de las capas individuales en la herramienta de moldeo, sino que simplifica también el desmoldeo en particular en caso de secciones de unión largas o en caso de dientes de pequeño grosor en relación con su longitud.

El objetivo, indicado arriba, se consigue asimismo mediante la herramienta de moldeo con las características de la reivindicación 7. En las reivindicaciones secundarias siguientes aparecen configuraciones ventajosas.

La herramienta de moldeo sirve para fabricar un segmento de larguero de una pala de rotor de aerogenerador y presenta:

- una primera parte de herramienta de moldeo, una segunda parte de herramienta de moldeo y una tercera parte de herramienta de moldeo,
- medios que permiten situar y fijar las partes de herramienta de moldeo relativamente entre sí en una disposición predefinida, de modo que entre la primera parte de herramienta de moldeo y la segunda parte de herramienta de moldeo queda configurado un primer espacio intermedio y entre la segunda parte de herramienta de moldeo y la tercera parte de herramienta de moldeo queda configurado un segundo espacio intermedio,
- estando moldeados y situados relativamente entre sí los espacios intermedios de modo que secciones, fabricadas aquí, del segmento de larguero forman una sección de unión para la unión con otra sección de unión de otro segmento de larguero.

Para explicar las características de la herramienta de moldeo se remite a las explicaciones anteriores de las características correspondientes del procedimiento. Esto se aplica también a las ventajas de la invención indicadas en relación con el procedimiento. En particular, la herramienta de moldeo puede presentar otras partes de herramienta de moldeo, entre las que están configurados otros espacios intermedios, lo que es adecuado para la fabricación, ya explicada, de segmentos de larguero con más de dos dientes.

En una configuración de la herramienta de moldeo, la primera parte de herramienta de moldeo presenta un lado interior con una longitud mayor o igual que la longitud del segmento de larguero. Este lado interior de la primera parte de herramienta de moldeo define en particular la geometría de un lado exterior del segmento de larguero fabricado aquí. La primera parte de herramienta de moldeo puede estar configurada en forma de una o varias piezas.

En una configuración, el lado interior está curvado en una dirección longitudinal de la primera parte de herramienta de moldeo y/o en una dirección transversal de la primera parte de herramienta de moldeo. En particular, el lado interior puede estar moldeado de manera complementaria a un lado exterior aerodinámico de la pala de rotor de aerogenerador y el segmento de larguero, fabricado en la parte de herramienta de moldeo, puede colindar directamente con esta superficie aerodinámica o puede estar dispuesto a una distancia esencialmente uniforme de la misma.

En una configuración, los medios para situar y/o fijar las partes de herramienta de moldeo presentan taladros, ranuras o entalladuras y pernos, nervios o resaltos que engranan aquí. Estos medios interactivos posibilitan un posicionamiento exacto de las partes de herramienta de moldeo individuales relativamente entre sí y, dado el caso, simultáneamente una fijación de las partes de herramienta de moldeo entre sí. Se entiende que para la fijación se pueden usar también medios de fijación separados.

En una configuración, la primera parte de herramienta de moldeo presenta un molde de larguero y una parte de inserción a colocar en el molde de larguero, estando configurado el lado inferior de la parte de inserción de manera complementaria a una superficie interior del molde de larguero. El molde de larguero puede ser un molde de larguero convencional para fabricar un larguero de una pala de rotor de aerogenerador, no subdividida en secciones longitudinales, con una geometría igual. Esto permite seguir usando el molde de larguero convencional para la invención.

En una configuración, la segunda y la tercera parte de herramienta de moldeo están configuradas en forma de plancha y presentan respectivamente una sección de grosor uniforme, de modo que se pueden apilar en forma de bloques. En particular, todas las partes de herramienta de moldeo mencionadas pueden estar moldeadas de manera idéntica. Esto simplifica la disposición de las partes de herramienta de moldeo y también su fabricación.

En otra configuración se destina un segmento de larguero para una pala de rotor de aerogenerador que se ensambla a partir de una sección longitudinal que presenta el segmento de larguero y a partir de al menos otra sección longitudinal que presenta otro segmento de larguero, y presenta:

- una primera sección longitudinal que presenta un lado exterior, una dirección longitudinal y una dirección transversal, dispuesta ortogonalmente respecto a la dirección longitudinal, y se extiende por una gran parte de la

longitud del segmento de larguero, estando curvado el lado exterior en la dirección longitudinal y en la dirección transversal,

- una sección de unión para la unión con el otro segmento de larguero que está dispuesta en un extremo del segmento de larguero y presenta al menos un primer diente y un segundo diente que están dispuestos de manera contigua y entre los que está configurado un espacio libre,
- presentando el segmento de larguero un primer paquete de capas y un segundo paquete de capas de fibras de refuerzo, extendiéndose el primer paquete de capas por toda la longitud de la primera sección longitudinal y hasta el interior del primer diente de la sección de unión y extendiéndose el segundo paquete de capas por toda la longitud de la primera sección longitudinal y hasta el interior del segundo diente de la sección de unión.

10

Para explicar las características y ventajas del segmento de larguero se remite a las explicaciones anteriores del procedimiento y de la herramienta de moldeo. Las particularidades del segmento de larguero radican en la forma curvada doble del lado exterior de la primera sección longitudinal, lo que posibilita una disposición, cercana al contorno extremo, del segmento de larguero dentro de la pala de rotor de aerogenerador y en los paquetes de capas de fibras de refuerzo introducidos hasta el interior de los dientes.

15

En una configuración, el primer y el segundo paquete de capas de fibras de refuerzo presentan respectivamente un primer tipo de fibra y entre el primer paquete de capas y el segundo paquete de capas está dispuesto otro paquete de capas de fibras de refuerzo que presenta un segundo tipo de fibra, presentando el primer tipo de fibra una resistencia mayor y/o una rigidez mayor que el segundo tipo de fibra y/o presentando el primer y el segundo paquete de capas respectivamente un grosor mayor que el otro paquete de capas. Para explicar esta configuración se remite a las explicaciones anteriores de la reivindicación correspondiente del procedimiento.

20

El otro paquete de capas puede finalizar por delante de la sección de unión o de manera que colinda directamente con la misma. Éste no se extiende preferentemente hasta el interior de ninguno de los dientes. En este sentido se remite también a las explicaciones anteriores.

25

En una configuración, el segmento de larguero presenta superficies de sección transversal de igual tamaño en la primera sección longitudinal a una distancia de la sección de unión y en una posición que colinda directamente con una zona de raíz de los dientes. Es decir, no hay una ampliación de la sección transversal en la zona de la sección de unión o en una zona de transición a la misma. Como resultado de la construcción especial del segmento de larguero, éste presenta, no obstante, una resistencia suficiente también la zona de unión con el otro segmento de larguero.

30

Se entiende que los elementos explicados arriba, en particular las configuraciones del procedimiento, de la herramienta de moldeo y del segmento de larguero, que se explicaron en detalle, se pueden combinar de cualquier manera entre sí. En particular está previsto fabricar el segmento de larguero mediante el procedimiento según la invención en la herramienta de moldeo según la invención.

35

La invención se explica detalladamente a continuación por medio de ejemplos de realización representados en las figuras. Muestran:

40

Fig. 1 una pala de rotor de aerogenerador, formada por dos secciones longitudinales, en una vista simplificada del borde de ataque perfilado;

45

Fig. 2 la pala de rotor de aerogenerador de la figura 1, en una vista del lado de presión;

Fig. 3 una sección a escala ampliada de la zona identificada en la figura 1;

Fig. 4 una representación, nuevamente a escala ampliada, de la zona superior de la figura 3;

Fig. 5 una configuración alternativa de la zona de unión representada a escala ampliada en la figura 4;

50

Fig. 6 una representación simplificada para explicar el procedimiento, según la invención, mediante una parte de un segmento de larguero en una herramienta de moldeo, en un corte longitudinal;

Fig. 7 un corte transversal a lo largo del plano identificado con A-A en la figura 6;

Fig. 8 un corte transversal a lo largo del plano identificado con AB-AB en la figura 6;

Fig. 9 un corte transversal a lo largo del plano identificado con AB'-AB' en la figura 6;

Fig. 10 un corte transversal a lo largo del plano identificado con B-B en la figura 6;

55

Fig. 11 una representación despiezada de partes de la herramienta de moldeo de la figura 4;

Fig. 12 una vista del lado superior de la parte de herramienta de moldeo representada abajo en la figura 11;

Fig. 13 una vista en perspectiva del lado inferior de la parte de herramienta de moldeo de la figura 12;

Fig. 14 una vista en perspectiva del lado superior de la parte de herramienta de moldeo superior de la figura 4;

Fig. 15 una vista en perspectiva del lado inferior de la parte de herramienta de moldeo de la figura 14;

Fig. 16 una representación esquemática de una pala de rotor, ensamblada a partir de dos secciones longitudinales, en una vista simplificada del borde de ataque perfilado; y

Fig. 17 una vista del lado de presión de la pala de rotor de aerogenerador de la figura 16.

5 La pala de rotor de aerogenerador 10 de la figura 1 presenta una sección longitudinal 12 y otra sección longitudinal 14 que todavía no están unidas entre sí en la figura, sino dispuestas a distancia una de otra. La sección longitudinal 12 se extiende desde una raíz de pala 16 hasta un punto de división B. La otra sección longitudinal 14 se extiende desde este punto de división B hasta una punta de pala 18.

10 Tanto la sección longitudinal 12 como la otra sección longitudinal 14 presentan respectivamente una estructura portante y una parte de la envoltura aerodinámica de la pala de rotor de aerogenerador 10. Un lado de presión 20 de la pala de rotor de aerogenerador 10 se encuentra arriba en la figura 1 y se forma, por una parte, mediante la sección longitudinal 12 y, por la otra parte, mediante la otra sección longitudinal 14. Un lado de succión 22 de la pala de rotor de aerogenerador 10 se encuentra abajo en la figura 1 y se forma asimismo, por una parte, mediante la
15 sección longitudinal 12 y, por la otra parte, mediante la otra sección longitudinal 14.

En la zona del punto de división B se pueden observar sólo a grandes rasgos cuatro segmentos de larguero 24 a 30. Se trata de un segmento de larguero 24, situado en el lado de presión, y un segmento de larguero 26, situado en el lado de succión, de la sección longitudinal 12, así como de un segmento de larguero 28, situado en el lado de
20 presión, y un segmento de larguero 30, situado en el lado de succión, de la otra sección longitudinal 14.

En la figura 1 se observa que la pala de rotor de aerogenerador 10 presenta en particular en la zona de la otra sección longitudinal una curvatura hacia el lado de presión 20, de modo que los segmentos de larguero 28, 30, que discurren cerca de la superficie exterior aerodinámica, presentan asimismo una curvatura en dirección longitudinal
25 de la otra sección longitudinal 14. Los segmentos de larguero 24, 26 están curvados también en correspondencia con el desarrollo del lado de succión 20 y del lado de presión 22 en la zona de la sección longitudinal 12 en su dirección longitudinal.

En la figura 2, la vista está dirigida hacia el lado de presión 20 de la pala de rotor de aerogenerador 10 de la figura 1
30 y la sección longitudinal 12 y la otra sección longitudinal 14 están dispuestas, por lo demás, a una distancia entre sí, como muestra la figura 1. Se observa el desarrollo del borde extremo perfilado 32 y del borde de ataque perfilado 34. En la zona del punto de división B se observa además de manera simplificada esquemáticamente los extremos sobresalientes del segmento de larguero 24, situado en el lado de presión, de la sección longitudinal 12 y del
35 segmento de larguero 28, situado en el lado de presión, de la otra sección longitudinal 14.

En la representación de la figura 3 a escala ampliada, pero simplificada esquemáticamente, se observa de manera un poco más exacta los extremos, enfrentados en la zona del punto de división B, de la sección longitudinal 12 y de la otra sección longitudinal 14 y los segmentos de larguero sobresalientes 24 a 30. De los segmentos de larguero 24
40 a 30 se pueden observar esencialmente en cada caso secciones de unión que presentan una pluralidad de dientes contiguos. Estos se han moldeado de manera complementaria, de modo que se pueden insertar uno dentro de otro y pegar entre sí.

La figura 4 muestra el punto de división B en una vista correspondiente a la figura 1 en una representación, nuevamente a escala ampliada, en la zona del segmento de larguero 24, 28 situado en el lado de presión. Se
45 observa que los dos segmentos de larguero 24, 28 están construidos respectivamente a partir de una pluralidad de capas de fibras de refuerzo de tipos diferentes.

El segmento de larguero 24, situado en el lado de presión, de la sección longitudinal 12 presenta un primer paquete de capas 36, un segundo paquete de capas 38, un tercer paquete de capas 40, un cuarto paquete de capas 42 y un
50 quinto paquete de capas 44 que presentan respectivamente capas de fibras de refuerzo de un primer tipo de fibra con una alta resistencia a la tracción. En el ejemplo mostrado, las fibras de refuerzo de estas capas son exclusivamente fibras de carbono. Entre los paquetes de capas 36 a 44 está representando respectivamente otro paquete de capas 46 de fibras de refuerzo de otro tipo de fibra con una resistencia, en particular una resistencia a la tracción menor. Estas fibras de refuerzo son exclusivamente fibras de vidrio en el ejemplo mostrado. Todos los
55 paquetes de capas mencionados presentan de manera adicional a las fibras de refuerzo un material de plástico, en el que están embutidas las fibras de refuerzo. Los otros paquetes de capas 46 finalizan, partiendo del interior de la sección longitudinal 12, de manera plana en un plano de sección transversal, identificado con el número 48, en el que comienza una sección de unión 50 del segmento de larguero 24. Las capas de fibras de carbono del segmento de larguero 28 finalizan por delante del plano de sección transversal 48. Éstas no entran en contacto con las capas

de fibra de vidrio del segmento de larguero 24 durante el proceso de ensamblaje. Lo mismo se aplica a las capas de fibra de carbono del segmento de larguero 24 que no tocan las capas de fibra de vidrio del segmento de larguero 28.

Hasta el plano de sección transversal 48, los paquetes de capas 36 a 44 y los otros paquetes de capas 46 presentan en cada caso un grosor esencialmente uniforme, siendo el grosor de los paquetes de capas 36 a 44 respectivamente mayor que el grosor de uno u otro paquete de capas 46. A partir del plano de sección transversal 48 disminuye linealmente el grosor de los paquetes de capas 36 a 44 hasta el extremo libre de la sección de unión 50. Esto se consigue mediante una disposición escalonada de las capas individuales en los paquetes de capas 36 a 44. Con otras palabras, cada uno de los paquetes de capas 36 a 44 forma dentro de la sección de unión 50 respectivamente un diente casi triangular en el corte longitudinal representado, o sea, el primer paquete de capas 36 forma un primer diente 52, el segundo paquete de capas 38 forma un segundo diente 54, el tercer paquete de capas 40 forma un tercer diente 56, el cuarto paquete de capas 42 forma un cuarto diente 58 y el quinto paquete de capas 44 forma un quinto diente 60. Un diente, formado por un paquete de capas, puede tener también una forma trapezoidal, en particular cuando la cantidad de capas en el paquete de capas no disminuye a cero.

El segmento de larguero 28, situado en el lado de presión, de la otra sección longitudinal 14 presenta una construcción complementaria al segmento de larguero 24, es decir, está compuesto asimismo de cinco paquetes de capas de fibras de carbono y otros cuatro paquetes de capas, dispuestos en el medio, de fibras de vidrio. En correspondencia asimismo con el segmento de larguero 24, el segmento de larguero 28 presenta cinco dientes que se forman exclusivamente mediante los paquetes de capas con las fibras de carbono.

Para unir la sección longitudinal 12 a la otra sección longitudinal 14 está previsto pegar la sección de unión 50 del segmento de larguero 24 a la sección de unión correspondiente del segmento de larguero 28. De esta manera, esencialmente los paquetes de capas individuales con las fibras de carbono se pegan entre sí por una gran superficie y se crea una unión segmentada. Los otros paquetes de capas 46 tienen esencialmente la función de impedir la formación de grietas.

Como se puede observar en la figura 4 en relación con la figura 1, los paquetes de capas individuales discurren esencialmente en paralelo al lado de presión 20 de la pala de rotor de aerogenerador 10.

Se entiende que los segmentos de larguero 26, 30 en el lado de succión 22 de la pala de rotor de aerogenerador 10 de la figura 1 disponen de una unión correspondiente. Se entiende también que la construcción mostrada de los segmentos de larguero 24, 28 a partir respectivamente de cinco paquetes de capas de fibras de refuerzo y de otros paquetes de capas, dispuestos en el medio, con otro tipo de fibra se muestra a modo de ejemplo y que es posible tanto una cantidad mayor como menor de paquetes de capas.

Para unir los segmentos de larguero 24 a 30 según la figura 4 durante el ensamblaje de la sección longitudinal 12 y de la otra sección longitudinal 14 está previsto llenar completamente de adhesivo las hendiduras de adhesivo, mostradas en la figura 4 y existentes entre los dientes individuales, en particular con ayuda de una sobrepresión. Con este fin, los segmentos de larguero 24, 28 ó 26, 30 a ensamblar se pueden hermetizar en cada caso respecto al entorno en la zona del punto de división B. Esto se puede realizar opcionalmente por medio de un módulo compuesto de fibras 62 que encierra la zona de unión, según la representación esquemática de la figura 5. El módulo compuesto de fibras 62 está fabricado de un material compuesto de fibras, presenta una pequeña rigidez y encierra hacia afuera por completo el punto de unión de los segmentos de larguero correspondientes. Después de endurecerse el adhesivo, el módulo compuesto de fibras 62 puede permanecer en la disposición mostrada dentro de la pala de rotor de aerogenerador 10. El módulo compuesto de fibras 62 permite reducir adicionalmente las sobretensiones y las variaciones de rigidez entre la capa de adhesivo de poca rigidez y las fibras de carbono de alta rigidez.

Por medio de la figura 6 se explica en detalle el proceso de fabricación, tomando como ejemplo el segmento de larguero 24. La figura 6 muestra un corte longitudinal a través de un extremo de este segmento de larguero 24 dentro de una herramienta de moldeo. El segmento de larguero 24 presenta una primera sección longitudinal A, visible sólo parcialmente en la figura 6, y una sección de unión 50 en la zona del punto de división B. Entre ambas se encuentra una sección de transición identificada con AB en la figura 6.

La fabricación del segmento de larguero comienza con la puesta a disposición de una primera parte de herramienta de moldeo 64 que en el ejemplo de la figura 6 está construida en forma de dos piezas y presenta un molde de larguero 66, que se puede usar en particular para fabricar un larguero principal de una pala de rotor de aerogenerador de una sola pieza, y una parte de inserción 68 colocada en este molde de larguero 66 en la zona del

punto de división B.

En la primera parte de herramienta de moldeo 64, formada de esta manera, se coloca primero un material de núcleo 70, por ejemplo, plástico, metal, madera o un material compuesto de fibras. En caso de un diseño correspondiente de la primera parte de herramienta de moldeo 64 se puede prescindir también de este material de núcleo 70, en particular si la primera parte de herramienta de moldeo 64 está configurada a partir de una sola pieza y no se ha de usar un molde de larguero convencional 66, como en el ejemplo mostrado aquí.

A continuación, un primer paquete de capas 36 de fibras de refuerzo se coloca en la herramienta de moldeo. Este primer paquete de capas 36 está integrado, al igual que todos los demás paquetes de capas colocados posteriormente, de capas de fibras de refuerzo preimpregnadas de un material de plástico, los llamados prepregs. Se entiende que para el primer paquete de capas 36 como para todos los otros paquetes de capas se pueden usar varias de estas capas de prepreg, en particular de longitudes diferentes. Éstas forman después varias capas dentro del respectivo paquete de capas.

Después de colocarse las fibras de refuerzo del primer paquete de capas 36 se sitúa una segunda parte de herramienta de moldeo 72 de la manera mostrada en la figura 6, se orientó respecto a la primera parte de herramienta de moldeo 64 y se fijó en la primera parte de herramienta de moldeo 64. Entre la primera parte de herramienta de moldeo 64 y la segunda parte de herramienta de moldeo 72 se crea un espacio intermedio, que ya está lleno de las fibras de refuerzo del primer paquete de capas 36. Las fibras de refuerzo del primer paquete de capas 36 configuran posteriormente en esta zona el primer diente 52.

Otro paquete de capas 46 de fibras de vidrio preimpregnadas se coloca a continuación en la herramienta de moldeo, con preferencia nuevamente en forma de una o varias capas de prepreg. Este otro paquete de capas 46 se aproxima a la superficie delantera, dispuesta en el plano de sección transversal 48, de la segunda parte de herramienta de moldeo 72, en la que finaliza de manera plana.

Después se coloca el segundo paquete de capas 38 de fibras de refuerzo en el molde. Le sigue una tercera parte de herramienta de moldeo 74 que se orienta respecto a la segunda parte de herramienta de moldeo 72 y/o respecto a la primera parte de herramienta de moldeo 64 y se fija aquí. Entre la segunda parte de herramienta de moldeo 72 y la tercera parte de herramienta de moldeo 74 se configura a su vez un espacio intermedio, en el que ya están dispuestas las fibras de refuerzo del segundo paquete de capas 38, que forman posteriormente el segundo diente 54. Le sigue otro paquete de capas 46 que se coloca encima del segundo paquete de capas 38 en la herramienta de moldeo y se aproxima a la superficie delantera de la tercera parte de herramienta de moldeo 74, dispuesta en el plano de sección transversal 48.

El proceso se repite de manera correspondiente para el tercer paquete de capas 40 y la cuarta parte de herramienta de moldeo 76, para el cuarto paquete de capas 42 y la quinta parte de herramienta de moldeo 78, así como para el quinto paquete de capas 44 y una sexta parte de herramienta de moldeo 80. A continuación, es decir, después de haberse conseguido la construcción mostrada en la figura 6 y estar dispuestas todas las capas de material del segmento de larguero 24 en la herramienta de moldeo, se endurece el segmento de larguero 24, opcionalmente mediante el suministro de calor. A tal efecto, la herramienta de moldeo se puede cerrar, dado el caso, hacia arriba, por ejemplo, con una lámina al vacío. Es posible también compactar de otro modo las diferentes capas de material.

Con ayuda del procedimiento explicado se puede implementar en principio cualquier geometría del segmento de larguero 24 y aplicar a una sección de unión 50 adecuada para la unión con la otra sección longitudinal 14. En particular, el segmento de larguero 24 puede presentar en la zona de su primera sección longitudinal A una geometría curvada varias veces, lo que permite disponer el segmento de larguero 24 de manera que colinde directamente con la envoltura aerodinámica de la sección longitudinal 12. Se consigue así en particular una distancia máxima entre el segmento de larguero, situado en el lado de presión, y un segmento de larguero 26 opuesto y situado en el lado de succión. Esto proporciona una capacidad de carga óptima (resistencia y rigidez) de los largueros, porque así se puede garantizar una distancia máxima de las fibras extremas respecto al eje de flexión de la pala de rotor. Por medio de las representaciones en corte transversal de las figuras 7 a 10 se ha de explicar en detalle a modo de ejemplo la curvatura posible del segmento de larguero 24.

La figura 7 muestra un corte transversal dentro de la primera sección longitudinal A, específicamente en el punto identificado con A-A en la figura 6. Se observan los paquetes de capas 36 a 44 y las otras capas 46, dispuestas respectivamente en el medio. En el plano de sección transversal, todas las capas están curvadas en una dirección transversal del segmento de larguero 24, en correspondencia con la curvatura, deseada en la zona del segmento de

larguero 24 en el lado de presión, del lado de presión 20 de la pala de rotor de aerogenerador 10.

La figura 8 muestra un corte transversal a través del segmento de larguero 24 en el punto, identificado con AB-AB en la figura 6, dentro de la sección de transición AB. Se observa una curvatura, existente también, de los paquetes de capas 36 a 44 y de las capas 46 dispuestas en el medio. Por debajo del primer paquete de capas inferior o exterior 36 se muestra otra capa de material de núcleo 70.

La figura 9 muestra otro corte transversal en el punto identificado con AB'-AB' en la figura 6 y situado dentro de la sección de transición AB muy cerca del punto de división B o de la sección de unión 50. En esta zona, sólo la capa inferior de material de núcleo 70 presenta en su lado inferior o exterior una curvatura en correspondencia con el desarrollo del lado de presión 20. Todos los demás paquetes de capas 36 a 44 y las otras capas 46 no están curvados en dirección del corte transversal, sino que son planos. En la dirección longitudinal del segmento de larguero 24, o sea, en perpendicular al plano de sección transversal mostrado, los paquetes de capas individuales, así como la superficie exterior, visible abajo, y la superficie interior, visible arriba, del segmento de larguero 24 pueden seguir estando curvados. Esto es válido dentro de la sección de transición y también dentro de la sección de unión.

Un desarrollo correspondiente de los paquetes de capas individuales está representado también en la figura 10 que muestra un corte transversal en el punto, identificado con B-B en la figura 6, dentro del punto de división B, pero por fuera de la sección de unión 50. En comparación con la figura 9 se observa que el segmento de larguero 24 presenta aquí la misma sección transversal que dentro de la sección de transición AB, cerca del punto de división B. En particular no hay una ampliación de la sección transversal hacia el punto de división B.

La figura 11 muestra en una representación despiezada en perspectiva la parte de inserción 68, que pertenece a la primera parte de herramienta de moldeo 64, así como por encima de la misma, la segunda parte de herramienta de moldeo 72, la tercera parte de herramienta de moldeo 74, la cuarta parte de herramienta de moldeo 76, la quinta parte de herramienta de moldeo 78 y la sexta parte de herramienta de moldeo 80. Las partes de herramienta de moldeo 72 a 80 son idénticas. Éstas presentan respectivamente una primera sección 82 en forma de banda de grosor uniforme. Dentro de estas secciones 82 en forma de banda se encuentran respectivamente dos taladros 84, a través de los que se pueden pasar dos pasadores 86 para fijar entre sí todas las partes de herramienta de moldeo en la disposición relativa prevista. En general, la parte de inserción 68 y las partes de herramienta de moldeo 72 a 80 están configuradas en forma de plancha, uniéndose a las secciones 82 en forma de banda respectivamente una sección 88, triangular en el corte longitudinal. Entre estas secciones 88 están configurados los espacios intermedios individuales, en los que se forman los dientes de los segmentos de larguero.

Otros detalles de las partes de herramienta de moldeo se pueden observar mejor en las figuras 12 a 15. Las figuras 12 y 13 muestran la parte de inserción 68 en una vista desde arriba (figura 12) y en una vista desde abajo (figura 13). Se observa una sección 90, también en forma de banda, que corresponde a las secciones 82 en forma de banda de las demás partes de herramienta de moldeo 72 a 80 y que no presenta, sin embargo, un grosor uniforme. Esta sección 90 está provista asimismo de dos taladros 84 para alojar los pasadores 86. Todo el lado inferior de la parte de inserción 68 está configurado de manera curvada en dirección transversal, de modo que se puede colocar en el molde de larguero 66, curvado en correspondencia con el lado de presión 20, y queda apoyado de forma plana por todos lados en el molde. Adicionalmente, el lado inferior de la parte de inserción 68 está curvado también en la dirección longitudinal, asimismo en correspondencia con el desarrollo del lado de presión 20 de la pala de rotor de aerogenerador 10.

Las figuras 14 y 15 muestran una de las otras partes de herramienta de moldeo 72 a 80, también en una vista en perspectiva del lado superior (figura 14) y del lado inferior (figura 15). Se observan las secciones 82 en forma de banda, ya explicadas, con los taladros 84, así como las secciones 88, situadas a continuación y triangulares en el corte longitudinal, que se estrechan hacia un borde 92 alejado de la sección 82 en forma de banda. El lado superior y el lado inferior de la sección 88 no están curvados, sino que son completamente planos, de modo que la sección de unión 50, formada por los dientes configurados entre este tipo de partes de herramienta de moldeo, se pueden unir sin problemas a una sección de unión configurada de manera complementaria.

La figura 16 muestra una vista esquemática de una pala de rotor de aerogenerador en dirección al borde de ataque, que está ensamblada a partir de una sección longitudinal 12 y de otra sección longitudinal 14. Con líneas discontinuas se indica aquí el desarrollo del larguero principal, situado en el lado de succión, que está compuesto de un segmento de larguero 26, situado en el lado de succión, de la sección longitudinal 12 y de un segmento de larguero 30, situado en el lado de succión, de la otra sección longitudinal 14. El segmento de larguero 26 presenta

una primera sección longitudinal A, una sección de transición AB y una sección de unión en la zona del punto de división B. El segmento de larguero 30 presenta una primera sección longitudinal C, una sección de transición BC y también una sección de unión en la zona del punto de división B. En la zona de las primeras secciones longitudinales A o C, los segmentos de larguero 26, 30 están curvados doblemente, es decir, tanto a lo largo de la dirección longitudinal de la pala de rotor de aerogenerador 10 como en transversal al respecto. En la zona del punto de división B, en la que están dispuestas las secciones de unión 50 de los segmentos de larguero 26, 30, estos no presentan una curvatura, de modo que es posible un ensamblaje sin problemas. En las secciones de transición AB o BC, la geometría curvada doblemente se transforma en el desarrollo, no curvado, en la zona del punto de división B.

10 La figura 17 muestra otra vista esquemática de la pala de rotor de aerogenerador 10 de la figura 16, pero esta vez en dirección al lado de presión. Se observa que el larguero principal, situado en el lado de succión y formado por los segmentos de larguero 26, 30, no está curvado en el plano mostrado. Sin embargo, sería posible una curvatura adicional, en particular en caso de una pala de rotor de aerogenerador 10 con una forma ligeramente de hoz.

15 Lista de números de referencia usados

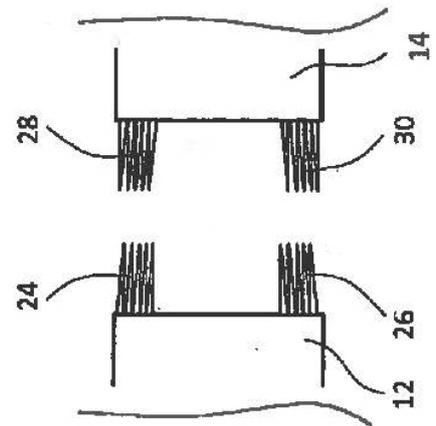
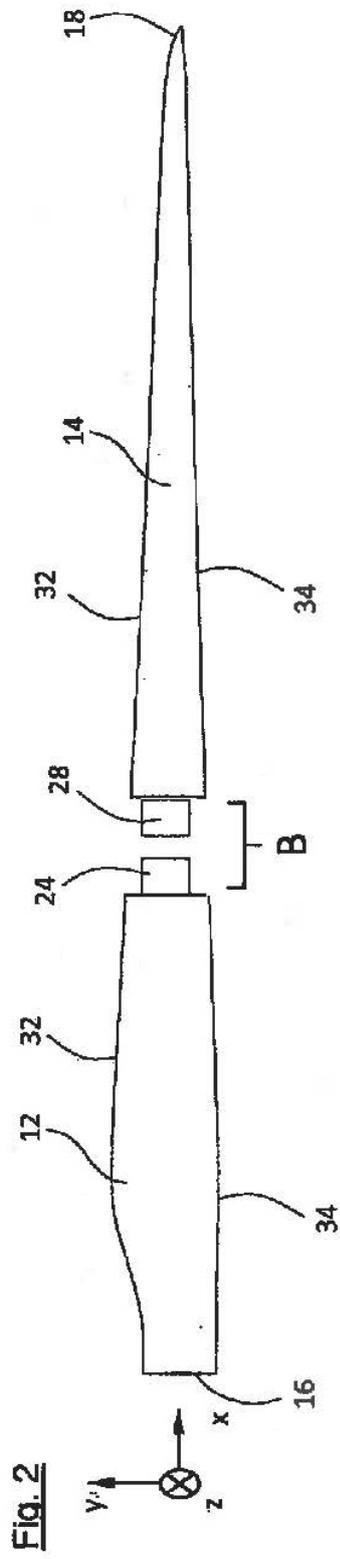
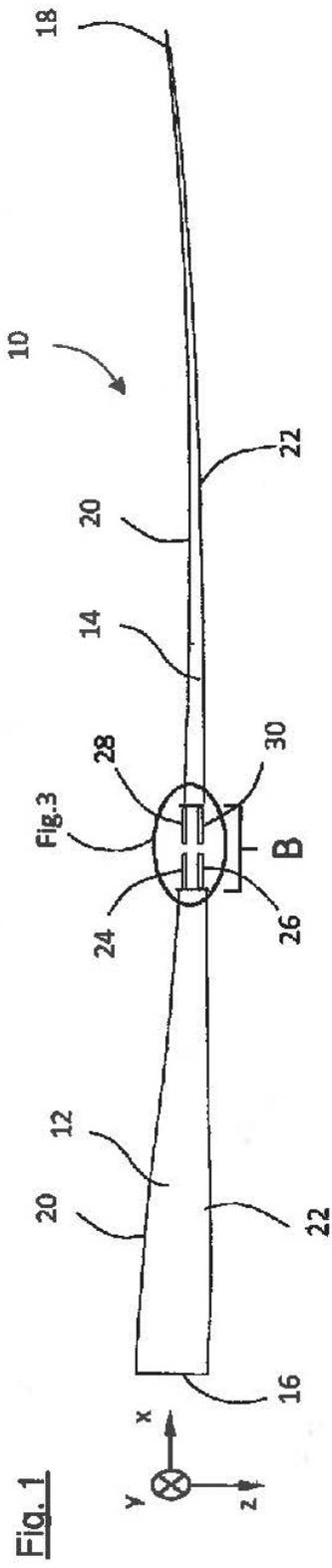
10	Pala de rotor de aerogenerador
12	Sección longitudinal
14	Otra sección longitudinal
20 16	Raíz de pala
18	Punta de pala
20	Lado de presión
22	Lado de succión
24	Segmento de larguero, situado en el lado de presión, de la sección longitudinal 12
25 26	Segmento de larguero, situado en el lado de succión, de la sección longitudinal 12
28	Segmento de larguero, situado en el lado de presión, de la otra sección longitudinal 14
30	Segmento de larguero, situado en el lado de succión, de la otra sección longitudinal 14
32	Borde extremo perfilado
34	Borde de ataque perfilado
30 36	Primer paquete de capas
38	Segundo paquete de capas
40	Tercer paquete de capas
42	Cuarto paquete de capas
44	Quinto paquete de capas
35 46	Otro paquete de capas
48	Plano de sección transversal
50	Sección de unión
52	Primer diente
54	Segundo diente
40 56	Tercer diente
58	Cuarto diente
60	Quinto diente
62	Módulo compuesto de fibras
64	Primera parte de herramienta de moldeo
45 66	Molde de larguero
68	Parte de inserción
70	Material de núcleo
72	Segunda parte de herramienta de moldeo
74	Tercera parte de herramienta de moldeo
50 76	Cuarta parte de herramienta de moldeo
78	Quinta parte de herramienta de moldeo
80	Sexta parte de herramienta de moldeo
82	Sección en forma de banda
84	Taladro
55 86	Pasador
88	Sección triangular en el corte longitudinal
90	Sección en forma de banda
92	Borde

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para fabricar un segmento de larguero (24) de una pala de rotor de aerogenerador (10), ensamblándose la pala de rotor de aerogenerador (10) a partir de una sección longitudinal (12) que presenta el
5 segmento de larguero (24) y a partir de al menos otra sección longitudinal (14) que presenta otro segmento de larguero (28), fabricándose el segmento de larguero (24) en una herramienta de moldeo y presentando una sección de unión (50) para la unión al otro segmento de larguero (28) y **caracterizado porque** el procedimiento comprende las siguientes etapas:
- 10 a) poner a disposición una primera parte de herramienta de moldeo (64),
b) disponer un primer paquete de capas (36) de fibras de refuerzo en la primera parte de herramienta de moldeo (64) y disponer una segunda parte de herramienta de moldeo (72), de modo que entre la primera parte de herramienta de moldeo (64) y la segunda parte de herramienta de moldeo (72) queda configurado un primer espacio intermedio, en el que está dispuesta una parte del primer paquete de capas (36) de fibras de refuerzo,
- 15 c) disponer un segundo paquete de capas (38) de fibras de refuerzo y disponer una tercera parte de herramienta de moldeo (74), de modo que entre la tercera parte de herramienta de moldeo (74) y la segunda parte de herramienta de moldeo (72) queda configurado un segundo espacio intermedio, en el que está dispuesta una parte del segundo paquete de capas (38) de fibras de refuerzo,
d) endurecer un material de plástico que envuelve las fibras de refuerzo y
20 e) extraer del molde el segmento de larguero (24),
estando moldeados y dispuestos entre sí el primer y el segundo espacio intermedio de tal modo que las secciones del segmento de larguero (24), fabricadas aquí, forman la sección de unión (50) para la unión con la otra sección de unión del otro segmento de larguero (28).
- 25 2. Procedimiento según la reivindicación 1, **caracterizado porque** la segunda y/o la tercera parte de herramienta de moldeo (72, 74) se orientan y/o se fijan en una de las partes de herramienta de moldeo dispuestas previamente, cuando se disponen la segunda y la tercera parte de herramienta de moldeo (72, 74).
- 30 3. Procedimiento según la reivindicación 1 ó 2, **caracterizado porque** el primer y el segundo paquete de capas (36, 38, 40) de fibras de refuerzo presentan respectivamente un primer tipo de fibra y porque entre el primer y el segundo paquete de capas (36, 38) se dispone otro paquete de capas (46) de fibras de refuerzo que presenta un segundo tipo de fibra, presentando el primer tipo de fibra una resistencia mayor y/o una rigidez mayor que el
35 segundo tipo de fibra y/o presentando el primer y el segundo paquete de capas (36, 38, 40) respectivamente un espesor mayor que el otro paquete de capas (46).
4. Procedimiento según la reivindicación 3, **caracterizado porque** el al menos otro paquete de capas (46) se coloca en la herramienta de moldeo de modo que no penetra en ninguno de los espacios intermedios
- 40 5. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado porque** el primer y el segundo paquete de capas (36, 38) de fibras de refuerzo presentan respectivamente una pluralidad de capas de fibras de refuerzo, colocándose las capas individuales a distancias diferentes en el espacio intermedio en cuestión.
6. Procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** la segunda y/o la
45 tercera parte de herramienta de moldeo (72, 74), separadas de la primera parte de herramienta de moldeo (64), se retiran del segmento de larguero (24) al extraerse del molde el segmento de larguero (24).
7. Herramienta de moldeo para fabricar un segmento de larguero (24) de una pala de rotor de aerogenerador (10), **caracterizada porque** la herramienta de moldeo presenta:
50
- una primera parte de herramienta de moldeo (64), una segunda parte de herramienta de moldeo (72) y una tercera parte de herramienta de moldeo (74),
 - medios que permiten situar y fijar las partes de herramienta de moldeo (64, 72, 74, 76, 78, 80) relativamente entre sí en una disposición predefinida, de modo que entre la primera parte de herramienta de moldeo (64) y la segunda
55 parte de herramienta de moldeo (72) queda configurado un primer espacio intermedio y entre la segunda parte de herramienta de moldeo (74) y la tercera parte de herramienta de moldeo (72) queda configurado un segundo espacio intermedio,
 - estando moldeados y situados relativamente entre sí los espacios intermedios de modo que secciones, fabricadas aquí, del segmento de larguero forman una sección de unión (50) para la unión con otra sección de unión de otro

segmento de larguero.

8. Herramienta de moldeo según la reivindicación 7, **caracterizada porque** la primera parte de herramienta de moldeo (64) presenta un lado interior con una longitud mayor o igual que la longitud del segmento de larguero (24).
9. Herramienta de moldeo según la reivindicación 8, **caracterizada porque** el lado interior está curvado en una dirección longitudinal de la primera parte de herramienta de moldeo (64) y/o en una dirección transversal de la primera parte de herramienta de moldeo (64).
10. Herramienta de moldeo según una de las reivindicaciones 7 a 9, **caracterizada porque** los medios para situar y/o fijar las partes de herramienta de moldeo (64, 72, 74, 76, 78, 80) presentan taladros (84), ranuras o entalladuras y pernos, nervios o resaltos que engranan aquí.
- 15 11. Herramienta de moldeo según una de las reivindicaciones 7 a 10, **caracterizada porque** la primera parte de herramienta de moldeo (64) presenta un molde de larguero (66) y una parte de inserción (68) a colocar en el molde de larguero (66), estando configurado el lado inferior de la parte de inserción (68) de manera complementaria a una superficie interior del molde de larguero (66).
- 20 12. Herramienta de moldeo según una de las reivindicaciones 7 a 11, **caracterizada porque** la segunda y la tercera parte de herramienta de moldeo (72, 74) están configuradas en forma de plancha y presentan respectivamente una sección de grosor uniforme, de modo que se pueden apilar en forma de bloques.



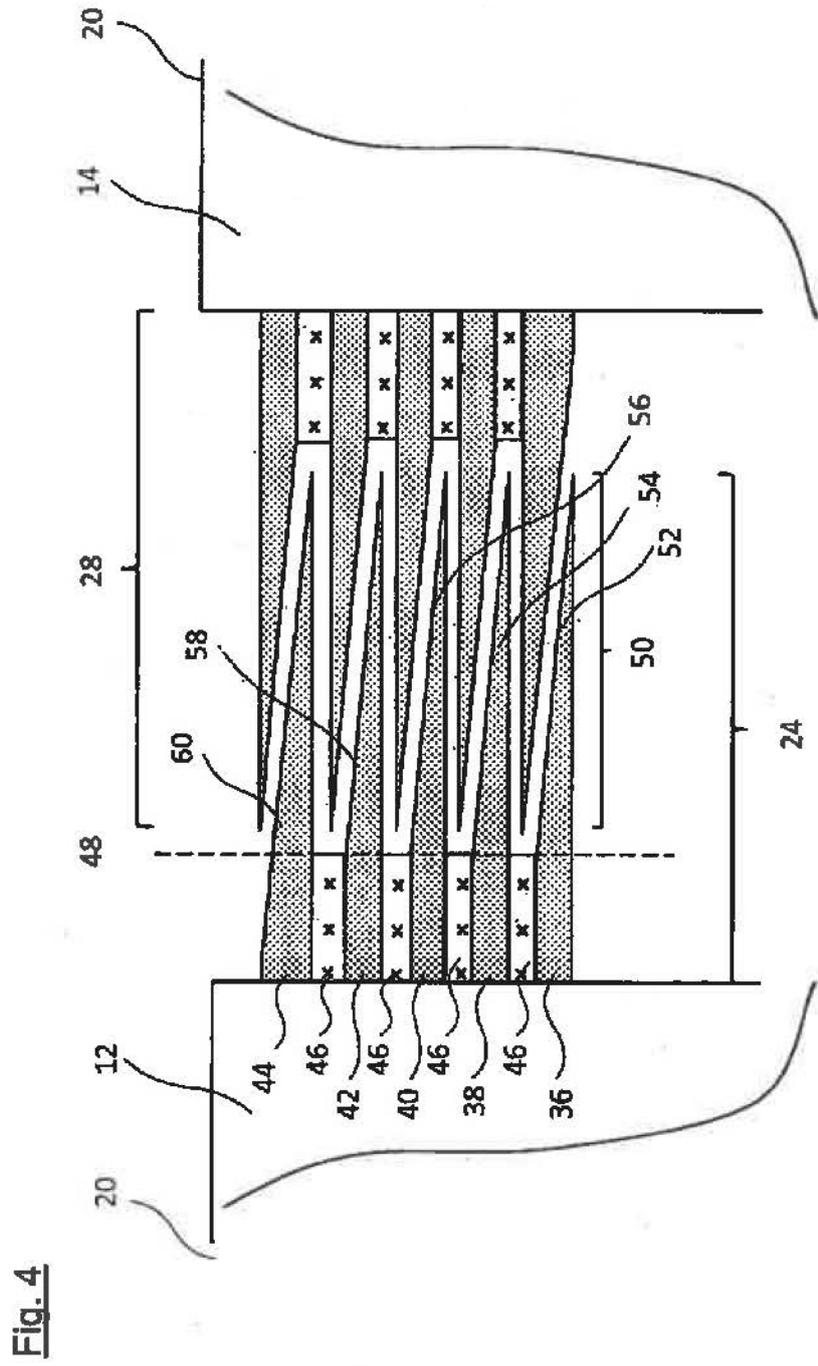
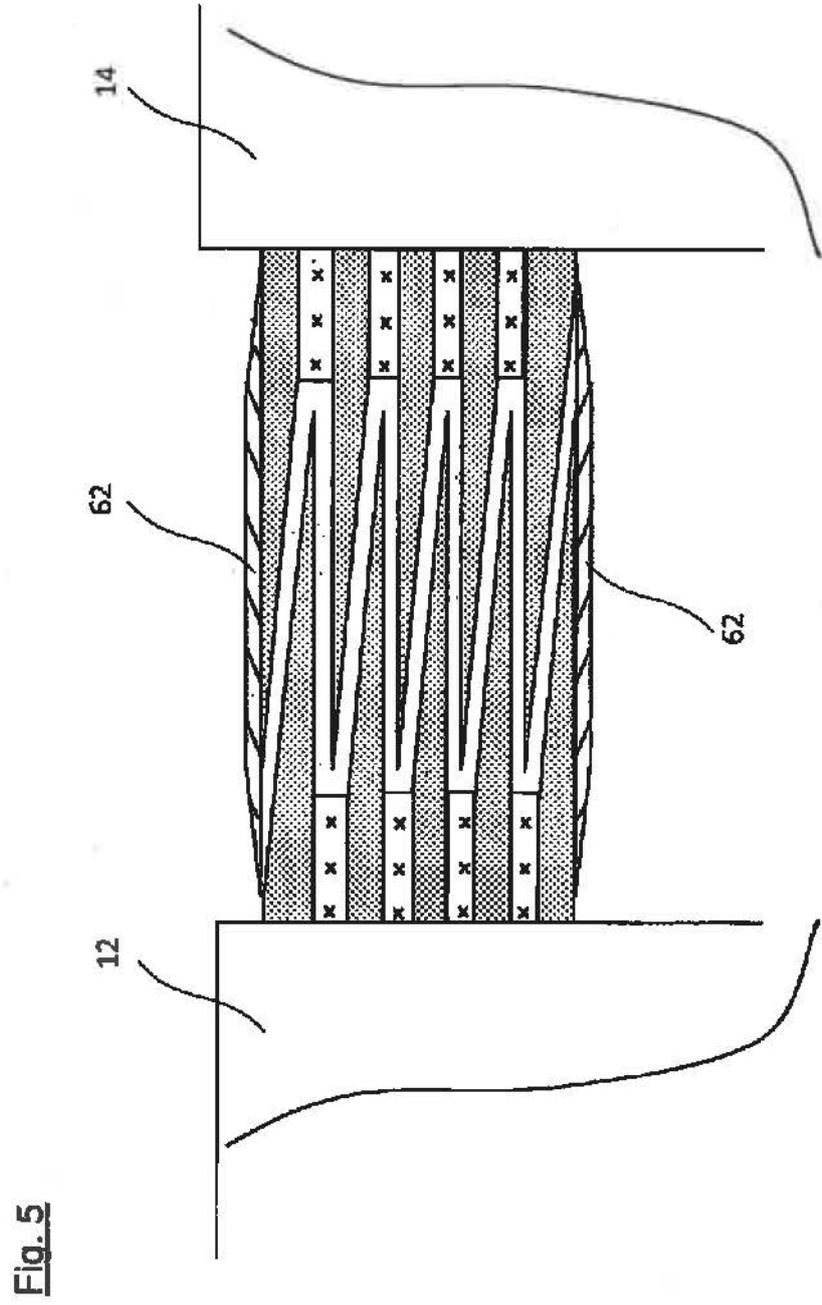


Fig. 4



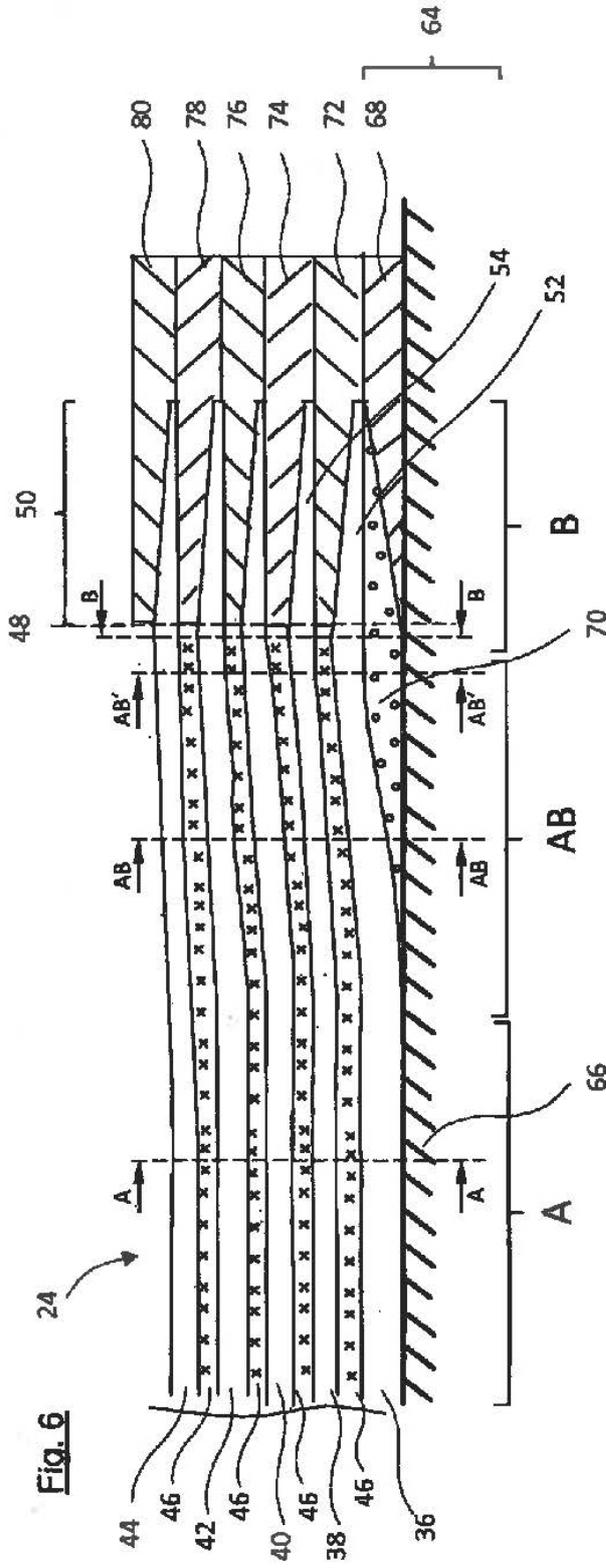


Fig. 6

Fig. 8

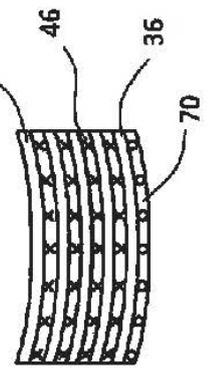


Fig. 7



Fig. 9

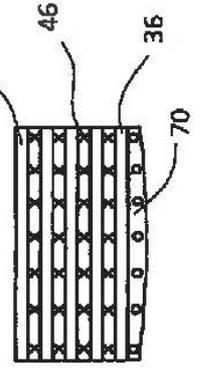


Fig. 10

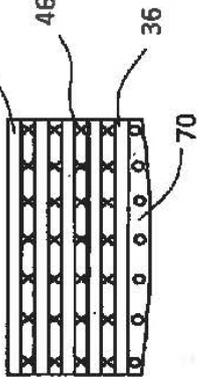


Fig. 11

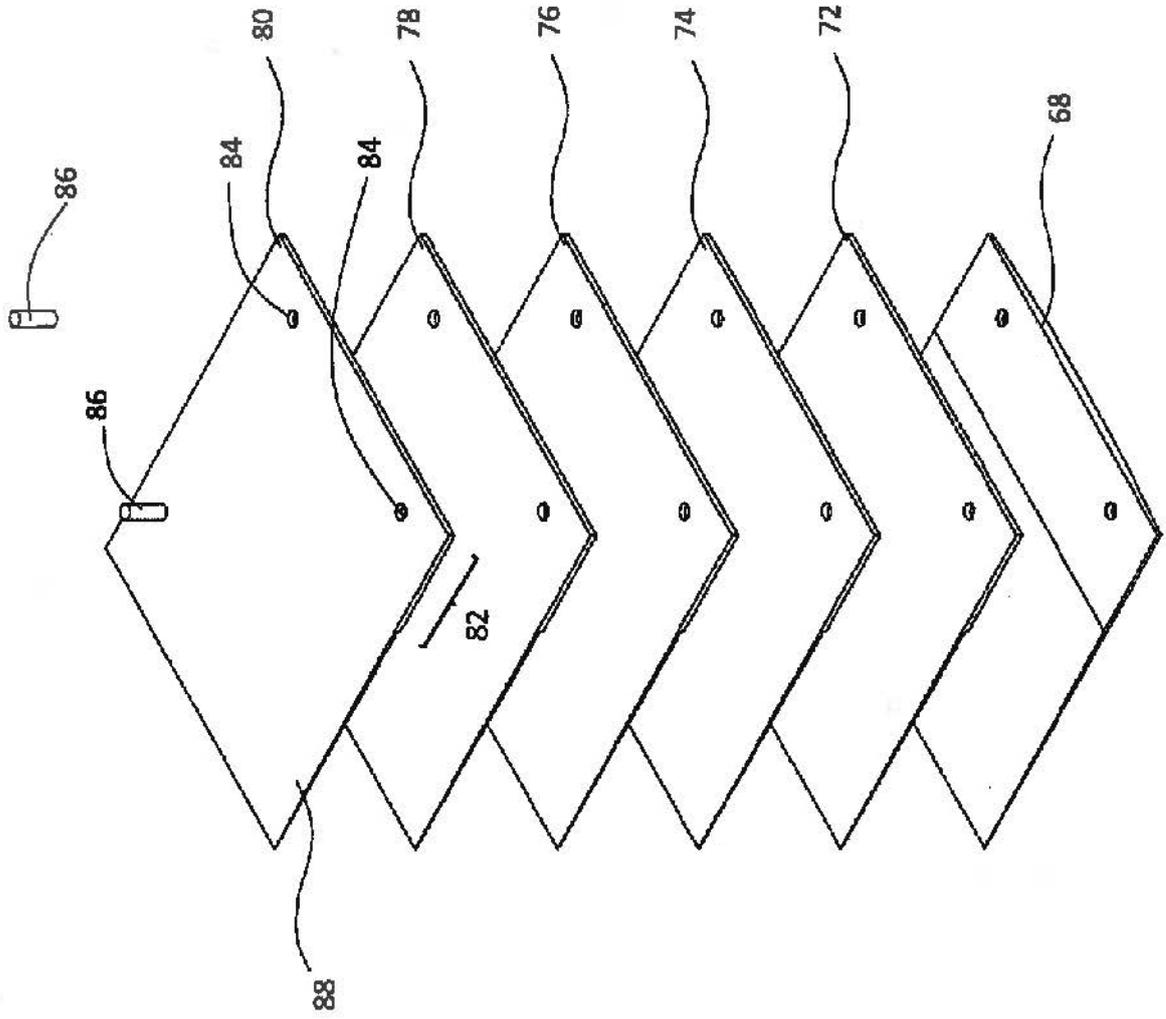


Fig. 14

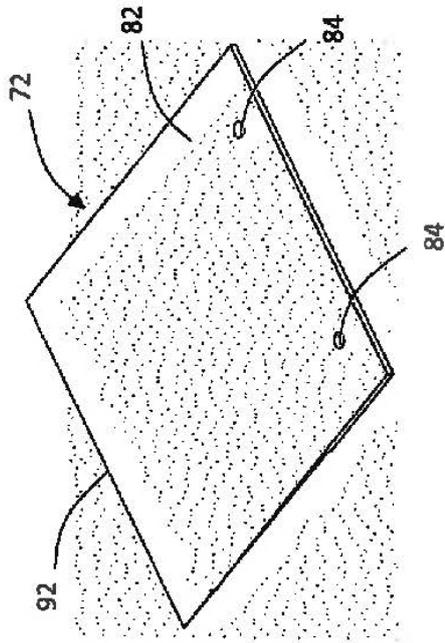


Fig. 15

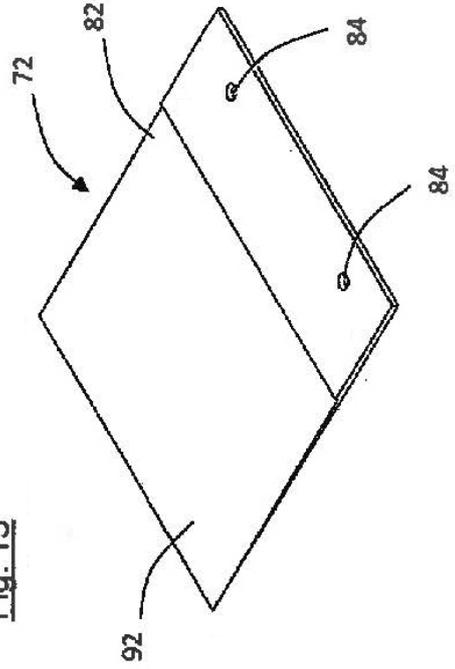


Fig. 12

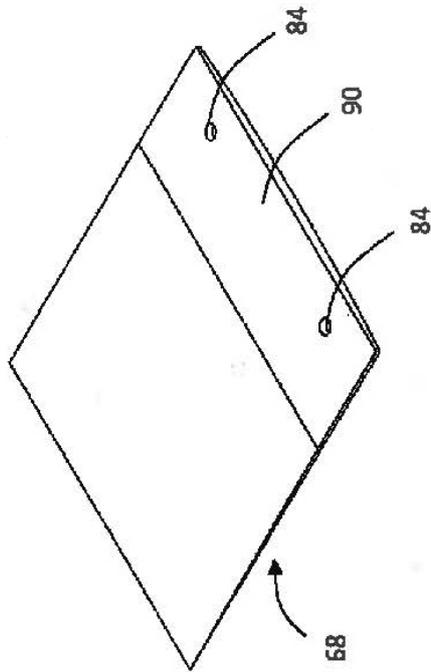


Fig. 13

