

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **3 024 484**

51 Int. Cl.:

F03D 1/00 (2006.01)
F03D 1/06 (2006.01)
B23P 15/04 (2006.01)
B29D 99/00 (2010.01)
B29B 11/04 (2006.01)
F01D 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.05.2020** **PCT/US2020/032167**
87 Fecha y número de publicación internacional: **19.11.2020** **WO20231835**
96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.05.2020** **E 20805216 (7)**
97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.01.2025** **EP 3966446**

54 Título: **Procedimiento y sistema de fabricación de una pala de turbina eólica**

30 Prioridad:

10.05.2019 US 201962846234 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
04.06.2025

73 Titular/es:

BLADE DYNAMICS LIMITED (100.00%)
Unit D Omega Enterprise Park Chandlers Ford
Eastleigh Hampshire SO53 4SE, GB

72 Inventor/es:

HAYDEN, PAUL

74 Agente/Representante:

DE ROOIJ, Mathieu Julien

ES 3 024 484 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 sistema de fabricación de una pala de turbina eólica

5 **[0001]** La presente invención se refiere, en general, a turbinas eólicas y más específicamente a rotores o palas de turbina eólica que típicamente alcanzan longitudes de 50 metros y más. Sin embargo, es fácilmente aplicable a otros tipos de superficies expuestas al viento o perfiles alares que funcionan con fuerzas aerodinámicas, resistencia y aerodinámica, tales como palas de rotor de helicóptero o palas de ventilador.

10 **Antecedentes**

[0002] Las turbinas eólicas modernas normalmente incluyen un rotor con un tamaño de diámetro considerable, como se ilustra en la FIG. 1. En referencia a la FIG. 1, una turbina eólica 1 típicamente está montada en una torre 2 e incluye una góndola de turbina eólica 3 situada en la parte superior de la torre. El rotor de turbina eólica, que incluye tres palas de turbina eólica 5, está conectado a la góndola 3 a través del eje lento, que se extiende hacia fuera desde la parte frontal de la góndola. Como se ilustra en la FIG. 1, el viento más allá de un determinado nivel activará el rotor debido a la sustentación inducida en las palas y le permitirá rotar en una dirección perpendicular al viento. El movimiento de rotación se convierte en potencia eléctrica, que normalmente se suministra a la red de transmisión como se conoce por los expertos en el área.

20 **[0003]** Las palas de turbina eólica para las palas de turbina eólica modernas típicamente alcanzan longitudes de 50 metros o más. Las grandes palas de turbina eólica de tres palas típicamente rotan con velocidades de punta en el intervalo de 75 a 100 metros por segundo. Para algunas turbinas de dos palas, las palas pueden rotar con una velocidad de punta tan alta como de 130 metros por segundo. Esto provoca condiciones aerodinámicas muy graves en la punta de la pala, así como a lo largo del $\frac{1}{4}$ exterior del borde de ataque, dando lugar a una pérdida en la pala en estas áreas. Aunque típicamente se espera que las palas eólicas persistan durante 20 años, a menudo este no es el caso debido a la pérdida provocada por las condiciones aerodinámicas en el borde de ataque, que hacen necesaria una reparación de pala. Sin embargo, la reparación del borde de ataque no es fácil, puesto que típicamente se lleva a cabo con la pala todavía erguida en la turbina. Esto también tiene significativas implicaciones de coste y seguridad, en particular, si la turbina eólica se ubica en el mar.

[0004] Para crear palas de turbina eólica que puedan aguantar las significativas fuerzas del viento, así como su propio peso, las palas se construyen con dos conchas de fibra de vidrio y una o más vigas internas portadoras de carga de fibra de vidrio, nervaduras, etc., todas adheridas entre sí.

35 **[0005]** Las palas de turbina eólica actuales típicamente se fabrican poniendo rollos de tela en grandes semimoldes para construir el laminado de pala capa por capa en el molde, véase, por ejemplo, el documento WO 2014/094787 A1. Este procedimiento convencional tiene una serie de deficiencias, a saber, es lento y consume mucho tiempo en el molde, que es la restricción del procedimiento, también hay un alto riesgo de defectos de laminación, como arrugas, al depositar las telas de dicho modo. Los problemas empeoran a medida que las palas se hacen más grandes, puesto que se usa una mayor proporción del tiempo de ciclo de pala para poner la tela en el molde. Otro problema adicional es que es muy difícil automatizar y reducir el contenido de mano de obra del procedimiento de fabricación de palas debido a la escala grande y constantemente cambiante de las palas.

45 **[0006]** Se han hecho esfuerzos para intentar automatizar el procedimiento convencional, pero la escala en constante evolución de las palas eólicas provocó que gran parte de la inversión se perdiera al cambiar los productos y, además, el mero tamaño de todo el componente hace que la inversión sea muy alta.

50 **[0007]** Todavía hay alcance para mejorar la automatización y reducir el contenido de mano de obra en la fabricación de rotores o palas de turbina eólica.

Declaraciones de la invención

55 **[0008]** De acuerdo con un aspecto de la invención, se proporciona una pala de turbina eólica que incluye una estructura de concha que define un borde de ataque y un borde de salida, y una concha a barlovento ("upwind") y una concha a sotavento ("downwind") unidas a lo largo de al menos uno del borde de ataque o del borde de salida. La estructura de concha incluye un conjunto de piezas preformadas procesadas en una colección de laminados prefabricados.

60 **[0009]** De acuerdo con la invención, la estructura de concha incluye un laminado de tapa de larguero fabricado a partir de una primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, un laminado de raíz fabricado a partir de una segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y un laminado de carenado ("fairing") aerodinámico fabricado a partir de una tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico. Preferentemente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico tiene una masa de menos de 100 kg.

[0010] En otro modo de realización preferente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico tiene una longitud de menos de 7,5 m.

[0011] En otro modo de realización preferente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico se crea plana y está configurada para adoptar una forma de la pala al ensamblarse en pluralidad.

[0012] Aún en otro modo de realización preferente, más de un 60 % de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, más de un 60 % de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y más de un 60 % de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico son idénticas.

[0013] En otro modo de realización preferente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico incluye una o más de: resina termoendurecible o termoplástica y, además, cada una de la pluralidad de piezas preformadas incluye una o más de: ninguna fibra, fibra corta o fibra continua.

[0014] En otro modo de realización preferente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de laminado de tapa de larguero comprende predominantemente más de un 70 % de fibra unidireccional (UD). De forma ventajosa, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de laminado de tapa de larguero tiene extremos estrechados.

[0015] En otro modo de realización preferente, cada una de la segunda pluralidad de piezas preformadas de laminado de raíz comprende una mezcla de fibra UD y fibra +/-45. De forma ventajosa, cada una de la segunda pluralidad de piezas preformadas de laminado de raíz tiene extremos estrechados.

[0016] Aún en otro modo de realización preferente, cada una de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende predominantemente fibra +/-45 y un núcleo. De forma ventajosa, cada una de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende una serie de capas de tela y una capa de núcleo.

[0017] Aún en otro modo de realización preferente, la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende piezas preformadas que no son específicas de pala y que se pueden usar además para fabricar múltiples productos.

[0018] En un modo de realización más preferente, la estructura de concha incluye al menos una estructura de alma ("shear web structure") encerrada dentro, acoplada internamente a la estructura de concha y configurada para proporcionar integridad estructural a la estructura de concha.

[0019] De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica. El procedimiento incluye procesar una serie de piezas preformadas en una colección de laminados prefabricados y ensamblar la colección de laminados prefabricados para construir una estructura de concha que define un borde de ataque y un borde de salida.

[0020] De acuerdo con la invención, el ensamblaje de la colección de laminado prefabricado incluye ensamblar una primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero para construir una primera pluralidad de laminados de tapa de larguero, ensamblar una segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala para construir una segunda pluralidad de laminados de raíz de pala, ensamblar una tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico para construir una tercera pluralidad de laminados de carenado aerodinámico, ensamblar dicha primera pluralidad de laminados de tapa de larguero, dicha segunda pluralidad de laminados de raíz de pala y dicha tercera pluralidad de laminados de carenado aerodinámico para construir dicha concha a barlovento y dicha concha a sotavento. Preferentemente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico tiene una masa de menos de 100 kg.

[0021] En otro modo de realización preferente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico tiene una longitud de menos de 7,5 m.

[0022] En otro modo de realización preferente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico se crea plana y está configurada para adoptar una forma de la pala al ensamblarse en pluralidad.

[0023] Aún en otro modo de realización preferente, más de un 60 % de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, más de un 60 % de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y más de un 60 % de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico son idénticas.

[0024] En otro modo de realización preferente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico incluye una o más de: resina termoendurecible o termoplástica y, además, cada una de la pluralidad de piezas preformadas incluye una o más de: ninguna fibra, fibra corta o fibra continua.

[0025] En otro modo de realización preferente, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de laminado de tapa de larguero comprende predominantemente más de un 70 % de fibra unidireccional (UD). De forma ventajosa, cada una de la primera pluralidad de piezas preformadas de laminado de tapa de larguero tiene extremos estrechados.

[0026] En otro modo de realización preferente, cada una de la segunda pluralidad de piezas preformadas de laminado de raíz comprende una mezcla de fibra UD y fibra +/-45. De forma ventajosa, cada una de la segunda pluralidad de piezas preformadas de laminado de raíz tiene extremos estrechados.

[0027] Aún en otro modo de realización preferente, cada una de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende predominantemente fibra +/-45 y un núcleo. De forma ventajosa, cada una de la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende una serie de capas de tela y una capa de núcleo.

[0028] Aún en otro modo de realización preferente, la primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, la segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y la tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende piezas preformadas que no son específicas de pala y que se pueden usar además para fabricar múltiples productos.

[0029] En un modo de realización más preferente, el procedimiento incluye proporcionar integridad estructural a dicha estructura de concha acoplando internamente y encerrando al menos una estructura de alma dentro de dicha estructura de concha.

[0030] Diversas otras características serán evidentes a partir de la siguiente descripción detallada y de los dibujos.

Breve descripción de los dibujos

[0031] Un ejemplo de la presente invención se describirá ahora con referencia a los siguientes dibujos, en los que:

la FIG. 1 ilustra una gran turbina eólica moderna,

la FIG. 2 ilustra una vista en sección transversal de la pala de turbina eólica de la FIG. 1,

la FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-2,

la FIG. 4 ilustra una vista en sección transversal de la región de raíz de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3,

la FIG. 5 ilustra una vista en sección transversal del laminado de raíz y de la región de raíz de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3,

la FIG. 6 ilustra una vista en sección transversal alternativa del laminado de raíz y de la región de raíz de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3,

la FIG. 7 es una vista en sección transversal de un carenado aerodinámico de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3,

la FIG. 8 es una vista lateral y en sección transversal del laminado principal de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3,

la FIG. 9 es una vista en sección transversal del laminado de tapa de larguero, del laminado de raíz y del laminado de carenado aerodinámico de acuerdo con un modo de realización de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3,

la FIG. 10 es una vista en sección transversal del laminado de tapa de larguero, del laminado de raíz y del laminado de carenado aerodinámico de acuerdo con un modo de realización alternativo de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3, y

la FIG. 11 ilustra un diagrama de flujo de la fabricación de una pala de turbina eólica que incluye un modo de realización preferente de una pieza preformada de acuerdo con la invención.

Descripción detallada

[0032] La presente invención incluye modos de realización que se relacionan con turbinas eólicas y más específicamente con rotores o palas de turbina eólica. Sin embargo, es fácilmente aplicable a otros tipos de superficies de perfil alar expuestas al viento que funcionan con fuerzas aerodinámicas, resistencia y aerodinámica, tales como palas de rotor de helicópteros o palas de ventilador.

[0033] Un experto en la técnica reconocerá que es posible fabricar secciones de la pala de turbina eólica con una o más piezas preformadas muy pequeñas, fácilmente controlables y construibles. Las piezas son de un tamaño que ya no necesitan grandes grúas para moverlas y, por lo tanto, se pueden mover alrededor y colocar en el molde por medios mucho más rápidos y ágiles que las grandes grúas.

[0034] Las piezas también están diseñadas de modo que se puedan 'preformar' fuera del molde de pala principal (el preformado se refiere al depósito de una serie de capas en cada pieza).

[0035] Esto ayuda de muchos modos. En primer lugar, hay menos probabilidad de defectos tales como arrugas, ya que los componentes básicos son más pequeños y más controlables. En segundo lugar, el tamaño relativamente más pequeño de las piezas preformadas típicas significa que el procedimiento de fabricación de palas se puede automatizar más fácilmente, reduciendo, de este modo, la mano de obra y también incrementando la calidad y la tasa de depósito. En tercer lugar, abre la posibilidad de preformar los materiales planos, lo que significa que se pueden transportar eficazmente. Esto significa que se podrían preformar en otra ubicación y en otro momento y transportar de forma rentable a la fábrica de palas final. Finalmente, el procedimiento de preformado permite que se usen una serie de tipos de materiales más rentables que sean más baratos y estructuralmente más eficaces.

[0036] Las piezas preformadas típicamente consisten en de 2-10 capas de tela que se estrecharán en los extremos y se pueden mantener entre sí con adhesivo, costuras o remaches. En la pala se puede usar una serie significativa de piezas de preforma idénticas. Esto ayuda a reducir costes al impulsar la estandarización.

[0037] En operación, a continuación, las piezas preformadas se recogen, se transportan al molde de pala y, a continuación, se colocan en el molde de pala con la exactitud adecuada. Cuando las piezas se colocan en el molde, cambian de forma y se adaptan a la forma local del molde. En otro modo de realización de la invención, en el que las piezas preformadas de tapa de larguero, las piezas preformadas de raíz de pala y las piezas preformadas de carenado aerodinámico no son específicas de pala y que además se pueden usar para fabricar múltiples piezas, productos o componentes de pala diferentes.

[0038] En un modo de realización de la invención, cada una de la pluralidad de piezas preformadas tiene una masa de menos de 200 kg y preferentemente de menos de 100 kg. En otro modo de realización de la invención, cada una de la pluralidad de piezas preformadas tiene una longitud de menos de 12 m y preferentemente una longitud de menos de 7,5 m, de modo que las piezas de preforma pueden caber en un contenedor para transporte.

[0039] Aún en otro modo de realización de la invención, cada una de la pluralidad de piezas preformadas se crea plana y está configurada para adoptar una forma de la pala al ensamblarse en pluralidad. En otro modo de realización de la invención, cada una de la pluralidad de piezas preformadas que forman el laminado de tapa de larguero tiene extremos estrechados.

[0040] En un modo de realización de la invención, más de un 50 % y más preferentemente un 60 % de la pluralidad de piezas preformadas de cada tipo, en otras palabras, preformas de laminado de tapa de larguero, preformas de laminado de raíz y preformas de laminado de carenado aerodinámico, son idénticas. En otro modo de realización de la invención, cada una de la pluralidad de piezas preformadas que forman el laminado de tapa de larguero comprende predominantemente menos de un 70 % y preferentemente menos de un 90 % de fibra unidireccional (UD). En otro modo de realización de la invención, cada una de la pluralidad de piezas preformadas que forman el laminado de raíz comprende un 60 % de fibra UD y un 40 % de fibra +/-45.

[0041] En un modo de realización de la invención, cada una de la pluralidad de piezas preformadas comprende resina termoendurecible o bien termoplástica y además en el que cada una de la pluralidad de piezas preformadas comprende ninguna fibra, fibra corta o fibra continua.

[0042] En otro modo de realización de la invención, cada una de la pluralidad de piezas preformadas que forman el carenado aerodinámico comprende predominantemente fibra +/-45 y un núcleo. Aún en otro modo de realización

de la invención, cada una de la pluralidad de piezas preformadas que forman el carenado aerodinámico comprende una serie de capas de tela y una capa de núcleo.

[0043] La FIG. 2 ilustra una vista en sección transversal 20 de la pala de turbina eólica 5 de la FIG. 1. La pala 5 incluye una concha a sotavento 12 y una concha a barlovento 14 unidas a lo largo de un primer borde longitudinal (borde de ataque) 18 y un segundo borde longitudinal (borde de salida) 22 para constituir una estructura de concha 11 completa y cerrada. Una estructura de alma 16 típica que incluye rebordes está encerrada dentro de y acoplada internamente a la estructura de concha. La estructura de alma 16 soporta y proporciona integridad estructural a la estructura de concha 11.

[0044] La FIG. 3 ilustra una vista en perspectiva de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-2. En referencia a la FIG. 3, los primer y segundo laminados de tapa de larguero 34 y 35 están fijados al segmento de pala 32. Los primer y segundo laminados de tapa de larguero 34 y 35 están configurados para formar una junta de ejemplo, tal como una junta en bisel ("scarf joint"). El segmento de pala 32 es un segmento hueco que comprende un forro exterior 36. El forro está fabricado a partir de materiales que son ligeros y resistentes. Las tapas de larguero 34 portan cargas longitudinales experimentadas por las palas de turbina eólica y están fijadas al interior del forro de los segmentos de pala. La pala de turbina eólica 10 también incluye un tabique divisorio ("bulkhead") 38 en la intersección de los segmentos de pala. El tabique divisorio 38 incrementa además la resistencia estructural de la pala de turbina eólica. Los laminados de tapa de larguero 34 y 35 típicamente incluyen un material, tal como materiales compuestos de carbono o fibra de vidrio, que son fuertes y pueden aguantar cargas longitudinales.

[0045] En referencia a las FIGS. 1, 2 y 3, el tabique divisorio 38 está en la conexión entre los forros exteriores de los primer y segundo segmentos de pala. Una primera parte del reborde del tabique divisorio está unida a la superficie interior del forro exterior del segmento de pala 32. El tabique divisorio 38 incluye un tabique divisorio de borde de ataque y un tabique divisorio de borde de salida separados por un hueco para acomodar un alma 39 (16 en la FIG. 2) para conectar la tapa de larguero 34. La parte central del tabique divisorio está representada por los lados del tabique divisorio de borde de ataque y del tabique divisorio de borde de salida que están enfrentados entre sí y está configurada para acomodar los laminados de tapa de larguero 34 y 35 al incluir rebajos dimensionados para recibir los laminados de tapa de larguero 34 y 35. El tabique divisorio típicamente comprende materiales, tales como materiales compuestos de carbono o fibra de vidrio. El espesor del tabique divisorio típicamente es de 5-10 mm.

[0046] Como se muestra en el modo de realización de las FIGS. 1, 2 y 3, los laminados de tapa de larguero 34 y 35 incluyen secciones estrechadas y no estrechadas, y una distancia entre las dos secciones estrechadas permanece sustancialmente constante a lo largo de la longitud de las secciones estrechadas. Como se usa en el presente documento, sustancialmente constante típicamente significa más o menos un 25 por ciento del hueco promedio. El alma 39 de los laminados de tapa de larguero 34 y 35 conecta las secciones no estrechadas de la primera tapa de larguero 34. La segunda tapa de larguero 35 también incluye secciones estrechadas y no estrechadas. La alineación se produce sobre las secciones estrechadas de los primer y segundo segmentos de tapa de larguero. Específicamente, los lados exteriores de las secciones estrechadas de la primera tapa de larguero 34 son rectos, mientras que los lados interiores están estrechados hasta el extremo. Los lados interiores de las secciones estrechadas de la segunda tapa de larguero 35 son rectos mientras que los lados exteriores son estrechados hasta el extremo. Para formar la alineación, los lados interiores estrechados de los primeros segmentos de tapa de larguero se sitúan sobre los lados exteriores estrechados de los segundos segmentos de tapa de larguero. Esto típicamente forma una junta en bisel, como un ejemplo no limitante. En otro ejemplo, la longitud de la sección estrechada es de 20 a 80 veces mayor que el espesor de la sección no estrechada, tanto para el primer como para el segundo segmentos de tapa de larguero.

[0047] En referencia a las FIGS. 2 y 3, en un modo de realización de la invención, las piezas preformadas se unen entre sí con elementos de unión para formar la estructura de concha de turbina eólica. En un modo de realización de la invención, los elementos de unión o los medios adhesivos son un adhesivo de uno o dos componentes, tal como adhesivos de epoxi, poliuretano o metacrilato, y es posible crear una unión en particular duradera en relación con las diferentes clases de condiciones climáticas a las que está expuesta una pala de turbina eólica.

[0048] Las diferentes piezas preformadas típicamente están adaptadas a la sección de la pala de turbina eólica que cubren. Especialmente, los anchos de las piezas preformadas varían para satisfacer las diferentes dimensiones de la pala de turbina eólica en diferentes posiciones, por ejemplo, el ancho en la raíz en comparación con el ancho en la punta. La altura de las piezas preformadas, y, por tanto, la longitud de lado a lado de las piezas preformadas, también pueden variar para satisfacer las diferentes dimensiones mencionadas anteriormente de la pala de turbina eólica.

[0049] En un modo de realización preferente, una pieza preformada incluye preferentemente un ancho y una altura que oscilan entre 0,02 y 0,2 metros de ancho y entre 0,05 y 0,2 metros de altura, correspondiente a la forma de diferentes piezas de la pala de turbina eólica y tiene un intervalo de espesores entre 0,1 y 5 mm, preferentemente entre 0,5 y 1,5 mm, por ejemplo, 0,5 mm, en o cerca de los extremos de las secciones de borde

y 3 mm en el centro de la pieza preformada. Además, de forma ventajosa, los extremos pueden estar redondeados para establecer un cruce más suave con respecto a la pala de turbina eólica y, en un modo de realización preferente, la capa adhesiva es de entre 10 y 100 mm, tal como de 50 mm.

[0050] En referencia a las FIGS. 2, 3 y 4, las estructuras de alma 16 típicamente incluyen laminados de tapa de larguero conectados mutuamente por dos placas. La viga y conchas de pala de turbina eólica se pueden fabricar en plástico reforzado con fibra de vidrio (GRP), es decir, epoxi o poliéster reforzado con fibra de vidrio. Sin embargo, se pueden usar otros materiales de refuerzo, tales como fibra de carbono o aramida (Kevlar). También se pueden usar madera, madera-epoxi, madera-fibra-epoxi o materiales compuestos similares como materiales de pala de turbina eólica.

[0051] En un modo de realización preferente, una pieza preformada típicamente se puede fabricar a partir de una serie de materiales o combinaciones de materiales por varios procedimientos de producción. Por ejemplo, en un modo de realización preferente, la pieza preformada se fabrica en plástico por una máquina de moldeo por inyección. En otro modo de realización se usa la fundición en un molde para crear la pieza preformada en material de fibra de vidrio o un material de fibra similar, tal como fibra de carbono o material de aramida, que refuerce una resina epoxi o de poliéster. Además, la pieza preformada se puede fabricar en una placa metálica delgada, por ejemplo, en un metal laminado con los medios de distancia soldados o adheridos a la placa. Los metales se eligen preferentemente entre los metales más ligeros, tales como aluminio. La pieza preformada también se puede fabricar de diferentes materiales, tales como una placa de plástico con medios de distancia de goma.

[0052] La FIG. 4 ilustra una vista en sección transversal 40 de la región de raíz de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3. La FIG. 5 ilustra una vista en sección transversal 50 del laminado de raíz 52 y de la región de raíz de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3. La FIG. 6 ilustra una vista en sección transversal alternativa 60 del laminado de raíz 52 y la región de raíz de pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3.

[0053] La mayoría de las palas de turbina eólica modernas se fabrican con plástico reforzado con fibra de vidrio o bien carbono. Como es conocido en la técnica, en el extremo de raíz (buje) de la pala, típicamente se trata de fibra de vidrio combinada con resina epoxi (y a veces de familias de resinas de poliéster, éster vinílico y poliuretano). Los procedimientos de fabricación típicos son procedimientos con preimpregnado o resina a vacío infundida.

[0054] El espesor del laminado 52 requerido en el extremo de raíz puede ser muy alto en comparación con otras partes de la pala de turbina eólica y, a menudo, está en el intervalo de 50 mm-80 mm de espesor, pero, con palas más modernas, puede ser de hasta 150 mm de espesor. Este gran espesor puede provocar problemas de fabricación. Cuando el sistema de resina se cura, genera calor en una reacción exotérmica. En las áreas espesas de la raíz, el calor generado puede llegar a ser tanto que provoque daños con el componente acabado, de modo que no se pueda usar.

[0055] Se muestra un procedimiento típico de formación del extremo de raíz en las FIGS. 4, 5 y 6. En este caso, la matriz de tela seca se pone en el molde de una forma adecuada. A continuación, la resina se infunde y se cura en la pieza acabada como se muestra en la FIG. 4. Una vez que el componente de raíz de la pala está curado, típicamente se transfiere a una ubicación de perforación donde se perforan una serie de orificios 4 en el extremo del laminado de raíz para permitir que los miembros de inserción de raíz de metal con rosca hembra se unan o se fijen mecánicamente en su lugar. A continuación, se unen dos subconjuntos semicirculares para formar la junta de extremo de raíz acabada como se muestra en la FIG. 4.

[0056] Como se ilustra en las figuras, la primera pieza preformada 52 puede comenzar en la raíz de la pala de turbina eólica y la última pieza preformada terminar en la punta de la pala, creando una línea continua de piezas preformadas, cubriendo cada una una sección de la pala. Sin embargo, las piezas preformadas también pueden comenzar y terminar en otras posiciones, por ejemplo, comenzar y terminar a cierta distancia de la raíz y de la punta.

[0057] Además, una o más piezas preformadas pueden cubrir diferentes secciones de la pala de turbina eólica, por ejemplo, una sección en el centro y la raíz de pala con una sección no cubierta entre medias o simplemente una pieza preformada que cubra una sección de la pala. Las piezas preformadas están preferentemente adaptadas para formar un perfil aerodinámico con la pala de turbina eólica en relación con el viento.

[0058] Se usa una serie de segmentos como se muestra en las FIGS. 4, 5 y 6 para construir una junta de extremo de raíz por una turbina eólica. Cada uno de los segmentos tiene un extremo de conexión en el que se forma una pluralidad de orificios y un extremo opuesto. El segmento tiene la forma general de un segmento de un cilindro hueco que se estrecha en espesor desde el extremo de conexión hasta el extremo opuesto. En general, se pretende que 16 segmentos (8 en cada mitad) se conecten entre sí para formar el extremo de raíz completo. En este caso, cada segmento subtendrá un ángulo de 22,5° en el centro del buje.

[0059] Sin embargo, puede haber tan pocos como 4 de dichos segmentos (2 en cada mitad) que subtiendan un ángulo de 90°, o más de 16 segmentos para palas más grandes que subtiendan un ángulo correspondientemente

más pequeño. A cada lado del segmento, típicamente hay una llave 14, 15 diseñada para ubicarse y conectarse ("interlock") con la llave correspondiente en un segmento adyacente.

[0060] Típicamente, cada segmento tendrá 2000 mm de largo y 500 mm de ancho. En el extremo de conexión, hay una cantidad significativa de fibra unidireccional con un pequeño porcentaje de fibra biaxial. La cantidad de fibra se mueve hacia el extremo opuesto 13 donde termina teniendo un espesor de 1 capa. Dependiendo de su aplicación (raíz de pala con infusión o preimpregnado), el segmento de raíz se fabrica en uno de dos modos.

[0061] Para una pala de infusión, se puede fabricar por laminación húmeda con vacío, infusión con resina a vacío, moldeo por transferencia de resina o un procedimiento similar. Las primeras capas de la fibra se ponen en la herramienta, a continuación, se colocan espaciadores tubulares o miembros de inserción metálicos en la herramienta y se mantienen en posición con un bastidor de alineación en el extremo de la herramienta. El bastidor de alineación permite el posicionamiento exacto de los miembros de inserción. A continuación, se colocan las capas finales de fibra en la herramienta. A continuación, toda la laminación se coloca a vacío y la resina se infunde o bien inyecta y, a continuación, se cura completamente.

[0062] Para una pala de preimpregnado, el procedimiento es muy similar, excepto por que se insertan capas de preimpregnado en la herramienta en lugar de capas de fibra. A continuación, la laminación con preimpregnado se coloca a vacío y se cura parcialmente de modo que se convierta en una preforma semicurada.

[0063] De forma alternativa, los segmentos se pueden fabricar sin los miembros de inserción o espaciadores 16 y los orificios se perforan en una etapa posterior en una plantilla separada. Una vez que se fabrican los segmentos de raíz individuales, se pueden someter a un procedimiento de control de calidad para evaluar la integridad estructural de los segmentos y también para evaluar la integridad de los miembros de inserción. Los miembros de inserción pueden ser miembros de inserción metálicos convencionales que son bien conocidos en la técnica. De forma alternativa, pueden ser los miembros de inserción divulgados en el documento anterior WO 2010/041008.

[0064] El ensamblaje de la junta de extremo de raíz se muestra en las FIGS. 4, 5 y 6. En la FIG. 4, se muestran cuatro segmentos para formar una mitad de la junta de extremo de raíz. En la práctica, típicamente habrá ocho. Los segmentos se colocan en una herramienta que tiene una configuración, en general, semicircular antes de que cualquier otro laminado se coloque en la herramienta. El extremo de raíz del miembro de inserción está conectado a un bastidor de alineación y se asegura con pernos en su lugar usando pernos 16. Esto garantiza que la alineación del círculo de perno se mantenga durante el procedimiento de fabricación. En la etapa b), una vez que los segmentos se sitúan con exactitud, se pone el resto del laminado de pala. El laminado forma eficazmente una junta en bisel muy larga con el laminado estrechado en el segmento de raíz. Una vez que se ha puesto todo el laminado, la pala se coloca a vacío y se infunde con resina (si es una pala de infusión) o simplemente se cura (si es una pala de preimpregnado). La mitad de la pala está, a continuación, completa y lista para el ensamblaje final de las dos mitades de la pala de forma normal.

[0065] La FIG. 7 es una vista en sección transversal 70 de un carenado aerodinámico de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3. En referencia a la FIG. 7, se muestra el laminado de carenado aerodinámico 72. El laminado de carenado aerodinámico 72 está formado a partir de un carenado 74 y una preforma 76 fijada a una superficie exterior 78 del carenado 74 en el borde de ataque 79 del laminado de carenado 72.

[0066] En referencia a la FIG. 7, la preforma 76 comprende una capa exterior de película termoplástica fusionada a un sustrato de fibra. La película termoplástica está formada a partir de un poliuretano alifático, que tiene aproximadamente 600 micrómetros de espesor y se puede producir usando glicoles de poliéter, de poliéster o de caprolactona de cadena larga y corta. Los tipos de poliéter tienen una mejor estabilidad hidrolítica y flexibilidad a baja temperatura, los tipos de poliéster tienen mejores propiedades mecánicas y las caprolactonas ofrecen un buen equilibrio entre las propiedades de los tipos de poliéter y poliéster. En este ejemplo, se usan glicoles de caprolactona. Esto da como resultado que la película tenga una dureza Shore A de aproximadamente 75 a 95, un alargamiento de al menos un 300 % y una energía superficial en la región de 40 a 44 mN/m. El sustrato de fibra es una preforma de tela de fibra de vidrio que es multiaxial y que tiene un peso de aproximadamente 150 g/m².

[0067] En operación, la preforma 76 se coloca en un molde con la película termoplástica contra la superficie del molde. Siguiendo esto, se colocan sobre la preforma 76 capas de preimpregnado, que están formadas a partir de fibras de vidrio o de carbono preimpregnadas con una resina epoxi, para formar el típico laminado de material compuesto requerido para un carenado.

[0068] A continuación, la preforma 76 y las capas de preimpregnado se curan conjuntamente a vacío y a una temperatura de entre 60 y 130 °C durante aproximadamente 12 horas de la misma manera que para el procesamiento con preimpregnado normal. A medida que se cura la pila de la capa 74 y las capas de preimpregnado, la resina del preimpregnado migra hacia, e impregna, el sustrato de fibra. A continuación, la resina se cura completamente para formar el carenado 74 a partir del preimpregnado y para fijar la preforma 76 al cuerpo de material compuesto 74. Al hacerlo, la resina forma una matriz continua a través del cuerpo de material compuesto 74 y la preforma 76 para unir firmemente las dos capas entre sí. La resina también forma una conexión

química con la película termoplástica, reforzando además la fijación de la preforma 76 al cuerpo de material compuesto 74. De este modo, el punto de contacto resultante entre el carenado 74 y la preforma 76 se controla bien y el carenado 74 y el sustrato de fibra proporcionan un sustrato de muy alta calidad directamente por debajo de la película termoplástica.

[0069] Puesto que el carenado 74 y la preforma 76 se curan conjuntamente, el carenado 74 se conforma alrededor de la preforma 76 de modo que los bordes de la preforma 76 queden enrasados con el carenado 74. Esto le da al laminado de carenado 72 resultante un perfil exterior suave, como se muestra en la FIG. 7. Este perfil suave reduce el impacto de la preforma 76 sobre el rendimiento aerodinámico y evita la presentación de bordes libres que de otro modo podrían dar lugar a que la preforma 76 se retire más fácilmente del carenado 74.

[0070] La FIG. 8 es una vista lateral y en sección transversal del laminado principal de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3. La FIG. 9 es una vista en sección transversal de los laminados de tapa de larguero 34 y 35 (FIG. 3), del laminado de raíz 52 (FIG. 5) y del laminado de carenado aerodinámico 72 de acuerdo con un modo de realización de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-3. La FIG. 10 es una vista en sección transversal de los laminados de tapa de larguero 34, 35, del laminado de raíz 52 y del laminado de carenado aerodinámico 72 de acuerdo con un modo de realización alternativo de la pala de turbina eólica de las FIGS. 1-7.

[0071] En un modo de realización de la invención, los componentes de preforma se pueden construir de un material fibroso continuo, orgánico o inorgánico, e impregnarse con resina, tal como epoxi, éster de vinílico, poliéster, o similares, como es conocido en la técnica. En referencia a la FIG. 9, el material fibroso del componente de preforma 92 puede tener una configuración tejida y se puede construir, por ejemplo, a partir de carbono, vidrio, material sintético, o similares, como es conocido en la técnica. El componente de preforma 92 puede tener una longitud más corta que la longitud deseada de los laminados de tapa de larguero 34, 35, del laminado de raíz 52 y del laminado de carenado aerodinámico 72 y, por lo tanto, múltiples componentes de preforma 92 se pueden fijar entre sí para formar todos los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72.

[0072] Cada componente de preforma 92 típicamente puede tener un contorno abovedado ("swept contour") de modo que al ensamblarse entre sí para formar los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72 tendrán la forma abovedada, o forma de plátano, deseada siguiendo la forma de una pala de rotor en forma abovedada. También se debe apreciar que el componente de preforma 92 puede ser sustancialmente recto y se puede usar para ensamblar laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72 sustancialmente rectos de la misma manera que se acaba de describir. El componente de preforma 92 puede tener un primer extremo en ángulo que forme un ángulo obtuso con el lado superior del componente de preforma 92. El componente de preforma puede tener un segundo extremo en ángulo, opuesto al primer extremo en ángulo, formando un ángulo agudo con el lado superior del componente de preforma 92. El segundo extremo en ángulo se puede formar en un ángulo complementario al ángulo del primer extremo en ángulo. Al fijar múltiples componentes de preforma 92 entre sí, el primer extremo en ángulo de un primer componente de preforma 92 se puede alinear y encajar con el segundo extremo en ángulo de un segundo componente de preforma 92, formando una junta en bisel.

[0073] En operación, se pueden fijar múltiples componentes de preforma para formar los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72. El primer componente de preforma 92, que tiene el primer extremo en ángulo, se puede encajar con el segundo componente de preforma 92, que tiene el segundo extremo en ángulo, colocando una capa de punto de contacto de junta intermedia entre los dos extremos en ángulo y creando una junta en bisel de ejemplo y no limitante. La capa de punto de contacto de junta puede ser un material polimérico y puede incluir además un sustrato de fibra, tal como fibra de vidrio o similar, como es conocido en la técnica. Se pueden insertar uno o más pasadores a través de la junta en bisel encajada. Los pasadores se pueden construir de un material rígido, tal como un metal robusto; sin embargo, no se necesita que los pasadores sean metálicos. Además, no se necesita que los pasadores sean de forma cilíndrica, sino que pueden ser de cualquier forma que forme un contacto continuo a través de la junta en bisel y del primer y segundo componente de preforma 92, tal como una lámina plana, una lámina estriada o similares. Los pasadores refuerzan además la junta en bisel en la dirección fuera del plano, mientras que también mantienen la alineación entre los componentes de preforma 92 contiguos mientras que forman todos los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72.

[0074] En otro modo de realización de ejemplo de la invención, múltiples componentes de preforma pueden tener una o más capas enfrentadas en al menos un lado de los laminados de tapa de larguero 34, 35, del laminado de raíz 52 y del laminado de carenado aerodinámico 72 y que cubran las juntas en bisel. Las capas enfrentadas pueden ser un material polimérico y pueden incluir además un sustrato de fibra, tal como fibra de vidrio o similar, como es conocido en la técnica. Las capas enfrentadas, al igual que los pasadores, refuerzan además la junta en bisel y mantienen la alineación entre los componentes de preforma 92 contiguos. Se aprecia que mientras que las capas enfrentadas en solo un lado de los laminados de tapa de larguero 34, 35, del laminado de raíz 52 y del laminado de carenado aerodinámico 72, las capas enfrentadas se pueden aplicar a uno o bien ambos lados de los laminados de tapa de larguero 34, 35, del laminado de raíz 52 y del laminado de carenado aerodinámico 72.

También se contempla que múltiples componentes de preforma 92 se puedan unir en una configuración de lado a lado, así como en una configuración de extremo a extremo. En este modo de realización, los lados de cada componente de preforma 92 pueden tener ángulos agudos y obtusos complementarios de modo que se pueda formar una junta en bisel, como la descrita anteriormente, entre los componentes de preforma 92 que se encuentran de lado a lado, así como de extremo a extremo.

[0075] En operación, se puede usar una herramienta de moldeo apropiada para fabricar los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72 a partir de múltiples componentes preformados 92. Debido a que los componentes de preforma 92 pueden ser planos cuando se reciben por primera vez del fabricante, la herramienta de moldeo se puede usar para formar los componentes de preforma 92 en una forma arqueada, en lugar de plana. La forma arqueada seguirá el arco de la pala de rotor desde el borde de ataque hasta el borde de salida como se muestra en la FIG. 2. La herramienta de moldeo incluye una forma convexa con una superficie que tiene una curva convexa que sigue la forma arqueada de la primera concha o de la segunda concha de la pala de rotor. Para formar los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72, se pueden poner múltiples componentes de preforma 92 sobre la forma convexa y alinearlos de extremo a extremo.

[0076] La forma convexa también puede incluir una o más vallas de alineación que se comunicarán con un lado de los componentes de preforma 92 al ponerse en la forma convexa, manteniendo además la alineación de los componentes de preforma 92 contiguos. En un modo de realización de ejemplo, una valla de alineación, o una serie de vallas de alineación, se colocan en cada lado de la forma convexa y opuestas entre sí para mantener los componentes de preforma 92 en su lugar. Finalmente, la valla de alineación puede incluir marcas de alineación a lo largo de la longitud de la valla para identificar dónde alinear cada uno de los componentes de preforma 92. En un modo de realización de la presente invención, se pueden emplear dos herramientas de moldeo diferentes, con lo que una primera herramienta de moldeo incluye la forma de molde convexa que tiene la forma de la primera concha que forma el forro superior de la pala de rotor y con lo que una segunda herramienta de moldeo incluye la forma de molde convexa que tiene la forma de la segunda concha que forma el forro inferior de la pala de rotor.

[0077] Después de la construcción final y la integración con la pala de rotor, los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72 pueden incluir múltiples componentes de preforma 92 puestos extremo con extremo y fijados por la junta en bisel. Se debe apreciar que el ancho de los múltiples componentes de preforma 92 puede no ser el mismo, lo que permite que los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72 se estrechen en uno o ambos extremos y permanezcan más anchos en las secciones intermedias. Además, el espesor de los múltiples componentes de preforma 92 puede no ser el mismo, lo que permite que los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72 se estrechen en espesor en uno o ambos extremos y permanezcan más espesos en las secciones intermedias. Se debe apreciar además que se puede usar cualquier número de componentes de preforma 92 para lograr la longitud necesaria y el contorno de forma abovedada deseada, considerando el tamaño y la disponibilidad de los componentes de preforma 92. Adicionalmente, mientras que las FIGS. 8-10 muestran los laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72 en forma abovedada, se debe apreciar que se pueden formar laminados de tapa de larguero 34, 35, el laminado de raíz 52 y el laminado de carenado aerodinámico 72 en forma, en general, recta a partir de múltiples componentes de preforma 92 que no tengan una forma curvada.

[0078] Debe ser evidente que lo anterior solo se refiere a modos de realización de ejemplo de la presente solicitud y que se pueden realizar numerosos cambios y modificaciones en la misma por un experto en la técnica sin apartarse del espíritu y alcance generales de la invención como se define por las siguientes reivindicaciones y equivalentes de las mismas.

[0079] La FIG. 11 ilustra un diagrama de flujo de un procedimiento 150 de fabricación de una pala de turbina eólica que incluye un modo de realización preferente de una pieza preformada de acuerdo con la invención. El procedimiento de fabricación 150 incluye las etapas: unir (152) al menos una concha a barlovento y al menos una concha a sotavento a lo largo de un primer borde longitudinal y un segundo borde longitudinal para formar una estructura de concha; fabricar un laminado de tapa de larguero (154) a partir de una pluralidad de piezas preformadas; fabricar un laminado de raíz (156) a partir de una pluralidad de piezas preformadas; fabricar un laminado de carenado aerodinámico (158) a partir de una pluralidad de piezas preformadas; ensamblar (162) el laminado de tapa de larguero, el laminado de raíz y el laminado de carenado aerodinámico en la estructura de concha y encerrar y acoplar internamente (164) la estructura de alma.

[0080] Una contribución técnica para el procedimiento y aparato divulgados es que proporciona una pala de turbina eólica fabricada a partir de una serie de piezas preformadas que se pueden fabricar en diferentes lugares en diferentes momentos y ensamblarse entre sí. La contribución técnica también incluye un procedimiento de fabricación de la pala de turbina eólica a partir de una serie de piezas preformadas que se pueden fabricar en diferentes lugares y en diferentes momentos.

[0081] De acuerdo con un aspecto de la presente invención, se proporciona una pala de turbina eólica que incluye una estructura de concha que define un borde de ataque y un borde de salida, y una concha a barlovento y una concha a sotavento unidas a lo largo de al menos uno del borde de ataque o del borde de salida. La estructura de concha incluye un conjunto de piezas preformadas procesadas en una colección de laminados prefabricados.

[0082] De acuerdo con un segundo aspecto de la presente invención, se proporciona un procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica. El procedimiento incluye procesar una serie de piezas preformadas en una colección de laminados prefabricados y ensamblar la colección de laminados prefabricados para construir una estructura de concha que define un borde de ataque y un borde de salida.

Lista

[0083]

1. Turbina eólica
2. Torre de turbina eólica
3. Góndola de turbina eólica
4. Buje de turbina eólica
5. Pala de turbina eólica
- 20 vista isométrica de pala de turbina eólica
- 11 estructura de concha
- 12 concha a sotavento
- 14 concha a barlovento
- 16 estructura de alma
- 24 alma
- 26 borde de ataque
- 28 borde de salida
- 30 vista en perspectiva de pala de turbina eólica
- 32 segmento de pala
- 34 primera tapa de larguero
- 35 segunda tapa de larguero
- 36 forro
- 38 tabique divisorio
- 39 alma
- 40 vista en sección transversal de la región de raíz
- 50 vista en sección transversal alternativa de la región de raíz
- 52 laminado de raíz
- 60 vista en sección transversal alternativa de la región de raíz
- 70 vista en sección transversal de un carenado aerodinámico
- 72 laminado de carenado aerodinámico

	74 carenado
	76 preforma
5	78 superficie exterior
	79 borde de ataque de laminado de carenado 72
10	80 vista lateral y en sección transversal del laminado principal
	90 vista en sección transversal del laminado de tapa de larguero, del laminado de raíz y del laminado de carenado aerodinámico
15	92 pieza o componente preformado
	100 vista en sección transversal del laminado de tapa de larguero, del laminado de raíz y del laminado de carenado aerodinámico
20	150 procedimiento de fabricación de una pala de turbina eólica
	152 ensamblar piezas preformadas para construir un laminado de tapa de larguero
	154 ensamblar piezas preformadas para construir una construcción de sándwich de raíz
25	156 ensamblar piezas preformadas para construir una construcción de sándwich de carenado aerodinámico
	158 ensamblar un laminado de tapa de larguero, laminado de raíz y laminado de carenado aerodinámico para construir una concha a barlovento y una concha a sotavento
30	162 unir las conchas a barlovento y a sotavento a lo largo de los bordes longitudinales para construir una estructura de concha
	164 encerrar y acoplar internamente una estructura de alma

REIVINDICACIONES

1. Una pala de turbina eólica (1) que comprende:

5 una estructura de concha (11) que define un borde de ataque (26) y un borde de salida (28); y

una concha a barlovento (14) y una concha a sotavento (12) unidas a lo largo de al menos uno de: dicho borde de ataque o dicho borde de salida, en la que dicha estructura de concha comprende un laminado de raíz (52) fabricado a partir de una segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala, **caracterizada por que** la estructura de concha comprende:

un laminado de tapa de larguero (34, 35) fabricado a partir de una primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, y

15 un laminado de carenado aerodinámico (72) fabricado a partir de una tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico.

2. La pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada una de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico tiene una masa de menos de 100 kg y en la que cada una de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico tiene una longitud de menos de 7,5 m.

3. La pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada una de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico se crea plana y está configurada para adoptar una forma de la pala al ensamblarse en pluralidad.

4. La pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que más de un 60 % de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, más de un 60 % de dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y más de un 60 % de dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico son idénticas.

5. La pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada una de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende una o más de: resina termoendurecible o termoplástica y, además, en la que cada una de dicha pluralidad de piezas preformadas comprende una o más de: ninguna fibra, fibra corta o fibra continua.

6. La pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada una de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de laminado de tapa de larguero comprende predominantemente más de un 70 % de fibra unidireccional (UD).

7. La pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada una de dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de laminado de raíz comprende una mezcla de fibra UD y fibra +/-45.

8. La pala de turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que cada una de dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende predominantemente fibra +/-45 y un núcleo.

9. Un procedimiento (150) de fabricación de una pala de turbina eólica, comprendiendo dicho procedimiento:

procesar una serie de piezas preformadas en una colección de laminados prefabricados;

ensamblar dicha colección de laminados prefabricados para construir una estructura de concha que define un borde de ataque y un borde de salida, en el que dicha estructura de concha comprende una concha a barlovento y una concha a sotavento unidas a lo largo de al menos uno de: dicho borde de ataque o dicho borde de salida, en el que dicho ensamblaje de dicha colección de laminado prefabricado comprende:

ensamblar (152) una primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero para construir una primera pluralidad de laminados de tapa de larguero;

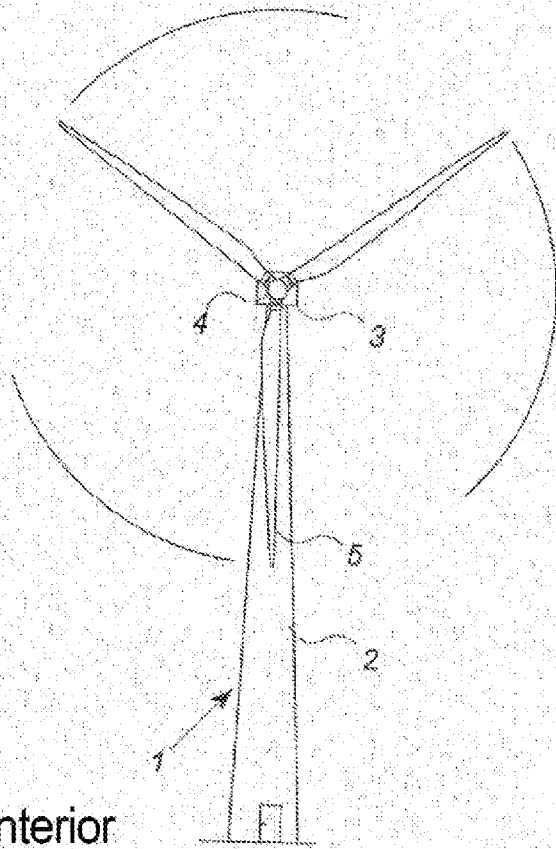
ensamblar (154) una segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala para construir una segunda pluralidad de laminados de raíz de pala;

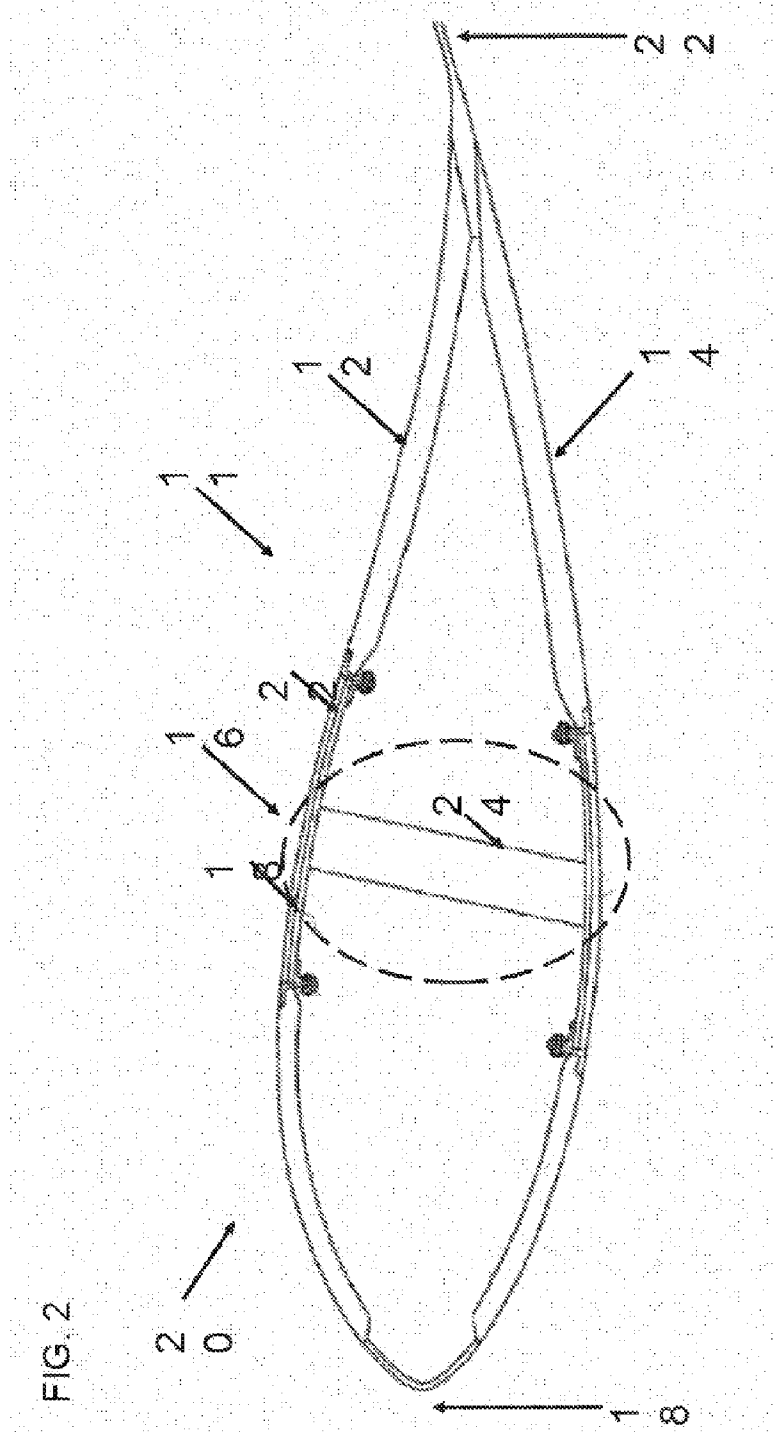
ensamblar (156) una tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico para construir una tercera pluralidad de laminados de carenado aerodinámico;

- 5 ensamblar (158) dicha primera pluralidad de laminados de tapa de larguero, dicha segunda pluralidad de laminados de raíz de pala y dicha tercera pluralidad de laminados de carenado aerodinámico para construir dicha concha a barlovento y dicha concha a sotavento.
- 10 10. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que cada una de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico tiene una masa de menos de 100 kg y en el que cada una de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico tiene una longitud de menos de 7,5 m.
- 15 11. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que cada una de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico se crea plana y está configurada para adoptar una forma de la pala al ensamblarse en pluralidad.
- 20 12. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que más de un 60 % de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, más de un 60 % de dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y más de un 60 % de dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico son idénticas.
- 25 13. El procedimiento de la reivindicación 9, en la que cada una de dicha primera pluralidad de piezas preformadas de tapa de larguero, de dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de raíz de pala y de dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende una o más de: resina termoendurecible o termoplástica y, además, en la que cada una de dicha pluralidad de piezas preformadas comprende una o más de: ninguna fibra, fibra corta o fibra continua.
- 30 14. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que cada una de dicha pluralidad de piezas preformadas de laminado de tapa de larguero comprende predominantemente más de un 70 % de fibra unidireccional (UD).
- 35 15. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que cada una de dicha segunda pluralidad de piezas preformadas de laminado de raíz comprende una mezcla de fibra UD y fibra +/-45.
16. El procedimiento de la reivindicación 9, en el que cada una de dicha tercera pluralidad de piezas preformadas de carenado aerodinámico comprende predominantemente fibra +/-45 y un núcleo.

FIG. 1

Técnica anterior





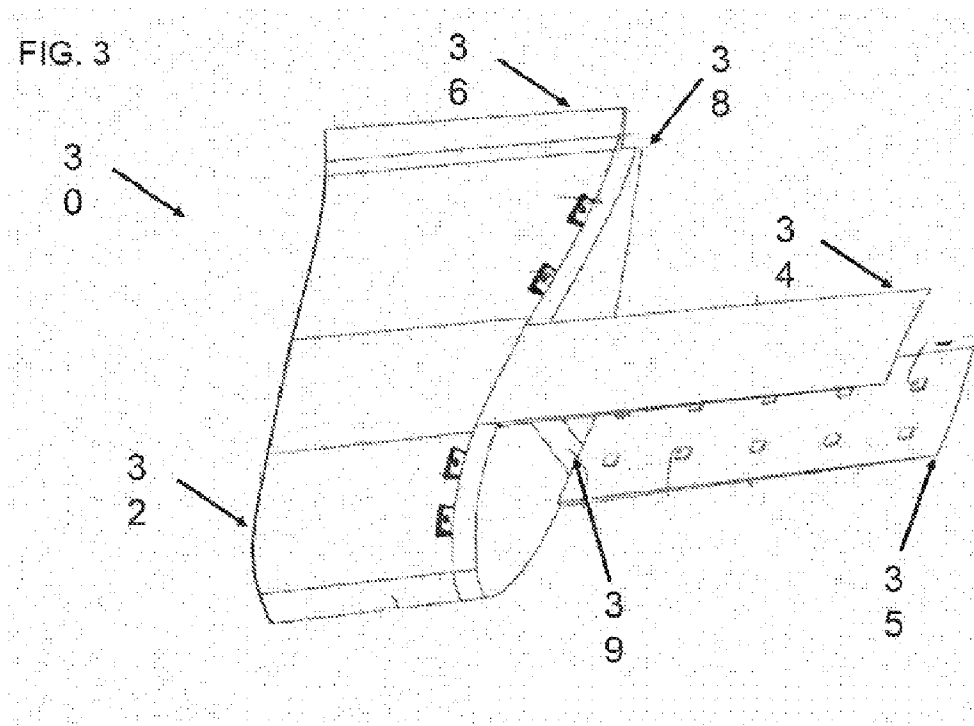


FIG. 4

4
0

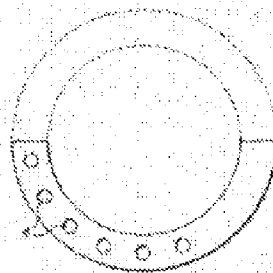
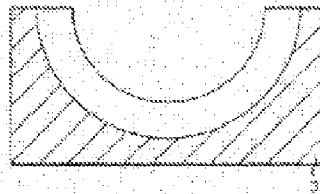
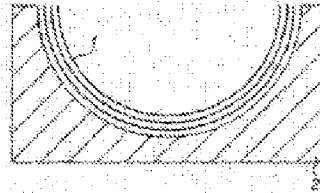


FIG. 5

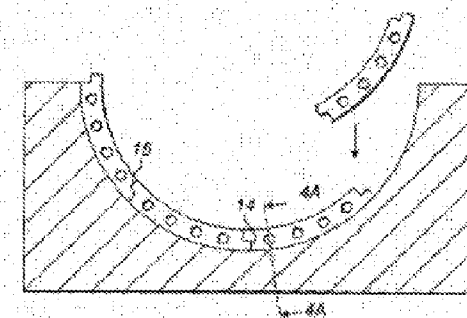
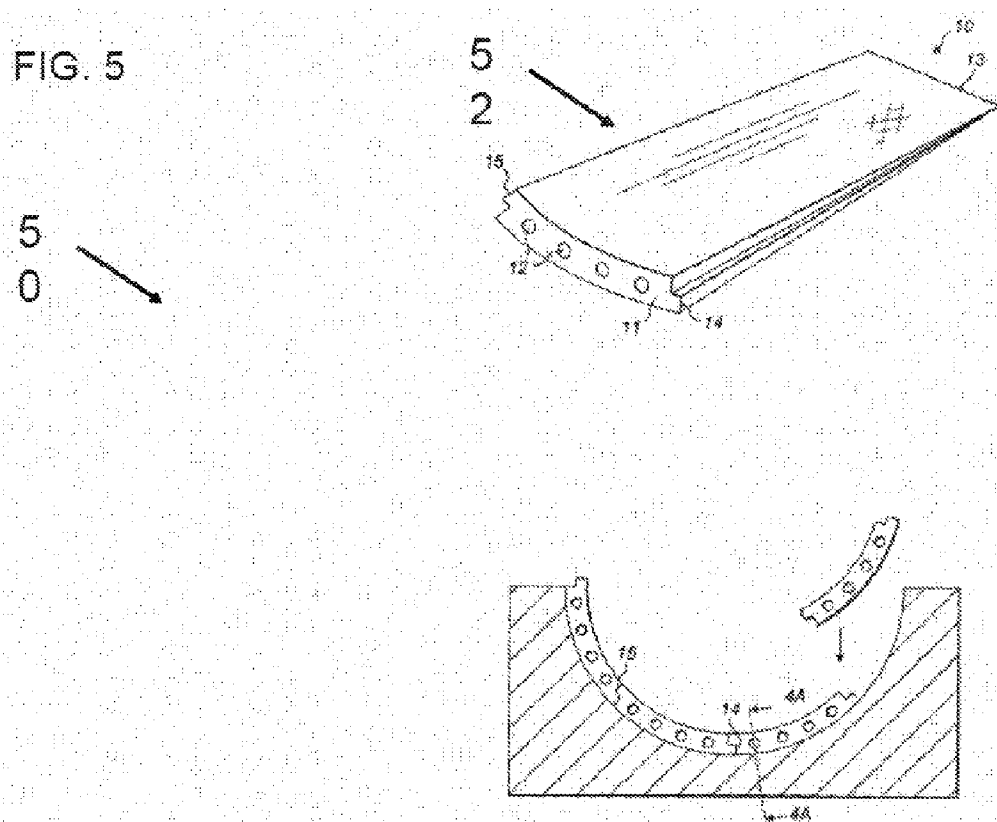
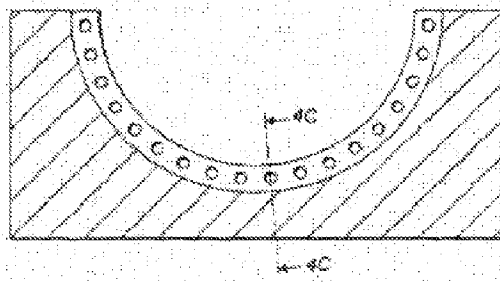
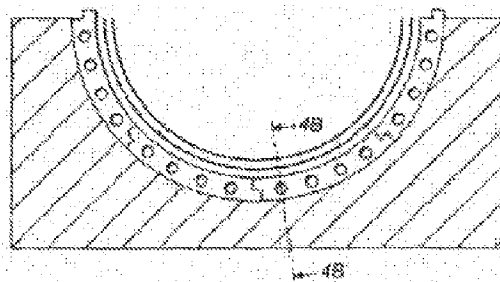
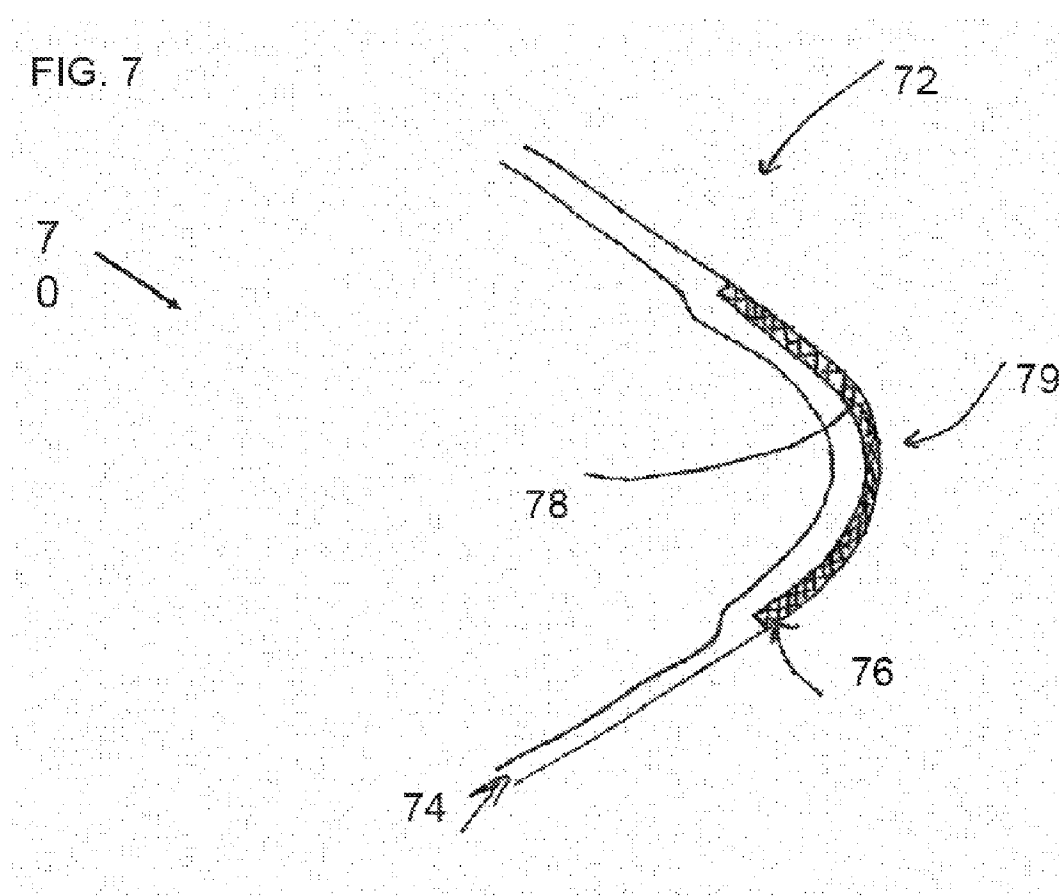
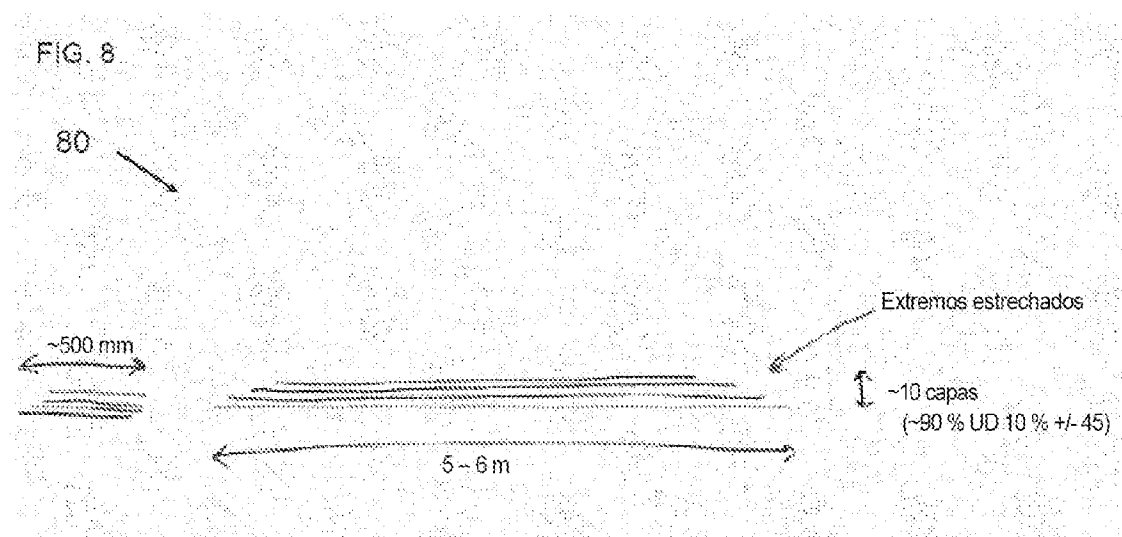


FIG. 6

6
0







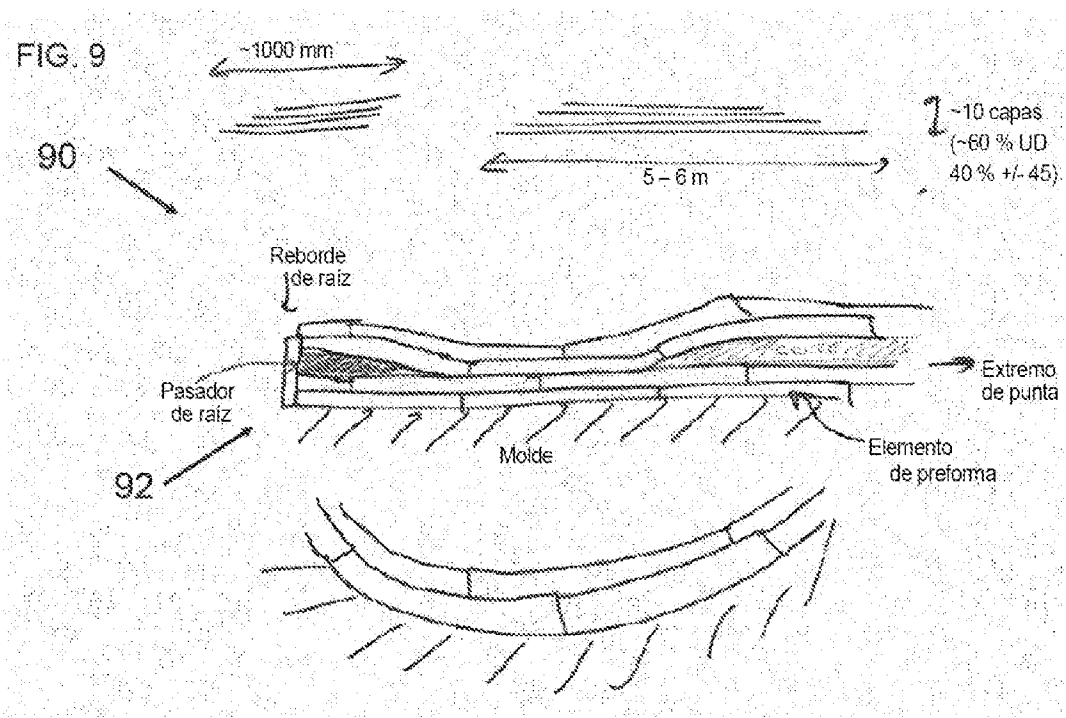


FIG. 10

100

